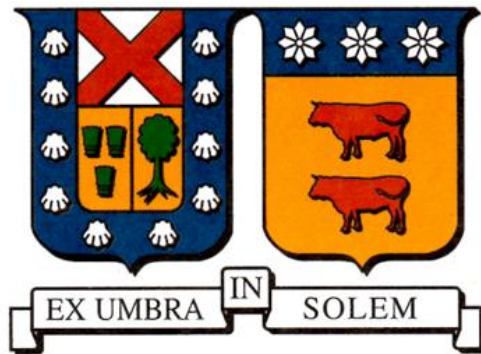




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

**CONTAMINACION INTRADOMICILIARIA POR CALEFACCION A
PELLET EN VIVIENDA DE CHILOE**

MARCELA MIRANDA SALDIVIA

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN

“REY BALDUINO DE BÉLGICA”

**CONTAMINACION INTRADOMICILIARIA POR CALEFACCION A
PELLET EN VIVIENDA DE CHILOÉ**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CONSTRUCTOR**

Alumno: Marcela Alejandra Miranda Saldivia

Profesor Guía: Cristopher Pérez Marín

2022

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Marcela Alejandra Miranda Saldivia

Agradecer a mis padres, familia y amigos que han estado durante mi proceso de formación apoyándome en todo sentido, al igual que mi profesor guía, que siempre estuvo dispuesto para lograr todos los objetivos propuestos. Y dar gracias a mis profesores por ser quienes nos orientaron en todo este proceso, para poder lograr un trabajo de título digno de la Universidad Técnica Federico Santa María.

RESUMEN DEL PROYECTO

El archipiélago de Chiloé está conformado por más de treinta islas, de las cuales sobresale por su tamaño la Isla Grande de Chiloé, siendo la segunda en tamaño a nivel sudamericano, después de Tierra del Fuego. Esta isla tiene una forma rectangular y 180 Kms. de extensión de norte a sur. Su riqueza en recursos naturales es alta, sobre todo si hablamos de la leña, según la CONAF más del 68 % de la superficie corresponde a los bosques, principal recurso natural que contiene el material para poder calefaccionar los hogares de Chiloé (CONAF, 2014).

La alta demanda de una de las principales fuentes de calefacción en la isla (la leña), ha puesto sobre la mesa reevaluar el tipo de calefacción utilizado desde épocas prehistóricas, debido a la contaminación que esta provoca.

La situación anterior es lo que causa el estudio de este trabajo de título, el cual se sustenta en evaluar la contaminación intradomiciliaria que el pellet provoca en un hogar al ser elegido como alternativa sustentable frente a la leña, principal fuente de calefacción en la Provincia de Chiloé.

Dicha evaluación contemplará un estudio; ambiental, aquí a través de instrumentos de medición conoceremos el nivel de CO₂, temperatura, humedad relativa y material particulado MP 2,5 y MP 10 emitido dentro del hogar, social, se realizará una pequeña encuesta, para conocer la situación de salud de los propietarios y obtener información sobre horarios de uso, precios, duración y accesibilidad de la calefacción, y constructiva, para así conocer las especificaciones técnicas de la vivienda, evaluando que tanta eficiencia energética ésta tiene.

INDICE

INTRODUCCION	11
FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.	12
EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	17
PRINCIPALES INTERROGANTES DEL PROYECTO.	17
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	18
METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO.	19
OBJETIVOS DEL PROYECTO.	23
General:	23
Específicos:	23
MARCO TEORICO	24
MARCO NORMATIVO	28
CAPITULO I.....	29
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO, SOCIAL Y ENERGÉTICO DE CADA UNA DE LAS VIVIENDAS..	29
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO, SOCIAL Y AMBIENTAL VIVIENDA CON	
ESTUFA A PELLET	30
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO.....	31
ANÁLISIS TÉRMICO DE LA VIVIENDA.....	34
DIAGNOSTICO SOCIAL.....	43
DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....	45
MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR	51
MATERIAL PARTICULADO EMITIDIO INTERIOR Y EXTERIORMENTE ...	53
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO, SOCIAL Y AMBIENTAL VIVIENDA CON	
ESTUFA A LEÑA.....	55
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO.....	56
ANÁLISIS TÉRMICO DE LA VIVIENDA.....	58
DIAGNOSTICO SOCIAL.....	61
DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....	63
MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR	69
MATERIAL PARTICULADO EMITIDIO INTERIOR Y EXTERIORMENTE ...	71
CAPITULO II	73
RELACIONAR LAS VARIABLES DEL DIAGNÓSTICO ENTRE EL PELLET Y LA LEÑA.....	73

RELACION DE FACTORES AMBIENTALES Y CONTAMINANTES ENTRE LA VIVIENDA A PELLET Y LA VIVIENDA A LEÑA	75
TEMPERATURA	76
HUMEDAD RELATIVA.....	78
CO2	80
MATERIAL PARTICULADO 2,5.....	82
MATERIAL PARTICULADO 10	84
COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON	86
RELACION DE VARIABLES SEGÚN COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON DE LAS VIVIENDAS	87
CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A PELLET	87
CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A PELLET CON EL EXTERIOR.....	92
CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A LEÑA...	97
CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A LEÑA CON EL EXTERIOR.....	102
CAPITULO III.....	105
DEFINIR SI EL PELLET ES UNA VERDADERA SOLUCIÓN DE CALEFACCIÓN EN UNA VIVIENDA DE LA ISLA DE CHILOE EN ÁMBITOS SOCIALES, CONSTRUCTIVOS Y AMBIENTALES	105
ENTORNO SOCIAL	107
ENTORNO AMBIENTAL	109
ENTORNO CONSTRUCTIVO	111
PROPUESTA DE SOLUCION CONSTRUCTIVA A VIVIENDA PRINCIPAL DE EVALUACION (PELLET)	112
CONCLUSION	116
BIBLIOGRAFIA	118

INDICE DE IMÁGENES, TABLAS, GRAFICOS Y PLANOS

IMÁGEN 1: DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DE EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN CHILE PARA EL AÑO 2016 Y EMISIONES DE MP 2,5 POR QUEMA DE LEÑA RESIDENCIAL EN CHILE PARA EL AÑO 2017, INFORME A LA NACIONES: "EL AIRE QUE RESPIRAMOS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO", CR(2)	12
IMÁGEN 2: CONSUMO TOTAL DE LEÑA POR REGIÓN POLÍTICA EN METRO CÚBICO ESTÉRIL (M ³ /ST), INFORME A LA NACIONES: "EL AIRE QUE RESPIRAMOS: PASADO, PRESENTE Y FUTURO", CR(2)	13
IMAGEN 3: REGISTRO DE LAS EMISIONES DE MP 2,5 Y MP 10 DE LA COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL URBANA, RETC 2020.....	14
IMAGEN 4: REGISTRO DE LAS EMISIONES DE MP 2,5 Y MP 10 DE LA COMBUSTIÓN DE LEÑA RESIDENCIAL RURAL, RETC 2020	14
IMAGEN 5: REGISTRO DE EMISIONES DE OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS DE LA CALEFACCIÓN A LEÑA RESIDENCIAL URBANA, RETC 2020.....	15
IMAGEN 6: REGISTRO DE LAS EMISIONES DE OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS DE LA CALEFACCIÓN A LEÑA RESIDENCIAL RURAL, RETC 2020	15
IMÁGEN 7: TERMOHIGRÓMETRO.....	20
IMÁGEN 8: MEDIDOR DE MATERIAL PARTICULADO.....	22
IMÁGEN 9: VIVIENDA CON ESTUFA A PELLET, SECTOR VILUPULLI.....	30
IMÁGEN 10: FÓRMULA DE TRANSMITANCIA TÉRMICA, NCH 853	35
IMÁGEN 11: RESISTENCIAS TÉRMICAS DE SUPERFICIE EN M ² X K/W, NCH 853:	35
IMÁGEN 12: FÓRMULA DE TRANSMITANCIA TÉRMICA PONDERADA, NCH 853.....	40
IMÁGEN 13: VIVIENDA CON ESTUFA A LEÑA, SECTOR DE DICHAM.....	55
IMÁGEN 14: ESTUFA A LEÑA.....	75
IMÁGEN 15: ESTUFA A PELLET.....	75
TABLA 1: MATERIALIDAD EN MURO EXTERIOR E INTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	31
TABLA 2: MATERIALIDAD EN PISO Y CIELO, VIVIENDA A PELLET	33
TABLA 3: RESULTADOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA EN MUROS EXTERIORES, VIVIENDA A PELLET	40
TABLA 4: RESULTADOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA EN MUROS INTERIORES, VIVIENDA A PELLET	41
TABLA 5: RESULTADOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA EN PISO, VIVIENDA A PELLET	42
TABLA 6: RESULTADOS DE TRANSMITANCIA TÉRMICA EN CIELO, VIVIENDA A PELLET.....	42
TABLA 7: PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES 1, ESTUFA A PELLET... 45	
TABLA 8: PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES 2, ESTUFA A PELLET... 46	
TABLA 9: MÁXIMOS Y MÍNIMO DE °T INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	51

TABLA 10: MATERIAL PARTICULADO PONDERADO EN UN RANGO DE 24 HRS DE LA VIVIENDA A PELLET Y EL EXTERIOR (SINCA).....	53
TABLA 11: MATERIALIDAD EN MUROS EXTERIORES E INTERIORES, VIVIENDA A LEÑA.....	56
TABLA 12: MATERIALIDAD EN PISO Y CIELO, VIVIENDA A LEÑA.....	57
TABLA 13: RESULTADOS TRAMITANCIA TÉRMICA EN MUROS EXTERIORES, VIVIENDA A LEÑA	59
TABLA 14: RESULTADOS DE TRAMITANCIA TÉRMICA EN MUROS INTERIORES, VIVIENDA A LEÑA	59
TABLA 15: RESULTADOS DE TRAMITANCIA TÉRMICA EN PISO, VIVIENDA A LEÑA.....	60
TABLA 16: RESULTADOS DE TRAMITANCIA TÉRMICA EN CIELO, VIVIENDA A LEÑA.....	60
TABLA 17: PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES 1, ESTUFA A LEÑA....	63
TABLA 18: PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES 2, ESTUFA A LEÑA....	64
TABLA 19: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE °T INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A LEÑA.....	69
TABLA 20: TABLA 20: MATERIAL PARTICULADO PONDERADO EN UN RANGO DE.....	71
TABLA 21: TABLA DE RESULTADOS DE °T ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	76
TABLA 22: TABLA DE RESULTADOS DE HR ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	78
TABLA 23: TABLA DE RESULTADOS DE CO2 ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	80
TABLA 24: TABLA DE RESULTADOS DE MP 2,5 ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	82
TABLA 25: TABLA DE RESULTADOS DE MP10 ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	84
TABLA 26: TABLA DE DATOS PARA CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON, VIVIENDA A PELLET.....	87
TABLA 27: TABLA DE DATOS PARA CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLES INTERNAS Y EXTERNAS, VIVIENDA A PELLET.....	92
TABLA 28: TABLA DE DATOS PARA CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON, VIVIENDA A LEÑA.....	97
TABLA 29: TABLA DE DATOS PARA CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE VARIABLES INTERNAS Y EXTERNAS, VIVIENDA A LEÑA.....	102
TABLA 30: RESUMEN GASTO MENSUAL DE TIPO DE CALEFACCIÓN.....	108
TABLA 31: RESUMEN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN PELLET Y LEÑA.....	109
TABLA 32: RESULTADOS TRAMITANCIA TÉRMICA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN MURO EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	113
TABLA 33: RESULTADOS TRAMITANCIA TÉRMICA DE SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN PISO, VIVIENDA A PELLET.....	114
GRÁFICO 1: RESULTADOS ENCUESTA PREGUNTA 5, VIVIENDA A PELLET.....	44
GRÁFICO 2: RANGOS DE TEMPERATURA INTERIOR, VIVIENDA A PELLET	47
GRÁFICO 3: RANGO DE HUMEDAD RELATIVA, VIVIENDA A PELLET	48
GRÁFICO 4: RANGO DE C02, VIVIENDA A PELLET	49
GRÁFICO 5: RANGOS DE MP 2,5, VIVIENDA A PELLET.....	50
GRÁFICO 6: RANGOS DE MP 10, VIVIENDA A PELLET.....	50

GRÁFICO 7: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA EXTERIOR E INTERIOR, VIVIENDA A PELLET	52
GRÁFICO 8: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE MP 2,5 Y MP 10 ENTRE LA VIVIENDA A PELLET Y EL EXTERIOR	54
GRÁFICO 9: RESULTADOS ENCUESTA PREGUNTA 5, VIVIENDA A LEÑA.....	62
GRÁFICO 10: RANGOS DE TEMPERATURA INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	65
GRÁFICO 11: RANGOS DE HUMEDAD RELATIVA, VIVIENDA A LEÑA	66
GRÁFICO 12: RANGOS DE CO ₂ , VIVIENDA A LEÑA.....	67
GRÁFICO 13: RANGOS DE MP 2,5, VIVIENDA A LEÑA.....	68
GRÁFICO 14: RANGOS DE MP10, VIVIENDA A LEÑA	68
GRÁFICO 15: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA EXTERIOR E INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	70
GRÁFICO 16: MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE MP 2,5 Y MP 10 ENTRE LA VIVIENDA A LEÑA Y EL EXTERIOR	72
GRÁFICO 17: GRÁFICO COMPARATIVO DE °T ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA.....	77
GRÁFICO 18: GRÁFICO COMPARATIVO DE HR ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA	79
GRÁFICO 19: GRÁFICO COMPARATIVO DE CO ₂ ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA	81
GRÁFICO 20: GRÁFICO COMPARATIVO DE MP 2,5 ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA	83
GRÁFICO 21: GRÁFICO COMPARATIVO DE MP10 ENTRE VIVIENDA A PELLET Y LEÑA	85
GRÁFICO 22: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, VIVIENDA A PELLET	88
GRÁFICO 23: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y CO ₂ INTERIOR, VIVIENDA A PELLET	89
GRÁFICO 24: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y MP 2,5 INTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	90
GRÁFICO 25: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y MP 10 INTERIOR, VIVIENDA A PELLET	91
GRÁFICO 26: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	93
GRÁFICO 27: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET	94
GRÁFICO 28: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE MATERIAL PARTICULADO 2,5 INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET	95
GRÁFICO 29: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE MATERIAL PARTICULADO 10 INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET.....	96
GRÁFICO 30: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	98
GRÁFICO 31: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y CO ₂ INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	99
GRÁFICO 32: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y MP 2,5 INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	100

GRÁFICO 33: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA Y MP 10 INTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	101
GRÁFICO 34: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	103
GRÁFICO 35: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	103
GRÁFICO 36: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE MP 2,5 INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	104
GRÁFICO 37: GRÁFICO DE RESULTADOS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE MP 10 INTERIOR Y EXTERIOR, VIVIENDA A LEÑA	104
GRÁFICO 38: RESULTADOS DE RESUMEN DE GASTO MENSUAL DE TIPO DE CALEFACCIÓN ...	108
PLANO 1: DETALLE CONSTRUCTIVO MUROS DE VIVIENDA A PELLET	32
PLANO 2: DETALLE CONSTRUCTIVO PISO Y CIELO DE VIVIENDA A PELLET	33
PLANO 3: DETALLE CONSTRUCTIVO MUROS DE LA VIVIENDA A LEÑA	56
PLANO 4: DETALLE CONSTRUCTIVO PISO Y CIELO DE LA VIVIENDA A LEÑA	57
PLANO 5: SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN MURO EXTERIOR, VIVIENDA A PELLET	112
PLANO 6: SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN PISO, VIVIENDA A PELLET	114

INTRODUCCION

En estos tiempos la mayoría de las personas conoce lo que es el pellet como un tipo de energía renovable, pero este tipo de biomasa ha estado presente a lo largo de toda la vida humana y es correcto afirmar que desde hace más o menos 12 años que el pellet se está consolidando como combustible para calentar el hogar frente a los combustibles fósiles.

La Biomasa ha existido siempre, es natural, por lo tanto, es lo que la naturaleza nos da en estado puro. Primero fue el hombre, cuando se descubrió el fuego. Éste alimentado de ramas, hojas secas y troncos de madera, protegía a los seres humanos de animales y del frío, además de permitir cocinar y poco después fundir materiales para fabricar armas y utensilios.

Con los primeros asentamientos, llegaron los primeros esbozos de calderas de calefacción para calentar los hogares, las cuales también eran calentadas con biomasa. Primero fue el imperio romano, en donde, para sus termas, transportaban el aire caliente por unas tuberías. Mas tarde, en la edad media, surgió en Castilla, la Gloria (combustible de paja) la cual se mantuvo hasta el siglo XX. Sin embargo, a pesar de todas estas ocupaciones de la biomasa, cuando llegó la revolución industrial, no solo cambio la forma de producir, sino también la forma de vivir. Ya que entre los muchos inventos que surgieron durante esta etapa, crearon las calderas que se abastecían de fueloil, gasóleo o gas natural. Logrando así, que los combustibles fósiles desplacen la biomasa a un segundo plano.

Pero fue en los Estados Unidos, tras el crack del 29 (caída del mercado de valores en la historia de la bolsa), donde la población se sumió en una profunda depresión económica. Y es aquí en donde barriles metálicos eran usados como estufas para cocinar y calentarse. Paralelamente, en la línea de aprovechamiento, en una serrería de pino de Idaho, se inventó esta forma de reciclaje de serrín y restos de poda. En principio se trataba de piezas grandes de serrín prensado comprimidos a alta presión sin la presencia de aditivos, pero con el tiempo este formato fue evolucionando en formas más manejable. Con la recuperación de la bolsa, una vez más la biomasa fue desplazada, hasta que hace mas o menos 12 años, la preocupación por el medio ambiente comenzó a tener peso en el consumo doméstico. (Leña, Pellets y Leña, s.f.)

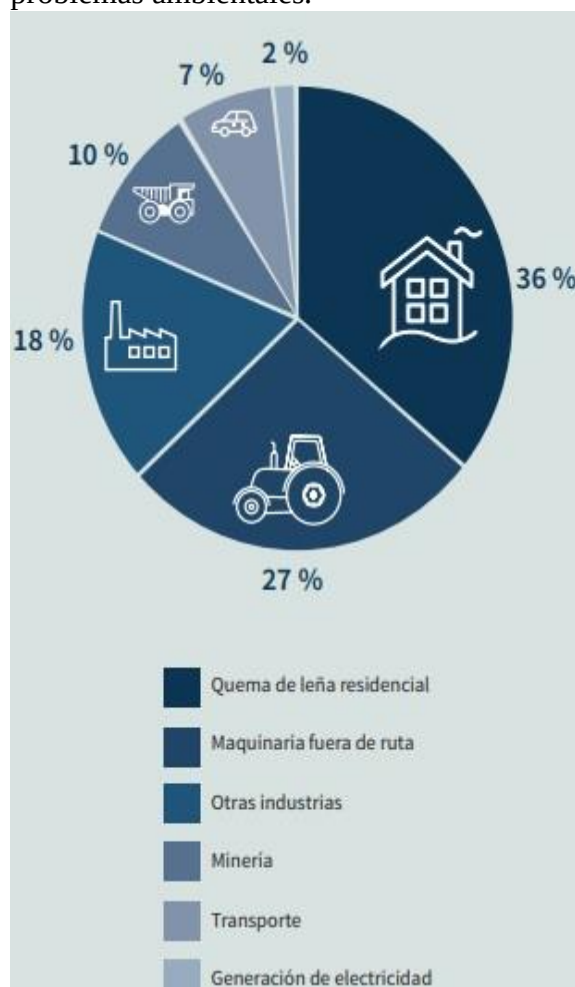
Esta conciencia unida al imparable ascenso de los precios de la leña, el gas y el gasoil, exigen investigar nuevas formas de calefacción más baratas y sostenibles. Y es aquí en donde el pellet comienza a consolidarse como energía renovable, por su precio y por su baja emisión de CO₂.

El presente trabajo de título evalúa la contaminación intradomiciliaria del pellet frente a la leña. Se evaluará la contaminación dentro de un hogar en la Isla de Chiloé (Provincia abastecida en su mayoría por leña). Por lo tanto, a través de indicadores sociales, constructivos y ambientales podremos definir qué tanta solución es el Pellet dentro del hogar.

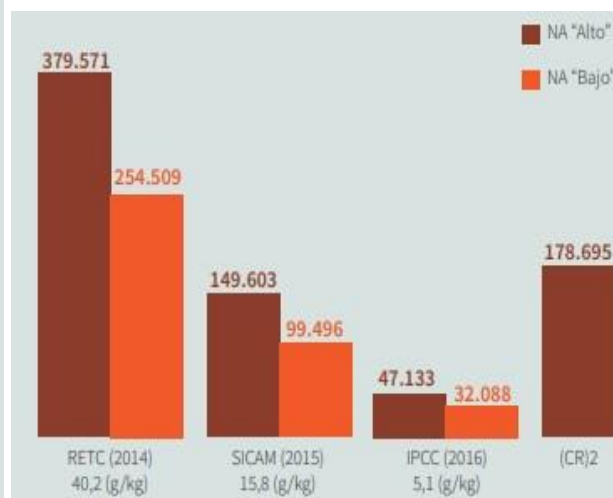
Formulación general del problema.

A lo largo de los años la conciencia ambiental ha ido aumentando por la contaminación que presenta nuestro planeta.

Los problemas medioambientales producidos principalmente por el uso de la leña para calefacción han impulsado al gobierno a crear planes de descontaminación enfocados en la prohibición de artefactos presentes en la mayoría de los hogares chilenos en donde existe problemas ambientales.



Actualmente, diez millones de personas están expuestas a una concentración promedio anual de $MP_{2,5}$ (material particulado 2,5) superior a la norma. Incluso en el primer reporte del medio ambiente, publicado en el año 2013, se informa que, según la Organización Mundial de la Salud, (OMS 2004), la contaminación atmosférica es responsable de al menos cuatro mil muertes prematuras a nivel nacional. Abordar esta contaminación traería beneficios en la vida diaria de un ser humano. (Informe a las naciones, 2020)



Imágen 1: distribución sectorial de emisiones de carbono negro en Chile para el año 2016 y emisiones de $MP_{2,5}$ por quema de leña residencial en Chile para el año 2017, Informe a la Naciones: "El aire que respiramos: pasado, presente y futuro", CR(2)

La siguiente tabla publicada por el centro de ciencia del clima y resiliencia, nos muestra las principales regiones que utilizan la leña como calefacción, indicando que la región de los Lagos tiene un 92% de ocupación en la combustión a leña.

Región	Porcentaje de hogares que usan leña	Número de viviendas	Consumo Inferior (m3 st)	Consumo Superior (m3 st)	Fuente
RM	5 %	2.378.490	281.940	326.446	UACH(2013)
O'Higgins	48 %	354.324	591.112	1.048.724	Reyes et al. (2020)
Maule	61 %	411.211	879.875	1.806.887	Reyes et al. (2018)
Biobío	67 %	768.162	2.813.436	4.495.239	INFOR (2019)
Araucanía	86 %	381.170	2.517.281	4.714.219	INFOR (2019)
Los Ríos	90 %	153.990	1.945.422	1.961.807	Reyes (2017)
Los Lagos	92 %	332.935	4.235.207	5.647.570	UACH (2013)
Aysén	95 %	44.726	741.196	1.364.923	UACH(2013)
Magallanes	2 %	65.641	19.071	29.964	UACH(2013)
Total	70 %	4.890.649	14.024.541	21.030.204	

Imagen 2: consumo total de leña por región política en metro cúbico estéreo (m3/st), Informe a la Naciones: "El aire que respiramos: pasado, presente y futuro", CR(2)

Es por esta razón que las personas a lo largo de los años han buscado nuevos métodos de calefacción que logren ser amigables con el medio ambiente y la propia salud. La Isla de Chiloe es una provincia ubicada en la región de Los Lagos y es una de las que más consume calefacción a leña. Según estudios realizados a través de encuestas se determinó que el 94% de los hogares de Castro, capital provincial de La Isla Grande de Chiloe (7.020) utiliza leña (nativo, s.f.), principalmente para calefacción, indicando que es un buen combustible debido a su alto poder calorífico.

Sin embargo, a pesar de ser un recurso natural que se ha utilizado a lo largo del tiempo en los hogares chilotes, en los últimos años estudios sobre la calidad del aire han puesto sobre la mesa un llamado de alerta debido a la gran contaminación que este tipo de calefacción provoca, pues la emisión de material particulado y otros compuestos químicos es muy elevada.

A continuación, se muestra la concentración y emisión de material particulado MP2,5, MP 10 y otros compuestos químicos, en las principales comunas de la Isla Grande de Chiloé, datos registrados en el Registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

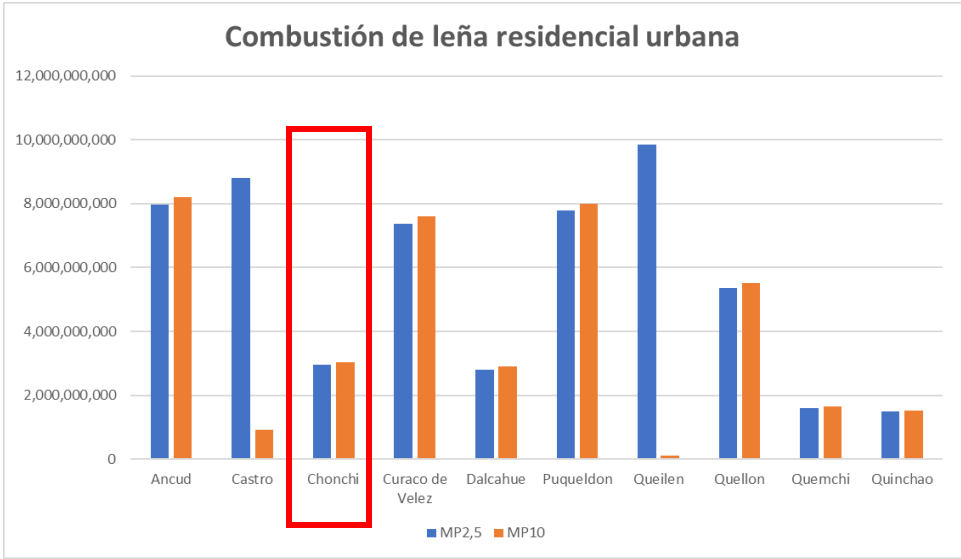


Imagen 3: registro de las emisiones de MP 2,5 y MP 10 de la combustión de leña residencial urbana, RETC 2020

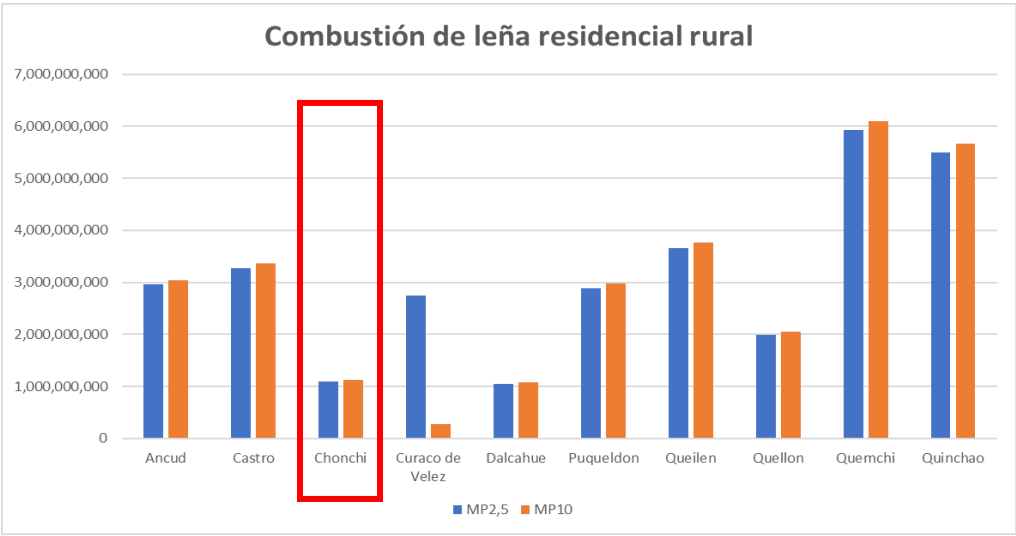


Imagen 4: registro de las emisiones de MP 2,5 y MP 10 de la combustión de leña residencial rural, RETC 2020

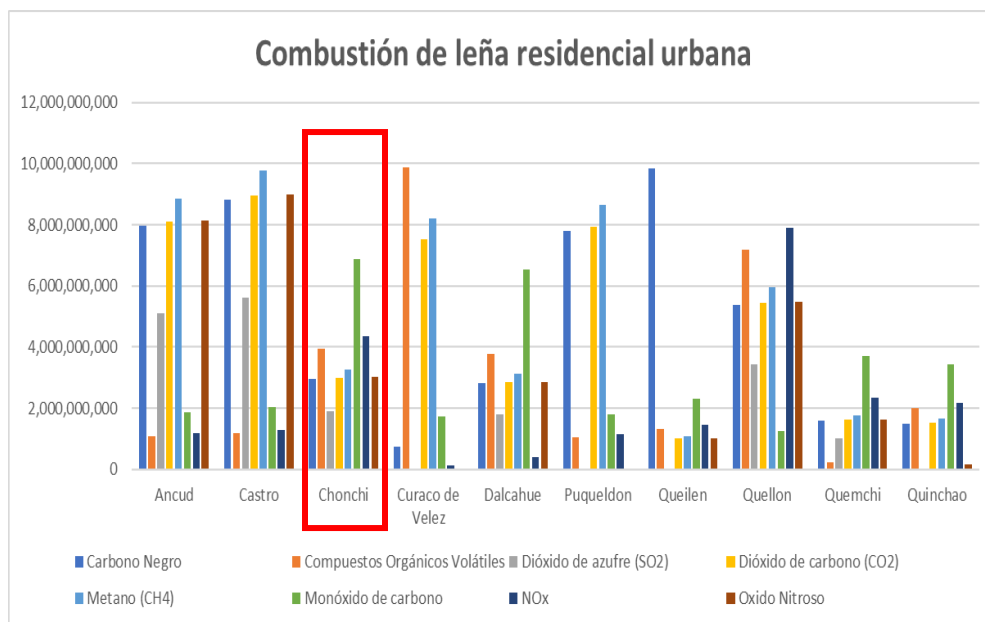


Imagen 5: registro de emisiones de otros compuestos químicos de la calefacción a leña residencial urbana, RETC 2020

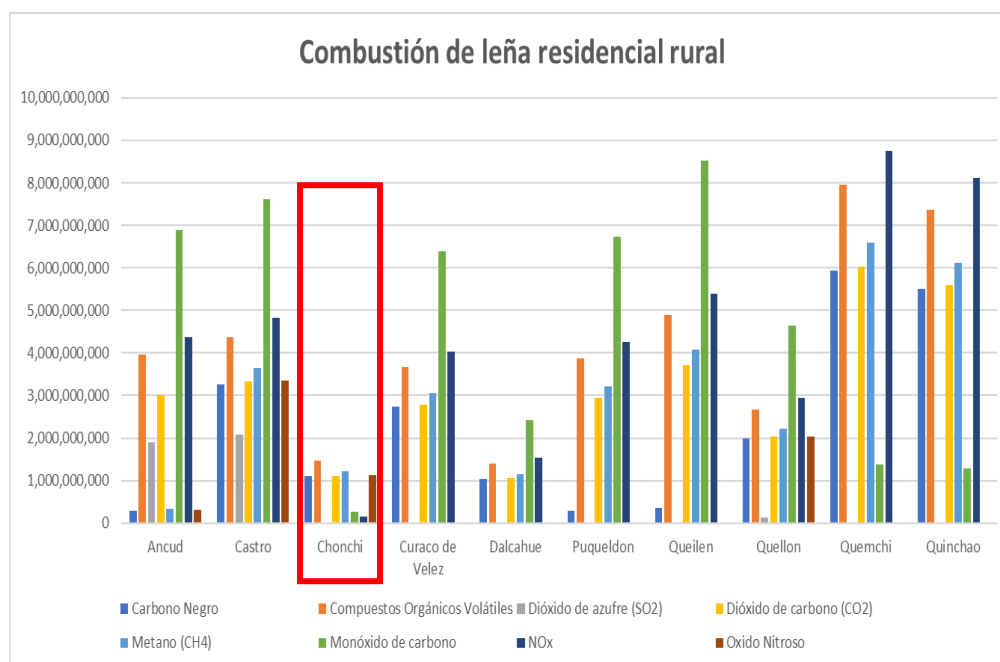


Imagen 6: registro de las emisiones de otros compuestos químicos de la calefacción a leña residencial rural, RETC 2020

Por lo tanto, todos estos datos nos revelan que la leña es la principal fuente de calefacción, provocando además un índice de deforestación elevado tras su consumo. Pero en estos últimos años esta tendencia se ha ido modificando impulsada por las políticas públicas que buscan disminuir los índices de contaminación atmosférica de la ciudad producto del uso de leña húmeda, así como también, por interés de los propios consumidores que buscan reducir los índices de deforestación que el consumo de leña puede provocar, cabe mencionar que según el informe actualizado de catastros región de Los Lagos, los bosques han disminuido su superficie en -16385, 71 hectáreas en el periodo 1998-2013 (CONAF, 2014), por lo tanto, todas estas demandas conllevan a buscar una alternativa de calefacción que aporte a la descontaminación de la ciudad.

Y es aquí en donde unos de los sistemas de calefacción que adquieren protagonismo como alternativa de reemplazo respecto a los que usan leña, está el que utiliza pellet de madera, opción que se considera más cómoda en su almacenaje y, a su vez, permite abordar los problemas de contaminación y restricciones antes mencionadas.

En cuanto a lo anterior, se define el problema general de este trabajo de título, que es evaluar que tanta solución sustentable es utilizar el pellet como un tipo de combustión frente a la leña, en donde ésta última es la calefacción principal de la provincia de Chiloé.

Para ello se definen dos tipos de viviendas a evaluar, una contemplará la calefacción a Pellet, la cual se encuentra ubicada en la localidad de Vilupulli, comuna de Chonchi, Isla Grande Chiloé, en ella vive una familia compuesta por 4 personas (un matrimonio con dos hijos) y lleva en esa localidad más de 28 años. Y, por otra parte, tenemos la vivienda con calefacción a leña, ésta está ubicada en la localidad de Dicham, Comuna de Chonchi, Isla Grande Chiloé, en ella viven dos personas (un matrimonio) y su construcción se encuentra allí por más de 16 años.

La evaluación contemplará un diagnóstico social, constructivo y ambiental para definir ciertas características del entorno y la vivienda, éstas finalmente nos permitirán relacionar las variables encontradas y definir si el Pellet es una solución de calefacción en las viviendas de la Provincia de Chiloé.

Exposición general del proyecto.

Teniendo en cuenta la problemática expuesta anteriormente, se iniciará con una evaluación de contaminación intradomiciliaria que contemplará varias áreas con respecto a una de las biomasas más escuchadas en los últimos años, El Pellet de madera, considerado como un biocombustible que puede combatir el impacto ambiental frente a La Leña, principal recurso de los hogares chilotes usado como calefacción.



Todo lo anterior será evaluado a través de ciertos criterios ambientales, constructivos y sociales. De ellos definiremos: CO₂, temperatura, humedad relativa y material particulado emitido por el hogar además de conocer, materialidad del hogar, horarios de uso, precios, accesibilidad de los materiales de combustión, duración y si existe algún efecto adverso que afecte a la salud de las personas. Estos datos serán relacionados y estudiados bajo la normativa chilena para luego concluir que tanta solución es el Pellet frente a la leña en la Provincia de Chiloé.

Principales interrogantes del proyecto.

- ¿Qué es el Pellet?
- ¿Es el pellet un tipo de energía renovable?
- ¿Qué tipo de combustión es el más ocupado en la Isla de Chiloé? ¿Afecta al medio ambiente en comparación con el pellet?
- ¿Cómo podemos evaluar el impacto ambiental del pellet y a leña?
- A parte de realizar una evaluación ambiental, ¿deberíamos analizar además constructivamente el hogar con respecto al tipo de combustión?
- ¿Influye en la salud de las personas el tipo de combustión que ocupemos?
- ¿Es una solución viable cambiar la leña y el gas por el Pellet?

Justificación del proyecto.

La riqueza que la isla presenta en sus bosques ha hecho que las personas que viven en ella hagan uso de éstos por épocas prehistóricas. Pues de éstos se obtiene el recurso natural más utilizado en los hogares del archipiélago, la leña. Este recurso tiene múltiples ocupaciones, pero sin duda alguna su mayor porcentaje de ocupación es la calefacción de la vivienda.

Sin embargo, como ya se ha mencionado, el elevado índice de deforestación, la contaminación atmosférica y los altos precios que actualmente tiene la leña con respecto a años anteriores, ha llevado a buscar, por parte de los isleños nuevos métodos de calefacción.

Es importante tener en cuenta cierta información para poder emitir un juicio y evaluar que nos conviene a futuro, por lo tanto, plasmar en datos reales la información nos permitirá definir si el Pellet es o no una buena solución en la Provincia.

En este trabajo de título, a través de la investigación y medición de ciertos parámetros, como los son el CO₂, temperatura, humedad relativa, material particulado, emitido por la combustión a leña y pellet, en conjunto con saber características sociales y constructivas del entorno a evaluar, sabremos de manera objetiva que tan real es lo que se dice con respecto a estos tipos de combustión y lograr ser un aporte en la decisión que los propietarios pueden tener a futuro en función de sus recursos y entorno para elegir el tipo de calefacción que más les acomode.

.

Metodología propuesta para realizar el proyecto.

La información necesaria para poder evaluar la contaminación intradomiciliaria que puede producir el pellet dentro de un hogar debe tener ciertos indicadores que nos permitirá conocer su comportamiento al momento de calefaccionar la vivienda.

Se habla de indicadores pues la evaluación de contaminación intradomiciliaria no va sola, si no que va de la mano junto a ciertas características que hacen mejor o peor este tipo de calefacción. Por lo tanto, en primera instancia debemos tener ejemplos de comparación, y es aquí en donde utilizaremos el principal recurso de calefacción en los hogares del archipiélago, “La leña”.

Debemos tener en cuenta que buscar tipos de calefacción residencial más amigables con el medio ambiente conlleva además tener el deber de evaluar el entorno de forma sociocultural y conocer las especificaciones técnicas del hogar. Estos datos nos permitirán emitir que tanta solución es el Pellet como un tipo de calefacción en un hogar de la Isla de Chiloé.

Por lo tanto, los parámetros a evaluar dentro del hogar serán:

1. **Sociales:** Se dará paso a una pequeña encuesta de 5 preguntas a las personas que vivan dentro del hogar. Esta encuesta nos facilitará información con respecto a: horarios de uso de la calefacción, precios, duración, accesibilidad y si sienten algún problema de salud al hacer funcionar la combustión.
2. **Constructivo:** Se realizará una evaluación de las especificaciones técnicas que tiene la vivienda, si existe algún tipo de aislación térmica, los tipos de revestimiento exterior e interior que contiene el hogar, etc. Así podremos definir qué tan eficiente son los materiales constructivos al momento de mantener la temperatura dentro de hogar.
3. **Ambientales:** A través de instrumentos de medición podremos conocer ciertas características presentes en el hogar al momento de ser calefaccionado por la Leña y el Pellet. Los principales indicadores a evaluar son: el CO₂ que emite el tipo de calefacción, la temperatura y humedad relativa que existe en el hogar y además se realizaran mediciones de material particulado MP 2,5 y MP10 existente dentro de la casa.

Para lo anterior utilizaremos, el Termohigrómetro marca HOBO^{mx co2 logger}, este nos entregará datos de Temperatura, humedad relativa (RH) y CO2.



Imágen 7: Termohigrómetro

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

TEMPERATURA:

- Rango: 0° a 50°C (32° a 122°F)
- Precisión: $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ de 0° a 50°C ($\pm 0,38^{\circ}\text{F}$ de 32° a 122°F)
- Resolución: 0.024°C a 25°C (0.04°F a 77°F)
- Deriva: $<0.1^{\circ}\text{C}$ (0.18°F) por año

HUMEDAD RELATIVA:

- Rango: 1% a 70% HR cuando el sensor de CO2 está habilitado (sin condensación)
1% a 90% HR cuando el sensor de CO2 está desactivado (sin condensación)
- Precisión: $\pm 2\%$ del 20 % al 80 % típico hasta un máximo de $\pm 4,5\%$ incluido histéresis a 25°C (77°F); por debajo del 20 % y por encima del 80 % $\pm 6\%$ típico
- Resolución :0.01%
- Deriva: $<1\%$ por año típico

CO2:

- Rango: 0 a 5000 ppm
- Precisión: ± 50 ppm ± 5 % de la lectura a 25 °C (77 °F), menos del 70 % de HR y 1013 mbar
- Tiempo de calentamiento: 15 segundos
- Calibración: Auto o manual a 400 p
- No linealidad: <1% de FS
- Dependencia de la presión: 0,13% de la lectura por mm Hg (corregido a través de la entrada del usuario para elevación/altitud)
- Rango de presión de funcionamiento: 950 a 1050 mbar (utilice la compensación de altitud para fuera de este rango)
- Presión compensada Rango: -305 a 5486 m (-1000 a 18 000 pies)
- Método de detección: Absorción infrarroja no dispersiva (NDIR)

TIEMPO DE RESPUESTA

- Temperatura: 12 minutos al 90 % con un flujo de aire de 1 m/s (2,2 mph)
- RH: 1 minuto al 90 % en un flujo de aire de 1 m/s (2,2 mph)
- CO2: 1 minuto al 90 % en un flujo de aire de 1 m/s (2,2 mph)

Y para la recolección de datos de material particulado se utilizará un medidor de material particulado marca PCE-PCO 1, el que nos indicará la cantidad de MP 2,5 y MP 10 que existe en el ambiente del hogar.



Imágen 8: Medidor de material particulado

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

General:		
Condiciones ambientales		0 ... 50 °C, 10 ... 90% HR (sin condensación)
Pantalla		2,8" / 320 x 240 Pixel / retroiluminación/ Color
Batería		Recargable / Vida útil ~ 4 horas
Memoria	Interna	80 MB
	Opcional	Tarjeta Micro SD hasta 8 GB
Dimensiones		240 x 75 x 55 mm
Peso		420 g
Contador de partículas:		
Dimensión de partícula medible		0,3 / 0,5 / 1,0 / 2,5 / 5,0 und 10 µm
Caudal		2,83 L/min
Error de coincidencia		<5 % en 2.000.000 partículas por ft³
Eficiencia de conteo		50 % en 0,3 µm; 100 % en Tamaño de partícula > 0,45 µm
Almacenamiento de datos		5000 Conjunto de datos
Tipos de conteo		acumulativo, diferencial, concentración
Temperatura del aire y humedad atmosférica		
Temperatura del aire	Rango de medida	0 ... +50 °C
	Precisión	±0,5 °C a +10 ... +40 °C si no ± 1,0 °C
Temperatura de punto de rocío	Rango de medida	0 ... +50 °C
	Precisión	±0,5 °C a +10 ... +40 °C si no ± 1,0 °C
Humedad atmosférica relativa	Rango de medida	0 % HR ... 100 % HR
	Precisión	±3 % HR a 40 ... 60 % ±3,5 % HR a 20 ... 40 % y 60 ... 80 % ±5 % HR a 0 ... 20 % y 80 ... 100 %

Objetivos del Proyecto.

General: Evaluar la contaminación intradomiciliaria que genera el Pellet como fuente de calefacción en un hogar, a través de ciertas características constructivas, sociales y ambientales en una vivienda ubicada en la localidad de Vilupulli, Comuna de Chonchi de la isla Grande de Chiloé, en comparación a la leña.

Específicos:

- Diagnostico constructivo, social y energético de cada una de las viviendas.
- Relacionar las variables del diagnóstico entre el Pellet y la Leña.
- Definir si el Pellet es una verdadera solución de calefacción en una vivienda de la Isla de Chiloe en ámbitos sociales, constructivos y ambientales.

MARCO TEORICO

El estudio del presente proyecto se basa en la recolección de datos de forma presencial y también a través de la investigación de información, por medio de indicadores sociales, constructivos y ambientales.

Para un mejor entendimiento del lector, a continuación, se definen los conceptos que influirán en este trabajo de título y tendrán relevancia en el desarrollo de este.

- **Construcción sustentable:** “Es aquella que incorpora la sustentabilidad en el ciclo de vida (construcción y uso) de las casas, edificios e infraestructura en general, aumentando el bienestar para los usuarios y sin comprometer al medio ambiente”. (CCPS)
- **Energía renovable:** “Son aquellas que provienen de fuentes consideradas inagotables, y que se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento no se consumen a escala humana, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse en el tiempo”. (Energía)
- **Calentamiento Global:** “El calentamiento global es un aumento, en el tiempo, de la temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos. Se postula que la temperatura se ha elevado desde finales del siglo XIX debido a la actividad humana, principalmente por las emisiones de CO₂ que incrementaron el efecto invernadero. Se predice, además, que las temperaturas continuarOn subiendo en el futuro si continúan las emisiones de gases invernadero. El aumento de la temperatura se ocasiona cuando los gases de efecto invernadero se acumulan en la atmósfera y atrapan el calor”. (Uchile)
- **Impacto Ambiental:** “Es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”. (Ley19300)
- **Biomasa:** “Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma”. (CDT)

-
- **CO₂:** “Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1”. (CentroUC)
 - **Temperatura:** “1.- Magnitud física que expresa el grado de frío o calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K).
2.- f. coloq. Estado de calor del cuerpo humano o de los seres vivos”. (RAE)
 - **Humedad Relativa:** “Expresión porcentual de la cantidad de vapor de agua presente en el aire con respecto a la máxima posible para unas condiciones dadas de presión y temperatura”. (RAE)
 - **Material particulado:** “Es una mezcla de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas suspendidas en el aire que difieren en tamaño, composición y origen. El tamaño de las partículas suspendidas en la atmósfera varía en más de cuatro órdenes de magnitud, desde unos pocos nanómetros a decenas de micrómetros. El Material Particulado conviene clasificarlo por sus propiedades aerodinámicas (Diámetro Aerodinámico), dado que éstas son un factor decisivo para el transporte y la remoción de las partículas desde el aire. También, son determinantes para la depositación en el sistema respiratorio y están asociadas con la composición química y las fuentes de esas partículas, cuando se habla del tamaño de una partícula, se está hablando de su diámetro aerodinámico”. (SINCA)
 - **MP 10:** “Comprende las partículas de diámetro aerodinámico (d.a.) menor a 10 µm. Representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades. De acuerdo a masa y composición se tienden a dividir en dos grupos principales, MP Grueso, de d.a. mayor a 2,5 µm y menor a 10 µm y MP Fino menor a 2,5 µm en d.a., existiendo también el denominado MP ultrafino de alrededor de 0,1 µm”. (SINCA)

-
- **MP 2,5:** “Corresponde a la fracción fina del MP10, con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 μm , lo que les permite penetrar más por el sistema respiratorio llegando a los alvéolos pulmonares”. (SINCA)
 - **Calefacción sustentable:** “Es un conjunto de medidas que permiten calefaccionar tu hogar de manera más amigable con el medio ambiente, ya que se utilizan calefactores más eficientes y combustibles más limpios. Además, se complementa con la aislación de tu vivienda”. (ambiente)
 - **Combustión:** “La combustión es la reacción química rápida del oxígeno del *aire u oxígeno directo, que se define como comburente, con los distintos elementos que constituyen el combustible (principalmente carbono (C) e hidrógeno (H). Estas reacciones químicas liberan energía produciendo aumentos locales de temperatura, lo que origina un flujo de calor hacia el exterior”. (Metrogas)
 - **Leña:** “a leña es un tipo de biomasa y se define como una porción de madera en bruto, de troncos, ramas y otras partes de árboles y arbustos, utilizados como combustible sólido2”. (Energia)
 - **Calefacción a Leña:** “El calor se obtiene mediante la quema o combustión de leños de madera en el hogar de la estufa que, según su diseño y el material del que esté fabricada, puede emitir calor por radiación o por convección”. (CaloryFrio)
 - **Pellet de madera:** “El pellet es una pequeña porción de madera de origen natural, catalogado como biomasa sólida, utilizada como combustible de biomasa, Son cilindros que se obtienen mediante un prensado de aserrín, virutas o polvo de madera sin corteza que presente un bajo contenido de humedad, utilizando para ello una prensa peletizadora. Esta materia prima, una vez seca, es prensada para conseguir el pequeño cilindro compacto y la propia lignina que contiene el aserrín actúa como aglomerante, Se emplea una alta presión para formar el pellet, lo que hace que este tenga una composición muy densa y dura y otorgue un gran poder calorífico”. (INFOR)
 - **Calefacción de Pellet de madera:** “Las estufas de pellets o chimeneas de pellets son generadores de calor, que utilizan el combustible de biomasa, que puede ser empleado en la industria o en los hogares, ya sea en calderas o en estufas de tamaño más reducido para la calefacción o generación de energía térmica”. (INFOR)

-
- **Conductividad térmica:** Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en $W/(m \times K)$. (Nch 853, s.f.)
 - **Tramitancia térmica:** Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas ente los dos ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en $W/(m^2 \times K)$. (Nch 853, s.f.)

MARCO NORMATIVO

- Ley 19300, sobre bases generales del medio ambiente.
- DECRETO 104 ESTABLECE NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DE AIRE PARA DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂).
- NCh 853/2007 Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

CAPITULO I

Diagnostico constructivo, social y energético de cada una de las viviendas

El presente capítulo mostrará en detalle el diagnóstico constructivo, social y ambiental que causa la combustión a pellet y a leña, dentro de cada vivienda.

Cada diagnóstico realizado permitirá conocer las diferentes características que influyen en las condiciones en las que se encuentra cada vivienda para así en los siguientes capítulos poder relacionar las variables y verificar ciertos parámetros que permitirán evaluar la situación de contaminación intradomiciliaria que emite cada vivienda con su respectiva combustión.

DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO, SOCIAL Y AMBIENTAL VIVIENDA CON ESTUFA A PELLET

DATOS:

1. TIPO DE EDIFICACIÓN: Vivienda Aislada
2. SUPERFICIE: 120 m²
3. UBICACIÓN: Vilupulli, Comuna de Chonchi, Isla de Chiloé
4. AÑOS DE CONSTRUCCION: 28 años
5. N° DE OCUPANTES: 4 Personas
6. RECINTO A EVALUAR: Living-Comedor



Imágen 9: Vivienda con estufa a Pellet, sector Vilupulli

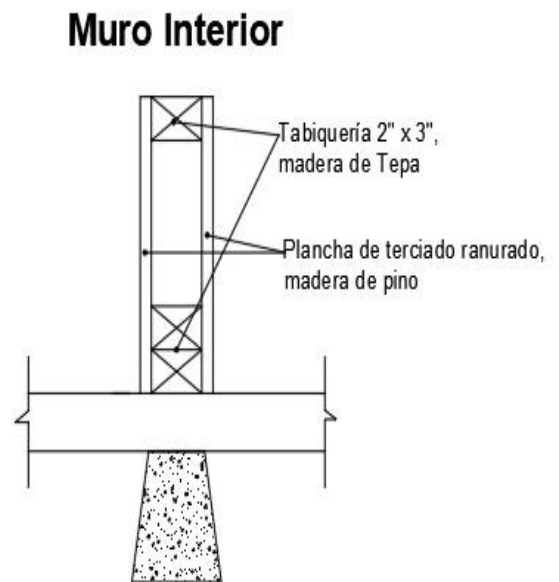
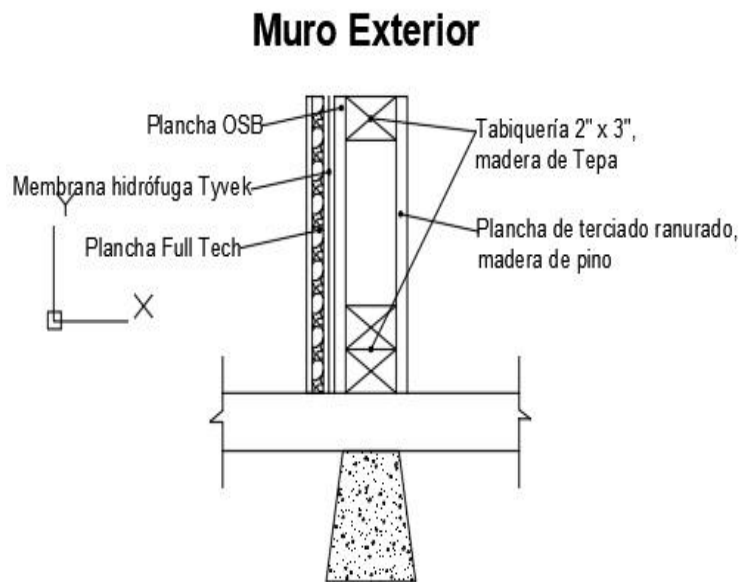
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO

En esta primera etapa de evaluación se verifico que tipo de materialidad presenta la vivienda ubicada en la localidad de Vilupulli, Comuna de Chonchi, Isla de Chiloé, y es la siguiente:

Materialidad en Muros

MURO EXTERIOR	
ESTRUCTURA	Tabiquería 2"x3", madera de Tapa
REVESTIMIENTO EXTERIOR	Plancha OSB Plancha Full Tech Aleación zinc aluminio 0.3mm Aislante poliuretano 16mm espesor Dimensiones: 3,80 x 0,40 m
BARRERA HIDRÓFUGA	Membrana Hidrófuga Tyvek Dimensiones: 45,72 x 2,74 m
REVESTIMIENTO INTERIOR	Plancha de Terciado ranurado, madera de pino Dimensiones: 2,44 x 1,22 m
MUROS INTERIORES	
REVESTIMIENTO INTERIOR	Plancha de Terciado ranurado, madera de pino Dimensiones: 2,44 x 1,22 m
ESTRUCTURA	Tabiquería 2"x3", madera de Tapa

Tabla 1: Materialidad en muro exterior e interior, vivienda a pellet

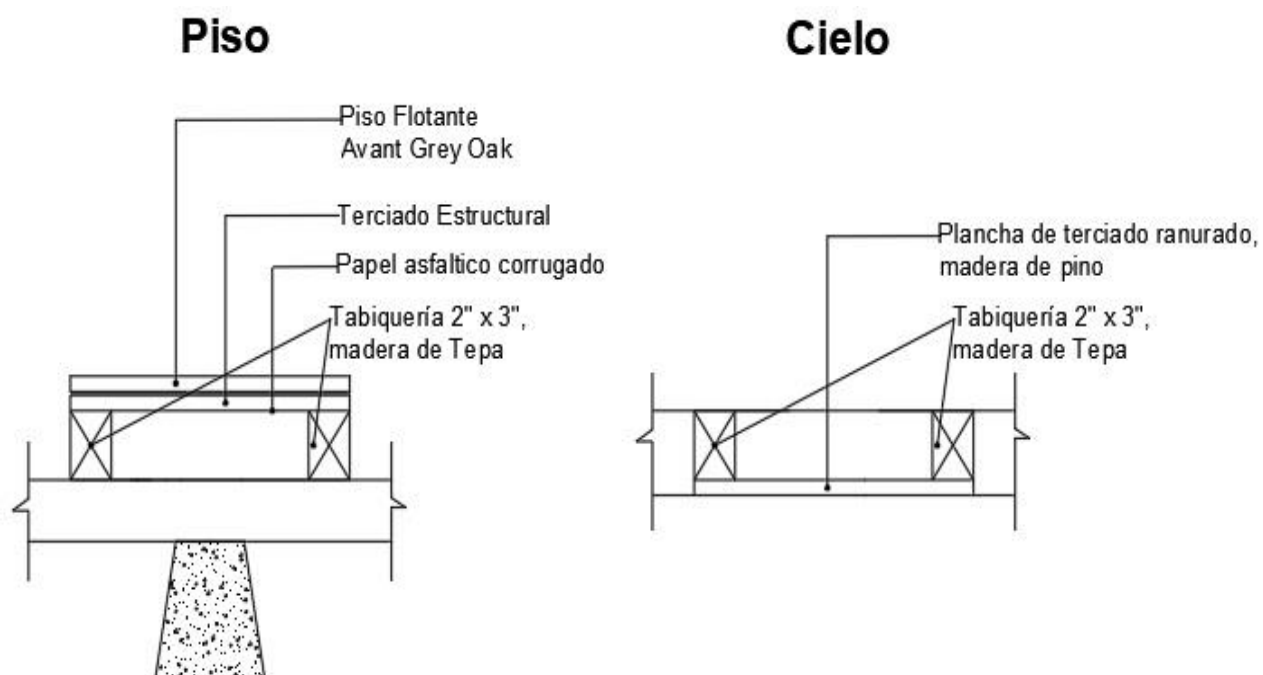


Plano 1: Detalle constructivo muros de vivienda a pellet

Materialidad en piso y cielo

PISOS	
ESTRUCTURA Y BARRERA DE HUMEDAD	Tabiquería 2"x3", madera de Tapa Papel asfáltico corrugado, 40 m2 10/40 Terciado estructural 9mm espesor Dimensiones: 1,22 x 2,44 m
REVESTIMIENTO INTERIOR	Piso flotante Avant grey OAK, 8mm espesor Dimensiones: 1,21 x 0,195 m
CIELO	
ESTRUCTURA	Tabiquería 2"x3", madera de Tapa
REVESTIMIENTO INTERIOR	Plancha de Terciado ranurado, madera de pino Dimensiones: 2,44 x 1,22 m

Tabla 2: Materialidad en piso y cielo, vivienda a pellet



Plano 2: Detalle constructivo piso y cielo de vivienda a pellet

ANALISIS TERMICO DE LA VIVIENDA

Al realizar la evaluación de materialidad, podemos definir además si la vivienda cumple con los requisitos establecidos con respecto a su flujo de energía, es de vital importancia conocer el estado en el que se encuentra la vivienda con respecto a su flujo de calor, ya que gracias a ello se puede conocer si la vivienda está siendo o no eficiente energéticamente.

Cada material ocupado en la envolvente del muro, piso y cielo a evaluar influye en la transmitancia térmica que estos pueden tener con respecto al flujo de energía que proviene desde el exterior como también el flujo que se genera interiormente.

Para conocer el estado térmico en la que se encuentra la vivienda se debe tener en cuenta los materiales que componen el sector a evaluar y son los siguientes:

MUROS:

- Madera
- Plancha OSB
- Zinc Alum
- Poliuretano
- Membrana Hidrofuga
- Plancha terciado ranurado

PISO:

- Madera
- Terciado Estructural
- Papel fieltro corrugado
- Piso Flotante

CIELO:

- Madera
- Plancha de terciado ranurado

Tener en cuenta lo anterior, nos permitirá conocer la conductividad térmica de los materiales, dato que influye en el cálculo de transmitancia térmica.

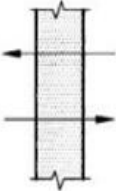
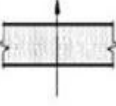
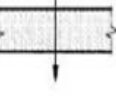
Para el cálculo de transmitancia térmica se debe ocupar la siguiente formula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}}$$

- R_{si} : Resistencia térmica de superficie al interior, ($m^2 K/W$).
- R_{se} : Resistencia térmica de superficie al exterior, ($m^2 K/W$).
- e : Espesor del material, (**m**). (es muy importante trabajar en metros).
- λ : Conductividad térmica del material, ($W/(m K)$).

Imágen 10: Fórmula de transmitancia térmica, Nch 853

Donde el R_{si} y el R_{se} , se definen a través de la siguiente tabla:

Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Imágen 11: Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$, Nch 853

La conductividad térmica de los materiales se obtendrá de las siguientes tablas de la Nch 853:

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Agua líquida a 0°C	1 000	0,59
Agua líquida a 94°C	1 000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1 100 - 1 800	0,90
Aluminio	2 700	210
Arcilla	2 100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
Arcilla expandida	450	0,11
Arena	1 500	0,58
Aserrín de madera	190	0,06
Asfaltos	1 700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betún	1 050	0,16
Bronce	8 500	64
Cascote de ladrillo	1 300	0,41
Capotillo de arroz	117	0,06
Cebada	470	0,07
Cobre	8 930	380
Escorias	800	0,25
	1 000	0,29
	1 200	0,34
	1 400	0,41
Enlucido de yeso	800	0,35
	1 000	0,44
	1 200	0,56
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1 000	0,23
	1 135	0,23
Fundición y acero	7 850	58
Grava rodada o de machaqueo	1 700	0,81
Hormigón armado (normal)	2 400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1 000	0,33

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Hormigón con áridos ligeros	1 400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1 000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1 400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal:		
- con áridos ligeros	1 600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2 000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrados	2 400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1 500	0,55
Hormigón con cenizas	1 000	0,41
Hormigón con escorias de altos hornos	600	0,17
	800	0,22
	1 000	0,30
Hormigón normal, con áridos silíceos	600	0,34
	800	0,49
	1 000	0,67
Hormigón de viruta de madera	450 - 650	0,26
Hormigón de fibras de madera	300 - 400	0,12
	400 - 500	0,14
	500 - 600	0,16
Hormigón liviano a base de cascarilla de arroz	570	0,128
	780	0,186
	850	0,209
	1 200	0,326
Hormigón liviano a base de poliestireno expandido	260	0,088
	320	0,105
	430	0,134
	640	0,214
	840	0,269
	1 100	0,387
Ladrillo macizo hecho a máquina	1 000	0,46
	1 200	0,52
	1 400	0,60
	1 800	0,79
	2 000	1,0

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Ladrillo hecho a mano	-	0,5
Láminas bituminosas	1 100	0,19
Lana de amianto	100	0,061
	200	0,063
	400	0,12
Lana mineral, colchoneta libre	40	0,042
	50	0,041
	70	0,038
	90	0,037
	110	0,040
	120	0,042
Lana mineral granulada	20	0,069
	30	0,060
	40	0,055
	60	0,048
	80	0,044
	100	0,041
	120	0,042
	140	0,042
Linóleo	1 200	0,19
Maderas		
- álamo	380	0,091
- alerce	560	0,134
- coigüe	670	0,145
- lingue	640	0,136
- pino insigne	410	0,104
- raulí	580	0,121
- roble	800	0,157
Maderas, tableros aglomerados de partículas	400	0,095
	420	0,094
	460	0,098
	560	0,102
	600	0,103
	620	0,105
	650	0,106
Maderas, tableros de fibra	850	0,23
	930	0,26
	1 030	0,28
Mármol	2 500 - 2 850	2,0 - 3,5

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Moquetas, alfombras	1 000	0,05
Morteros de cal y bastardos	1 600	0,87
Mortero de cemento	2 000	1,40
Papel	1 000	0,13
Perlita expandida	90	0,050
Plancha de corcho	100	0,040
	200	0,047
	300	0,058
	400	0,066
	500	0,074
Plomo	11 300	35
Poliestireno expandido	10	0,0430
	15	0,0413
	20	0,0384
	30	0,0361
Poliuretano expandido	25	0,0272
	30	0,0262
	40	0,0250
	45	0,0245
	60	0,0254
	70	0,0274
Productos minerales en polvo (kieselgur, polvo mineral)	200	0,08
	400	0,12
	600	0,16
	800	0,21
	1 000	0,27
	1 200	0,34
	1 400	0,40
Rocas compactadas	2 500 - 3 000	3,50
Rocas porosas	1 700 - 2 500	2,33
Vermiculita en partículas	99	0,047
Vermiculita expandida	100	0,070
Vidrio plano	2 500	1,2
Yeso-cartón	650	0,24
	700	0,26
	870	0,31

Finalmente se calculará la transmitancia térmica ponderada, en donde sumaremos la transmitancia de los materiales con el área que este ocupa y se dividirá por la suma de todas las áreas, entregándonos así el resultado de la transmitancia térmica ponderada del muro, cielo y piso. A continuación, se muestra gráficamente la fórmula:

$$U = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

Imagen 12: Fórmula de transmitancia térmica ponderada, Nch 853

Resultados obtenidos de transmitancia térmica:

Transmitancia térmica de muros según norma: 0,60

MURO EXTERIOR										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	AREA	U muro	CUMPLE	NO CUMPLE
Madera	0.12	0.05	0.05	0.145	0.680	1.471	2.56	4.33		X
Plancha OSB	0.12	0.05	0.0095	0.13	0.243	4.114	27.10			
Zinc Alum	0.12	0.05	0.0003	110	0.170	5.882	27.10			
Poliuretano	0.12	0.05	0.016	0.0272	0.758	1.319	27.10			
Membrana Hidrofuga	0.12	0.05	0.00017	0.22	0.171	5.856	27.10			
Plancha terciado ranurado	0.12	0.05	0.009	0.223	0.210	4.754	27.10			

Tabla 3: Resultados de transmitancia térmica en muros exteriores, vivienda a pellet

MURO INTERIOR										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/λ)	U material	AREA	U muro	CUMPLE	NO CUMPLE
Madera	0.12	0.12	0.05	0.145	0.750	1.334	2.70	3.47		X
Plancha OSB	0	0	0	0	0	0.000	0			
Zinc Alum	0	0	0	0	0	0.000	0			
Poliuretano	0	0	0	0	0	0.000	0			
Membrana Hidrofuga	0	0	0	0	0	0.000	0			
Plancha terciado ranurado	0.12	0.12	0.009	0.223	0.280	3.567	29.60			
Plancha terciado ranurado	0.12	0.12	0.009	0.223	0.280	3.567	29.60			

Tabla 4: Resultados de transmitancia térmica en muros interiores, vivienda a pellet

Las tablas anteriores, nos indican que a pesar de que el muro exterior cuenta con espesor mínimo de aislante, no logra cumplir, con la transmitancia térmica establecida, lo cual influye netamente en la conservación de energía dentro del hogar.

Si bien, el muro interior tiene un valor más bajo que el muro exterior, es netamente porque no está en contacto con el exterior y tiene menor superficie de vanos, pero se puede observar que tampoco cumple con lo establecido. Hipotéticamente, si el muro interior estuviera en contacto con el exterior con esa misma materialidad sin duda alguna su valor de transmitancia sería más elevado que el muro exterior.

Por lo tanto, esto nos indica la importancia de tener un buen aislante, para lograr la eficiencia energética que la vivienda necesita para causar un buen vivir a sus propietarios.

Al igual que en los muros, también se realizó la evaluación de transmitancia térmica, pero esta vez en el piso y el cielo del living.

Para esta ocasión la normativa chilena establece que los valores de transmitancia térmica en pisos que están en contacto con el terreno no debe ser superior a 0,60 y en pisos ventilados no debe ser superior a 0,80.

Los datos calculados se muestran en las siguientes tablas:

PISO										
MATERIAL	R _{si}	R _{se}	e (m)	λ	R (e/λ)	U material	AREA	U Ponderado muro	CUMPLE	NO CUMPLE
MADERA	0.09	0.05	0.05	0.145	0.650	1.539	1.15	5.36		X
TERCIADO ESTRUCTURAL	0.09	0.05	0.009	0.13	0.209	4.779	40			
PAPEL FIELTRO	0.09	0.05	0.002	0.04	0.190	5.263	40			
PISO FLOTANTE	0.09	0.05	0.008	0.35	0.163	6.140	40			

Tabla 5: Resultados de transmitancia térmica en piso, vivienda a pellet

CIELO										
MATERIAL	R _{si}	R _{se}	e (m)	λ	R (e/λ)	U material	AREA	U Ponderado muro	CUMPLE	NO CUMPLE
MADERA	0.17	0.05	0.015	0.26	0.443	2.259	1.15	3.80		X
TERCIADO RANURADO	0.17	0.05	0.009	0.223	0.260	3.841	40			

Tabla 6: Resultados de transmitancia térmica en cielo, vivienda a pellet

Los resultados obtenidos anteriormente muestran como el valor U en pisos es altamente elevado con respecto a la normativa.

El cielo de la vivienda, según normativa toma la condición de piso ventilado, si bien la normativa en este punto es un poco menos exigente con respecto al valor de U, se puede notar que menos cumple con lo establecido.

Cabe mencionar que sin duda alguna el factor principal de que la vivienda no se encuentre dentro de los rangos normativos, es que no contemple una aislación de espesor adecuado para que estos factores de transmitancia térmica disminuyan.

DIAGNOSTICO SOCIAL

La segunda etapa de evaluación, contemplo una pequeña encuesta de 5 preguntas a los propietarios, en donde se logró investigar a cerca de: horarios de uso de la estufa a pellet, precios, como venden el pellet y cuanto es su rendimiento, accesibilidad de compra y si han presentado algún problema de salud al usar la combustión.

A continuación se presenta la estructura de la encuesta, las primeras 4 preguntas son de forma general, no obstante, la pregunta número 5, pues esa es de carácter personal.

Pregunta 1: ¿Cuál es el horario de uso de la estufa a Pellet?

Pregunta 2: ¿Cómo venden el Pellet y cuál es su precio?

Pregunta 3: ¿Dónde pueden adquirir el pellet? ¿es complicada su adquisición?

Pregunta 4: En su diario vivir, ¿cuánto puede durar el saco de Pellet?

Pregunta 5: ¿Haz sentido algún problema de salud al ocupar este tipo de combustión?

Resultados de la encuesta:

Pregunta 1: El horario de ocupación es entre las 20:00 y las 00:00 hrs.

Pregunta 2: El pellet se vende en sacos, existen dos tipos de sacos, el de 15 kg que cuesta \$3400 y el de 18 kg que cuesta \$4200

Pregunta 3: Existen 3 empresas que lo venden y son: Sodimac (Castro), Ferretería Ferti-Agro (Chonchi) y Supermercado La Rotonda (Chonchi)

Pregunta 4: El saco de 18 Kg, si se ocupa todo el día, dura 2 días. Ahora si se ocupa solo en el horario mencionado en la pregunta 1, logra durar entre 5 a 6 días.

El saco de 15 Kg, si se ocupa todo el día, puede duran incluso menos del día completo. Ahora si se ocupa son en el horario mencionados en la pregunta 1, logra durar entre 3 a 4 días.

Pregunta 5:

Datos previos para conocer si la combustión utilizada altera los problemas de salud crónicos que presenta cada persona que vive dentro de la vivienda.

Edades

- Juan: 50 años
- Graciela: 52 años
- Nicole: 28 años
- Juan Eduardo: 19 años

Problemas de salud crónicos

- Juan: Sin problemas de salud
- Graciela: Hipertensa
- Nicole: Asmática
- Juan Eduardo: Sin problemas de salud

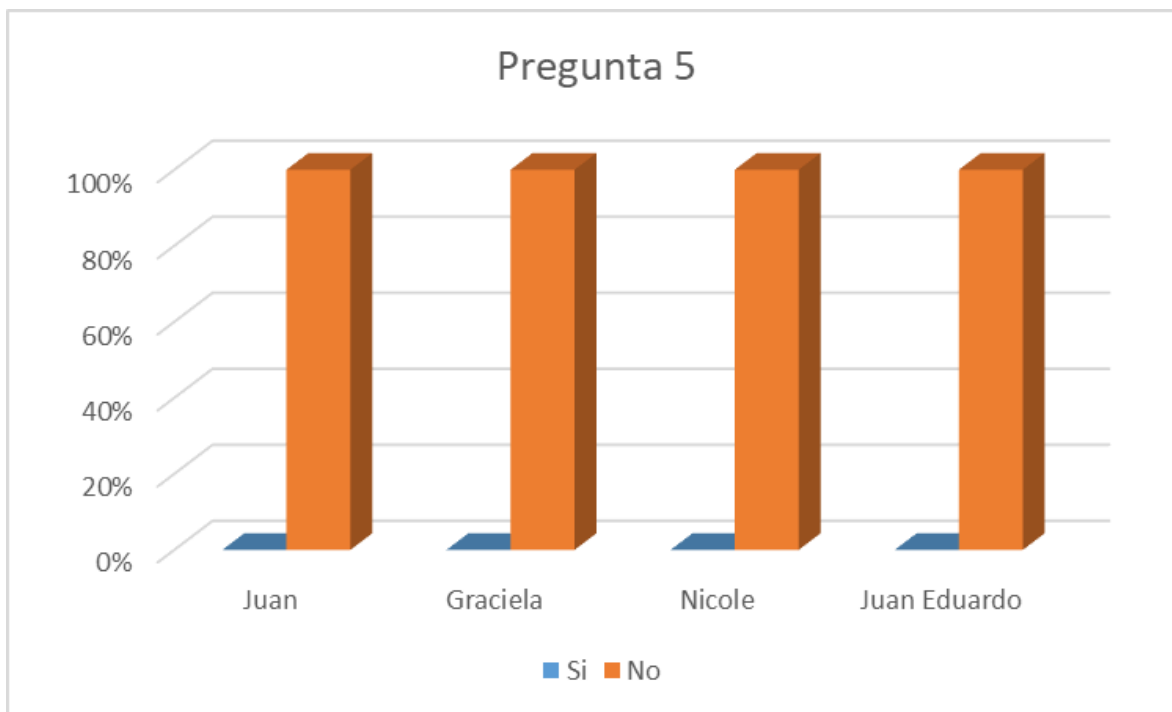


Gráfico 1: Resultados encuesta pregunta 5, vivienda a pellet

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

La última etapa del diagnóstico se centra netamente en la condición ambiental que presenta el hogar a causa de la combustión a Pellet, es decir, aquí a través de instrumentos de medición, como lo son el termohigrómetro y el medidor de material particulado, se definirán en términos reales los valores presentes de: Temperatura Interior, humedad relativa, CO2 y material particulado 2,5 y 10.

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES ESTUFA A PELLET							
Tipo de medición	T°- HR		Nivel de Ruido		T° Exterior		CO2
Recinto	Vivienda Vilupulli	Fecha	15-10-2022	Zona Climatica			
Tipo de Edificación	Vivienda				Superficie	120	m2
Ubicación	Vilupulli, comuna de Chonchi, Isla de Chiloé				Altura	2.4	m
Horario ocupación	Entre las 20:00 y 00:00 hrs						
Actividad	Residencial				Volumen	288	m3
N° de Personas	4	Periodo de medición		Periodo de ocupación			
Recinto a Evaluar	Living Comedor	x					
N°	Fecha	Hora	T°C Interior	HR %	Co2	T°C Exterior	Observaciones
1	24-09-2022	14:43	21.01	56.05	541	12	Estufa Apagada
2		15:43	17.11	59.18	450	12	
3		16:43	17.08	60.45	432	12	
4		17:43	17.03	63.23	453	11	
5		18:43	16.77	62.65	465	11	
6		19:43	16.22	63.70	418	9	
7		20:43	16.68	65.41	551	8.5	Estufa encendida
8		21:43	19.2	62.18	488	8	
9		22:43	19.39	58.89	486	7.5	
10		23:43	17.56	58.69	448	7	
11	25-09-2022	0:43	15.99	60.01	391	5	Estufa apagada
12		1:43	14.77	61.79	543	4	
13		2:43	13.59	62.28	525	3	
14		3:43	12.56	63.06	519	3	
15		4:43	11.73	64.28	542	4	
16		5:43	11.1	65.31	589	5	
17		6:43	10.49	66.02	595	6	
18		7:43	9.85	66.80	617	7	
19		8:43	10.1	67.43	705	7	
20		9:43	10.59	67.90	723	9	
21		10:43	11.18	68.90	831	10	
22		11:43	11.71	70.92	602	11	
23		12:43	0	0.00	0	0	
24		13:43	0	0.00	0	0	
25		14:43	0	0.00	0	0	

Tabla 7: Protocolo de medición de parámetros ambientales 1, estufa a pellet

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES ESTUFA A PELLET							
Tipo de medición	HR		T° INTERIOR		Mp 10		Mp 2,5
Recinto	Vivienda Vilupulli	Fecha	15-10-2022	Zona Climatica			
Tipo de Edificación	Vivienda				Superficie	120	m2
Ubicación	Vilupulli, comuna de Chonchi, Isla de Chiloé				Altura	2.4	m
Horario ocupación	Entre las 20:00 y 00:00 hrs						
Actividad	Residencial				Volumen	288	m3
N° de Personas	4	Periodo de medición		Periodo de ocupación			
Recinto a Evaluar	Living Comedor	x					
N°	Fecha	Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Observaciones
1	24-09-2022	14:43	21.01	56.05	10	2	Estufa apagada
2		15:43	17.11	59.18	10	0	
3		16:43	17.08	60.45	17	2	
4		17:43	17.03	63.23	13	0	
5		18:43	16.77	62.65	12	0	
6		19:43	16.22	63.70	13	1	
7		20:43	16.68	65.41	35	7	Estufa encendida
8		21:43	19.2	62.18	40	8	
9		22:43	19.39	58.89	36	6	
10		23:43	17.56	58.69	30	6	
11	25-09-2022	0:43	15.99	60.01	29	4	Estufa apagada
12		1:43	14.77	61.79	25	4	
13		2:43	13.59	62.28	18	2	
14		3:43	12.56	63.06	7	0	
15		4:43	11.73	64.28	1	0	
16		5:43	11.1	65.31	0	0	
17		6:43	10.49	66.02	0	0	
18		7:43	9.85	66.80	0	0	
19		8:43	10.1	67.43	2	0	
20		9:43	10.59	67.90	23	1	
21		10:43	11.18	68.90	39	5	
22		11:43	11.71	70.92	40	5	
23		12:43	0	0.00	0	0	
24		13:43	0	0.00	0	0	
25		14:43	0	0.00	0	0	

Tabla 8: Protocolo de medición de parámetros ambientales 2, estufa a pellet

TEMPERATURA INTERIOR

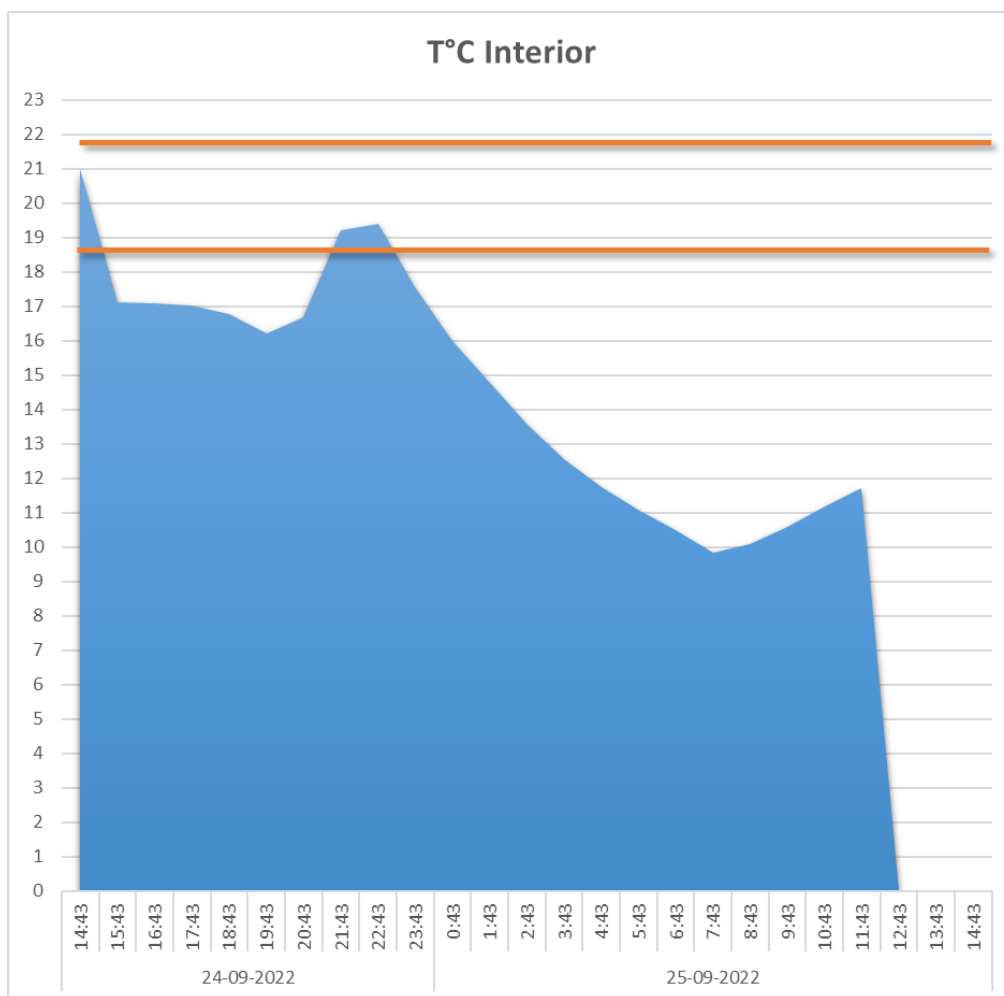


Gráfico 2: Rangos de temperatura interior, vivienda a pellet

Según normativa, se establece que la temperatura confort de una vivienda debe estar dentro de los rangos 19°C hasta los 22°C. El grafico anterior nos muestra que la vivienda a pellet solo se encuentra dentro de esos rangos cuando la estufa esta encendida y aun así no supera los 20°C.

Sin embargo, cabe mencionar que cuando la estufa esta apagada la temperatura no disminuye a temperaturas muy bajas, ya que logra mantenerse entre los 10°C y 13°C.

HUMEDAD RELATIVA

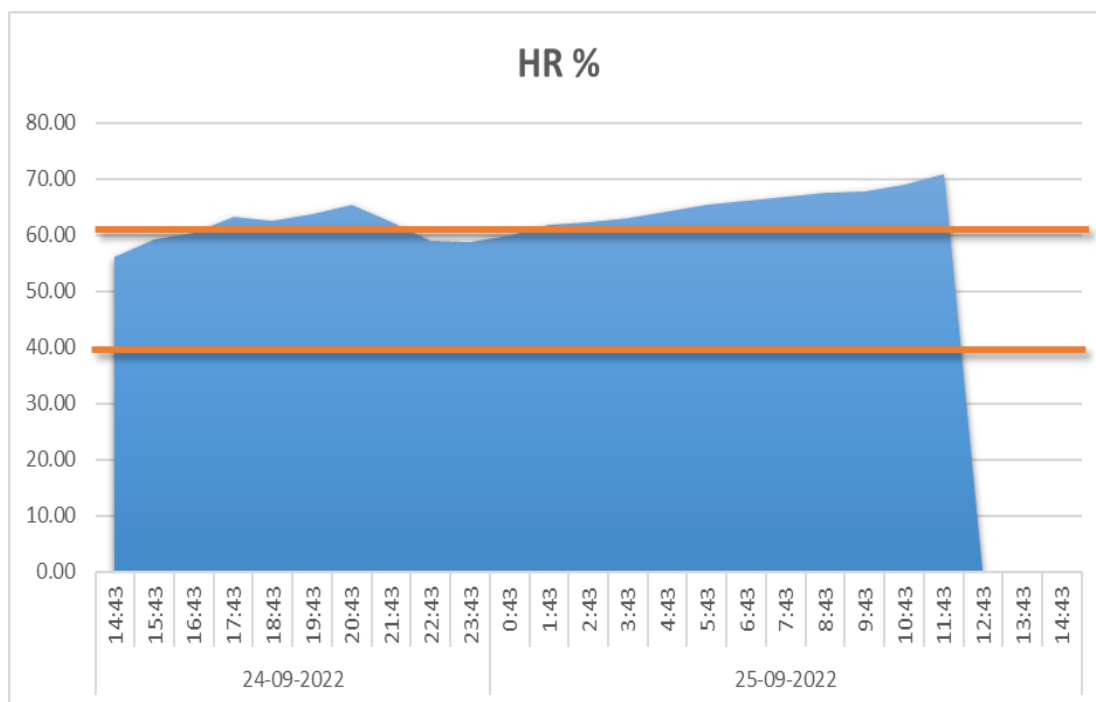


Gráfico 3: Rango de humedad relativa, vivienda a pellet

La norma establece que el porcentaje de humedad relativa debe ser 50 ± 10 , es decir, puede haber una variación del porcentaje ideal 50%, por lo tanto, también estará dentro de la norma si tenemos 40% o 60%.

El gráfico anterior nos muestra que la mayoría del tiempo la vivienda está en el límite con respecto a su humedad, y que entre las 17:00 a 22:00 hrs y de 3:00 a 11:00 los resultados se encuentran por sobre lo establecido.

CO2

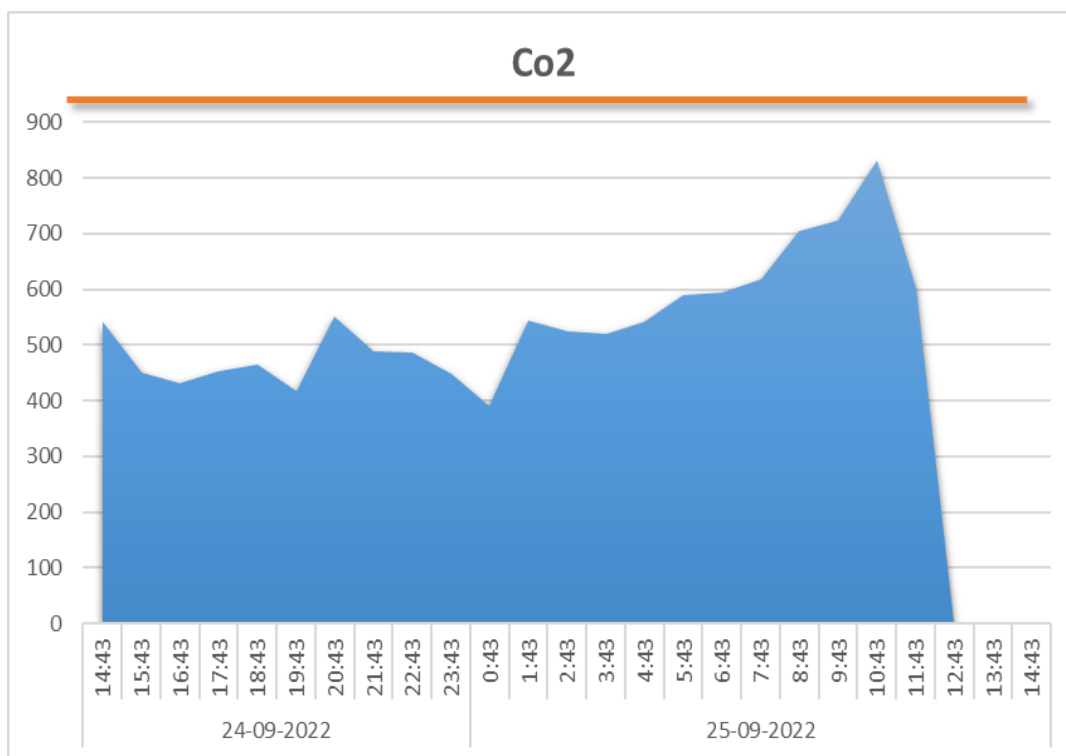


Gráfico 4: Rango de CO2, vivienda a pellet

Según la normativa, las emisiones de CO2 estarán dentro de los rangos si estas no superan las 1000 ppm (partículas por millón).

Por lo tanto, el gráfico anterior demuestra que la estufa a pellet logra cumplir con lo establecido, concentrando el CO2 entre los 400 y 600 ppm en la mayoría del tiempo.

Sin embargo, se debe mencionar que cuando la estufa se encuentra apagada las partículas de CO2 disminuyen lo suficiente y se mantienen entre los 300 y 400 ppm.

MATERIAL PARTICULADO 2,5 Y 10

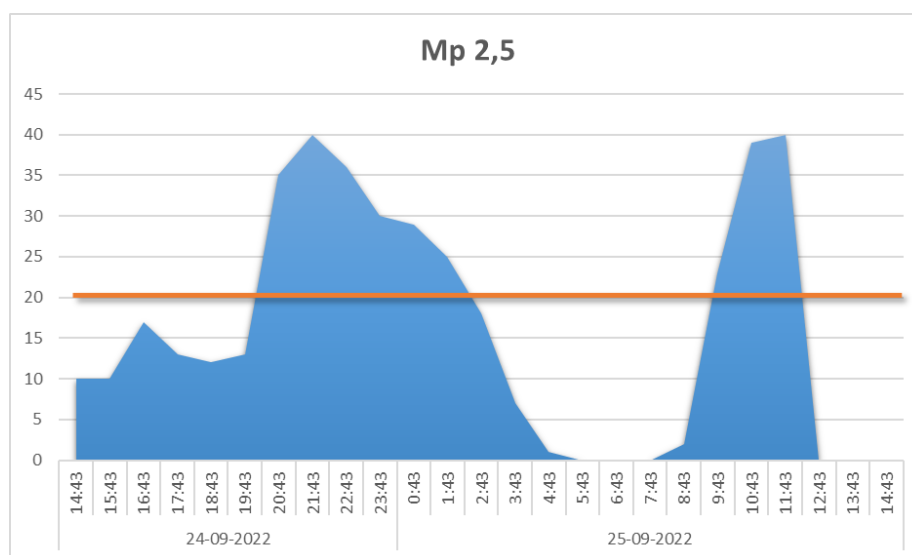


Gráfico 5: Rangos de MP 2,5, vivienda a pellet

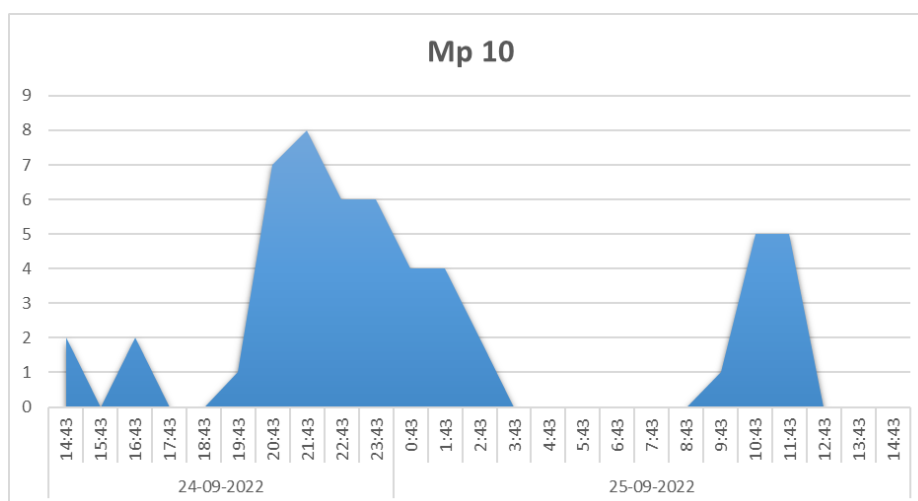


Gráfico 6: Rangos de MP 10, vivienda a pellet

Según norma, la calidad del aire con respecto a las emisiones de MP 2,5 no debe superar los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y el MP10 no debe ser superior a las $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, ambas en un rango de 24 hrs.

El grafico demuestra que al momento de estar encendida la estufa a pellet el MP 2,5 está por sobre lo establecido, en cambio cuando la estufa se encuentra apagada las partículas de MP2,5 bajan considerablemente. Con respecto al MP10, en ningún momento supera la norma, pero cuando la estufa se encuentra encendida hay más emisión de MP10 que cuando se encuentra apagada.

MAXIMOS Y MINIMOS DE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR

En la siguiente etapa del diagnóstico evaluaremos las temperaturas interiores de la vivienda y las relacionaremos con la temperatura exterior, para así evaluar si existe un flujo de calor mínimo que permita mantener el máximo de temperatura dentro del hogar.

Las temperaturas evaluadas se muestran a continuación:

N°	Fecha	Hora	T°C Interior	T°C Exterior
1	24-09-2022	14:43	21.01	12
2		15:43	17.11	12
3		16:43	17.08	12
4		17:43	17.03	11
5		18:43	16.77	11
6		19:43	16.22	9
7		20:43	16.68	8.5
8		21:43	19.2	8
9		22:43	19.39	7.5
10		23:43	17.56	7
11	25-09-2022	0:43	15.99	5
12		1:43	14.77	4
13		2:43	13.59	3
14		3:43	12.56	3
15		4:43	11.73	4
16		5:43	11.1	5
17		6:43	10.49	6
18		7:43	9.85	7
19		8:43	10.1	7
20		9:43	10.59	9
21		10:43	11.18	10
22		11:43	11.71	11
23		12:43	0	0
24		13:43	0	0
25		14:43	0	0

Tabla 9: Máximos y mínimo de °T interior y exterior, vivienda a pellet

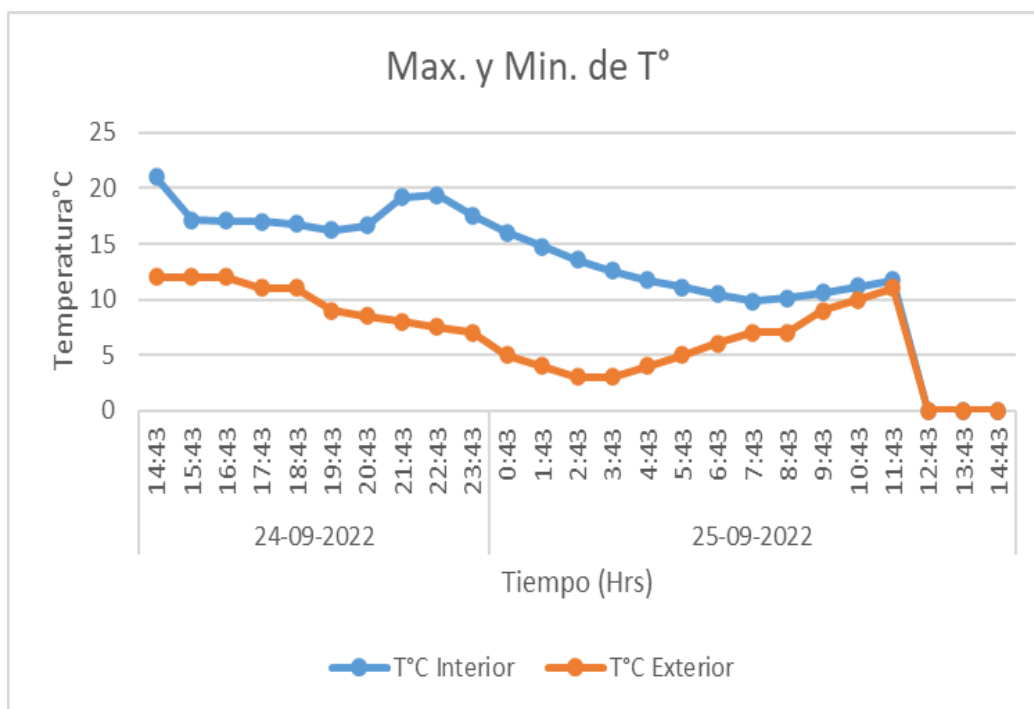


Gráfico 7: Máximos y mínimos de temperatura exterior e interior, vivienda a pellet

El gráfico anterior representa la variación en la que se encuentra la vivienda con respecto a su temperatura interior y exterior.

Es necesario conocer esta situación pues es la única forma de saber que tanto se conserva la energía dentro del hogar.

Se puede observar que la temperatura del hogar permite un flujo de calor, pero no excesivo, pues el grafico muestra que la mayoría del tiempo la temperatura interior no se iguala a la exterior. Claramente cuando la estufa se encuentra encendida la temperatura interior supera a la exterior y cuando ésta se encuentra apagada la temperatura tiende a disminuir pero aun así, logra quedar por sobre la temperatura que se encuentra fuera del hogar.

MATERIAL PARTICULADO EMITIDIO INTERIOR Y EXTERIORMENTE

A continuación, se mostrarán los resultados de material particulado MP 2,5 y 10 emitidos dentro de la vivienda, estos resultados se compararán con los emitidos exteriormente.

Para ello, previamente se deben obtener los datos de MP 2,5 y 10 que se emiten de forma exterior. Dichos datos fueron obtenidos del Sistema de información nacional de calidad del aire, de la estación Puerto Varas, coordenadas 669783 E, 5422635 N, pues es la única estación de la Región de Los Lagos con datos actualizados, además de mencionar que se debió escoger esta estación ya que La Isla de Chiloe no cuenta con estaciones de medición de Material Particulado.

De esta forma se podrá conocer la situación en la que se encuentra la vivienda con respecto a la situación del ambiente exterior y así poder realizar la comparación de material particulado, para luego en los siguientes capítulos relacionar estas variables y definir si influye o no el ambiente exterior, materialidad del hogar, etc.

Los datos obtenidos corresponden al día 25 de septiembre del presente año y se muestran a continuación en el siguiente gráfico:

N°	Mp 2,5	Mp 10
Vivienda	16	2.12
SINCA	40	49

Tabla 10: Material particulado ponderado en un rango de 24 hrs de la vivienda a pellet y el exterior (SINCA)

A continuación se muestra el gráfico de comparación entre la emisión de MP 2,5 y MP 10 que hay entre la vivienda y los datos exteriores, obtenidos del Sistema de información nacional de calidad del aire (SINCA):

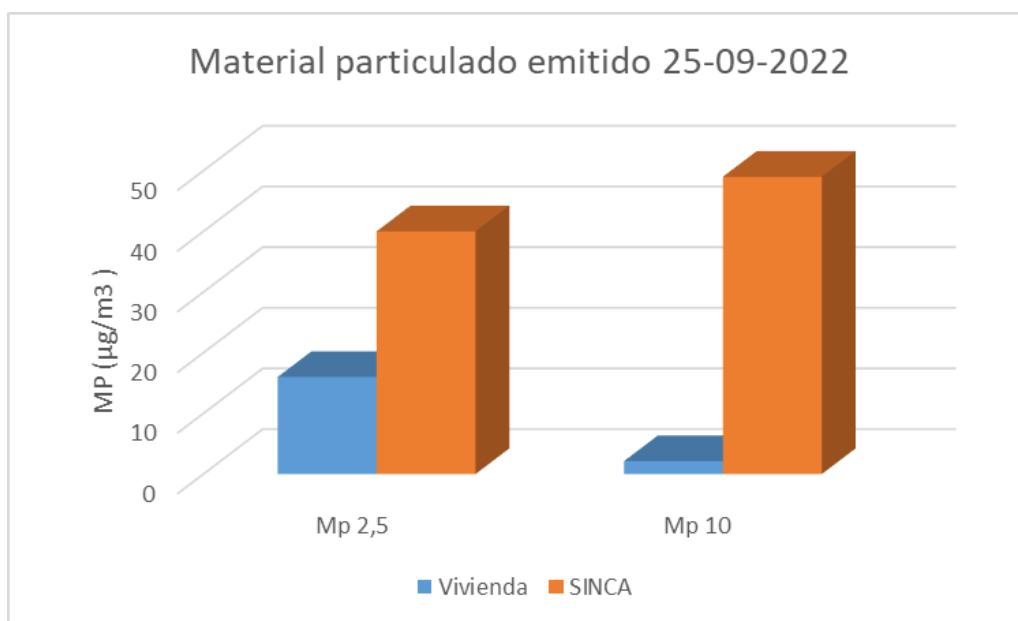


Gráfico 8: Máximos y mínimos de MP 2,5 y MP 10 entre la vivienda a pellet y el exterior

La comparación anterior entre la vivienda y el exterior, nos indica que la filtración de partículas que provienen desde el exterior es mínima, ya que en un promedio de 24 hrs, el material particulado que se encuentra dentro de la vivienda es muy inferior al material particulado que se encuentra en el ambiente externo. Por lo tanto, se puede deducir que la mayoría del material particulado que se encuentra dentro de la vivienda es netamente a causa de la combustión a pellet.

DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO, SOCIAL Y AMBIENTAL VIVIENDA CON ESTUFA A LEÑA

DATOS:

1. TIPO DE EDIFICACIÓN: Vivienda aislada
2. SUPERFICIE: 100 m²
3. UBICACIÓN: Dicham, Comuna de Chonchi, Isla de Chiloé
4. AÑOS DE CONSTRUCCION: 16 años
5. N° DE OCUPANTES: 2 Personas
6. RECINTO A EVALUAR: Cocina



Imagen 13: Vivienda con estufa a leña, sector de Dicham

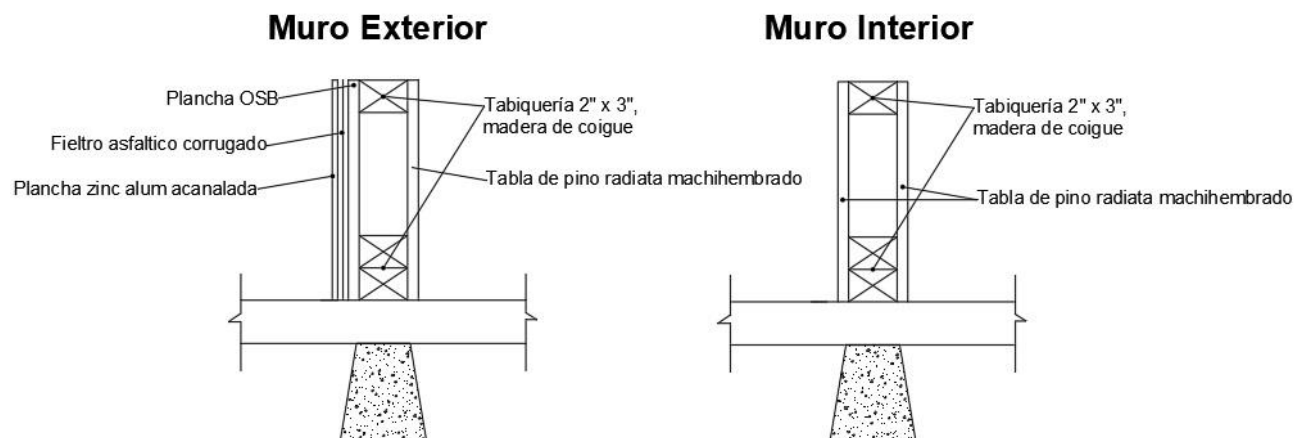
DIAGNOSTICO CONSTRUCTIVO

En esta primera etapa de evaluación se verifico que tipo de materialidad presenta la vivienda ubicada en la localidad de Dicham, Comuna de Chonchi, Isla de Chiloé, y es la siguiente:

Materialidad en muros

MURO EXTERIOR	
ESTRUCTURA	Tabiquería 2"x3", madera de coigue
REVESTIMIENTO EXTERIOR	Plancha OSB Plancha de Zinc Alum acanalada Dimensiones: 0,85 x 2,5 m; espesor=0.4mm
BARRERA DE HUMEDAD	Fieltro Asfáltico Corrugado Dimensiones: 40 m2 10/40
REVESTIMIENTO INTERIOR	Tablas de pino radiata machihembrado Dimensiones: ¾" x 5" x 3,20 m
MUROS INTERIORES	
ESTRUCTURA	Tabiquería 2" x 3", madera de coigue
REVESTIMIENTO INTERIOR	Tablas de pino radiata machihembrado Dimensiones: ¾" x 5" x 3,20 m

Tabla 11: Materialidad en muros exteriores e interiores, vivienda a leña

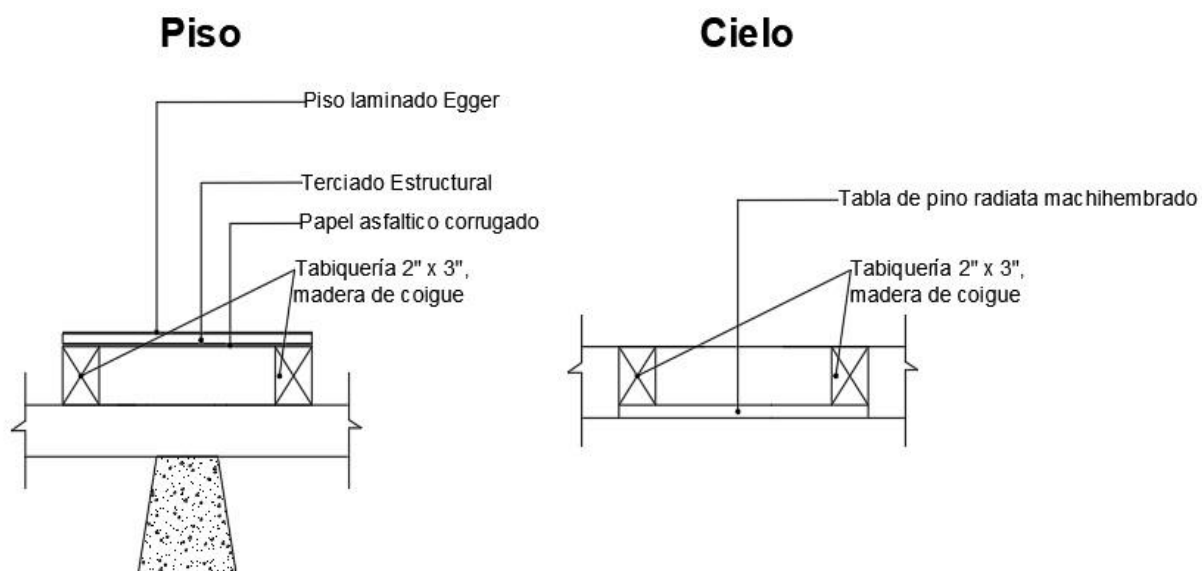


Plano 3: Detalle constructivo muros de la vivienda a leña

Materialidad en piso y cielo

PISOS	
ESTRUCTURA Y BARRERA DE HUMEDAD	Tabiquería 2"x3", madera de coigue Papel asfáltico corrugado Terciado estructural 9mm espesor Dimensiones: 1,22 x 2,44 m
REVESTIMIENTO INTERIOR	Piso laminado roble repino Egger, espesor de 4mm Dimensiones: 0,19 x 1,29 m
CIELO	
ESTRUCTURA	Tabiquería 2"x3", madera de coigue
REVESTIMIENTO INTERIOR	Tablas de pino radita machihembrado Dimensiones: ¾" x 5" x 3,20 m

Tabla 12: Materialidad en piso y cielo, vivienda a leña



Plano 4: Detalle constructivo piso y cielo de la vivienda a leña

ANALISIS TERMICO DE LA VIVIENDA

En esta etapa al igual que en la vivienda a pellet, al conocer la materialidad de la envolvente térmica, podemos definir si la vivienda cumple con los requisitos establecidos con respecto a su flujo de energía.

Los materiales de muros, piso y cielo para el cálculo de transmitancia térmica, se muestran a continuación:

MUROS:

- Madera
- Plancha OSB
- Zinc Alum
- Papel fieltro corrugado
- Tablas de pino radiata machihembrado

PISO:

- Madera
- Terciado Estructural
- Papel fieltro corrugado
- Piso laminado

CIELO:

- Madera
- Tablas de pino radiata machihembrado

Para el cálculo de transmitancia térmica se usará el mismo proceso utilizado en la vivienda a pellet, por lo tanto a través de las fórmulas usadas anteriormente se definirá si los muros, piso y cielo que envuelven la cocina de la vivienda a leña cumplen con las normas establecidas.

Resultados obtenidos de transmitancia térmica:

Transmitancia térmica de muros según norma: 0,60

MURO EXTERIOR										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	AREA	U muro	CUMPLE	NO CUMPLE
Madera	0.12	0.05	0.05	0.145	0.680	1.471	3.01	4.71		X
Plancha OSB	0.12	0.05	0.0095	0.13	0.243	4.114	22.10			
Zinc Alum	0.12	0.05	0.0003	110	0.170	5.882	22.10			
Papel Fieltro	0.12	0.05	0.002	0.04	0.220	4.545	22.10			
Tablas de pino	0.12	0.05	0.009	0.22	0.211	4.741	22.10			

Tabla 13: Resultados transmitancia térmica en muros exteriores, vivienda a leña

MURO INTERIOR										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	AREA	U muro	CUMPLE	NO CUMPLE
Madera	0.12	0.12	0.05	0.145	0.750	1.334	1.75	3.48		X
Plancha OSB	0	0	0	0	0	0	0			
Zinc Alum	0	0	0	0	0	0	0			
Papel Fieltro	0	0	0	0	0	0	0			
Tablas de pino	0.12	0.12	0.009	0.22	0.281	3.560	44.20			

Tabla 14: Resultados de transmitancia térmica en muros interiores, vivienda a leña

Los cálculos de transmitancia térmica muestran como los muros de la vivienda a leña tienen un déficit alto con respecto a su flujo de energía, se logra notar que tanto en los muros que tienen contacto con el exterior como en los muros interiores no logran cumplir con el valor establecido para lograr que la vivienda se encuentre en su zona de confort con respecto a la energía que debiese conservar.

Sin duda alguna el valor U de los muros exteriores es más elevado que los muros interiores, pues dicho muro no consta con algún tipo de aislación, causando así que haya un elevado flujo de calor, lo cual permite la filtración tanto de la temperatura que se encuentra dentro de la vivienda como de la que proviene del exterior.

Al igual que en los muros, también se realizó la evaluación de transmitancia térmica, pero esta vez en el piso y el cielo de la cocina.

Los datos calculados se muestran en las siguientes tablas:

Transmitancia térmica de piso en contacto con el terreno según norma: 0.60

PISO										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	AREA	U Ponderado muro	CUMPLE	NO CUMPLE
MADERA	0.09	0.05	0.05	0.145	0.650	1.539	1.65	5.01		X
TERCIADO ESTRUCTURAL	0.09	0.05	0.009	0.13	0.209	4.779	30			
PAPEL FIELTRO	0.09	0.05	0.002	0.04	0.190	5.263	30			
PISO LAMINADO	0.09	0.05	0.008	0.15	0.193	5.172	30			

Tabla 15: Resultados de transmitancia térmica en piso, vivienda a leña

Transmitancia térmica de piso ventilado según norma: 0.80

CIELO										
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	AREA	U Ponderado muro	CUMPLE	NO CUMPLE
MADERA	0.17	0.05	0.015	0.26	0.443	2.259	1.65	3.76		X
TABLAS DE PINO	0.17	0.05	0.009	0.223	0.260	3.841	30			

Tabla 16: Resultados de transmitancia térmica en cielo, vivienda a leña

Al igual que en la vivienda a pellet el cielo toma la condición de piso ventilado. Los resultados anteriores indican que la vivienda se encuentra muy por debajo de lo que establece la norma en pisos y cielo.

El piso que se encuentra en contacto con el terreno tiene un valor U igual 5.01, valor altamente elevado, lo que permite que haya gran filtración de calor tanto de la temperatura que se encuentra dentro de la vivienda como también la que proviene desde el exterior.

Con respecto al cielo de la vivienda a leña, el valor de transmitancia térmica es menor que la del piso, pero es netamente a causa de que el cielo no se encuentra en contacto con el terreno y aun así no logra estar dentro de los rangos.

DIAGNOSTICO SOCIAL

La segunda etapa de evaluación, contemplo una pequeña encuesta de 5 preguntas a los propietarios, en donde se logró investigar a cerca de: horarios de uso de la estufa a leña, precios, como venden la leña y cuanto es su rendimiento, accesibilidad de compra y si han presentado algún problema de salud al usar la combustión.

A continuación se presenta la estructura de la encuesta, las primeras 4 preguntas son de forma general, no obstante, la pregunta número 5, pues esa es de carácter personal.

Pregunta 1: ¿Cuál es el horario de uso de la estufa a leña?

Pregunta 2: ¿Cómo venden la leña y cuál es su precio?

Pregunta 3: ¿Dónde pueden adquirir leña? ¿es complicada su adquisición?

Pregunta 4: En su diario vivir, ¿cuánto puede durar el metro de leña?

Pregunta 5: ¿Haz sentido algún problema de salud al ocupar este tipo de combustión?

Resultados de la encuesta:

Pregunta 1: El horario de ocupación es entre las 09:00 y las 00:00 hrs.

Pregunta 2: La leña se vende por metro y también en sacos de 25 kg

- Metro de leña
 - Brosa =\$50.000
 - Brosa + luma = \$55.000
 - Luma = \$60.000
- Saco de 25 a \$4.500

Pregunta 3: La leña se adquiere a través de los vendedores certificados por CONAF, pero también muchas de las personas de la isla la retiran de sus propios campos.

Pregunta 4:

- Metro de leña
 - Brosa = 4 metros en el mes
 - Brosa + luma = 3,5 metros en el mes

- Luma = 3 metros en el mes
- Saco de 25 Kg,
 - 20 sacos = 1 metro de leña

Pregunta 5:

Datos previos para conocer si la combustión utilizada altera los problemas de salud crónicos que presenta cada persona que vive dentro de la vivienda.

Edades

- Arturo: 83 años
- María: 83 años

Problemas de salud crónicos

- Arturo: Hipertenso
- María: Hipertensa

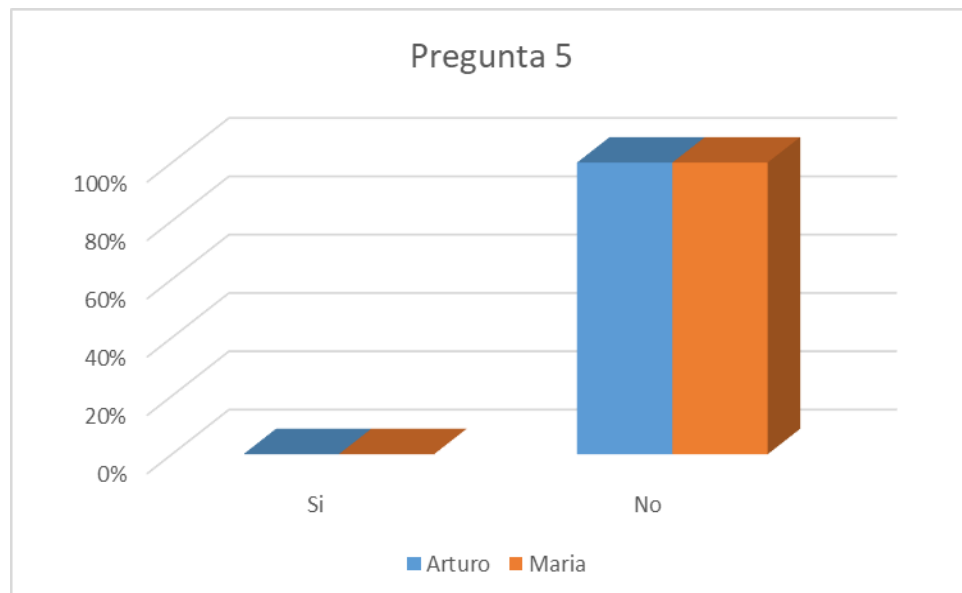


Gráfico 9: Resultados encuesta pregunta 5, vivienda a leña

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

La última etapa del diagnóstico se centra netamente en la condición ambiental que presenta el hogar a causa de la combustión a leña, es decir, aquí a través de instrumentos de medición, como lo son el termohigrómetro y el medidor de material particulado, se definirán en términos reales los valores presentes de: Temperatura Interior, humedad relativa, CO2 y material particulado 2,5 y 10.

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES ESTUFA A LEÑA							
Tipo de medición	T° - HR		Nivel de Ruido		T° Exterior		CO2
Recinto	Vivienda Dicham	Fecha	10-10-2022	Zona Climatica			
Tipo de Edificación	Vivienda Dicham				Superficie	100	m2
Ubicación	Dicham, comuna de Chonchi, Isla de Chiloé				Altura	2.4	m
Horario ocupación	Entre las 09:00 y las 00:00 hrs						
Actividad	Residencial				Volumen	240	m3
N° de Personas	2	Periodo de medición		Periodo de ocupación			
Recinto a Evaluar	Cocina	x					
N°	Fecha	Hora	T°C Interior	HR %	Co2	T°C Exterior	Observaciones
1	19-09-2022	14:50	20.75	55.444	1423	12	Estufa Encendida
2		15:50	20.03	50	1165	12	
3		16:50	22.13	47.09	962	11	
4		17:50	22.42	42.35	753	10	
5		18:50	20.82	42.89	762	10	
6		19:50	20.98	45.36	977	9.5	
7		20:50	21.96	45.92	1105	9.3	
8		21:50	22.18	42.35	1170	8	
9		22:50	21.89	41.13	930	7.5	
10		23:50	18.6	41.91	888	7	
11	20-09-2022	0:50	14.22	44.55	837	5	Estufa Apagada
12		1:50	11.13	47.14	866	3	
13		2:50	8.87	51.31	865	3	
14		3:50	7.54	53.07	851	3	
15		4:50	6.74	54.22	855	4	
16		5:50	5.97	52.68	882	5	
17		6:50	5.02	54.85	909	5	
18		7:50	4.22	56.27	897	3	
19		8:50	4.53	59.79	888	3	Estufa Encendida
20		9:50	13.04	70.04	1083	9	
21		10:50	21.44	50.9	1176	10	
22		11:50	23.79	40.84	797	11	
23		12:50	22.49	42.43	1053	11	
24		13:50	22.78	50.26	1245	12	
25		14:50	23.14	45.14	974	12	

Tabla 17: Protocolo de medición de parámetros ambientales 1, estufa a leña

PROTOCOLO DE MEDICION DE PARAMETROS AMBIENTALES ESTUFA A LEÑA							
Tipo de medición	HR		T° INTERIOR		Mp 10		Mp 2,5
Recinto	Vivienda Dicham	Fecha	10-10-2022	Zona Climatica			
Tipo de Edificación	Vivienda Dicham				Superficie	100	m2
Ubicación	Dicham, comuna de Chonchi, Isla de Chiloé				Altura	2.4	m
Horario ocupación	Entre las 09:00 y las 00:00 hrs						
Actividad	Residencial				Volumen	240	m3
N° de Personas	2	Periodo de medición		Periodo de ocupación			
Recinto a Evaluar	Cocina	x					
N°	Fecha	Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Observaciones
1	19-09-2022	14:50	20.75	55.444	70	7	Estufa Encendida
2		15:50	20.03	50	75	8	
3		16:50	22.13	47.09	74	8	
4		17:50	22.42	42.35	80	7	
5		18:50	20.82	42.89	65	8	
6		19:50	20.98	45.36	70	8	
7		20:50	21.96	45.92	65	6	
8		21:50	22.18	42.35	80	8	
9		22:50	21.89	41.13	90	8	
10		23:50	18.6	41.91	85	7	
11	20-09-2022	0:50	14.22	44.55	90	5	Estufa Apagada
12		1:50	11.13	47.14	50	2	
13		2:50	8.87	51.31	10	0	
14		3:50	7.54	53.07	6	0	
15		4:50	6.74	54.22	0	0	
16		5:50	5.97	52.68	2	0	
17		6:50	5.02	54.85	1	0	
18		7:50	4.22	56.27	3	1	Estufa Encendida
19		8:50	4.53	59.79	30	1	
20		9:50	13.04	70.04	90	7	
21		10:50	21.44	50.9	100	7	
22		11:50	23.79	40.84	86	8	
23		12:50	22.49	42.43	89	8	
24		13:50	22.78	50.26	90	7	
25		14:50	23.14	45.14	100	10	

Tabla 18: Protocolo de medición de parámetros ambientales 2, estufa a leña

TEMPERATURA INTERIOR

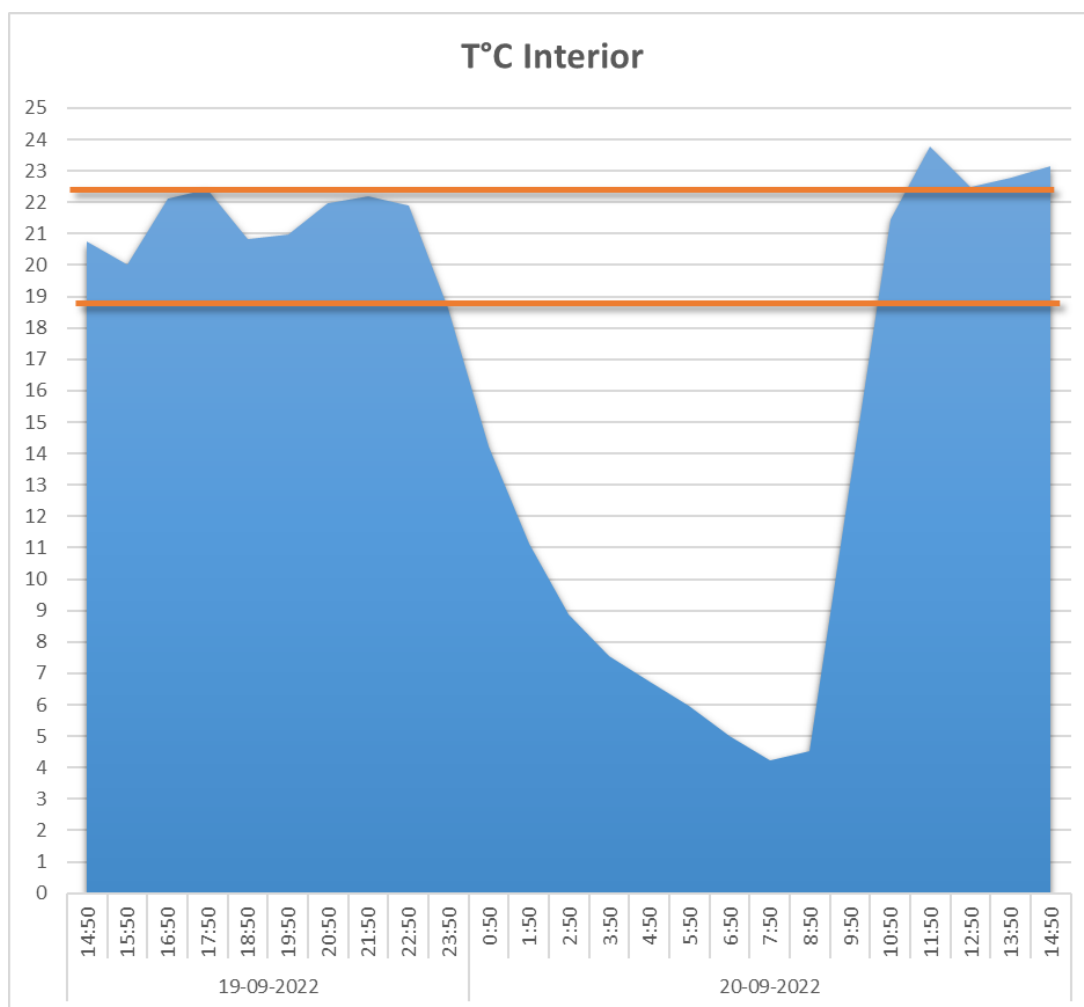


Gráfico 10: Rangos de temperatura interior, vivienda a leña

El gráfico anterior muestra los rangos de temperatura en la que se encuentra la vivienda a leña cuando la estufa se encuentra encendida y apagada.

Según normativa, la temperatura confort debe estar dentro de los 19°C hasta los 22°C para lograr un buen vivir a las personas, por lo tanto, según las mediciones tomadas entre las 14:00 – 23:00 hrs del día 19 de septiembre del presente año y las 9:00 – 14:00 hrs del día 20 de septiembre, la estufa a leña logra cumplir con los rangos de temperatura establecidos cuando esta se encuentra encendida. Sin embargo, cuando ésta está apagada las temperaturas bajan considerablemente.

HUMEDAD RELATIVA

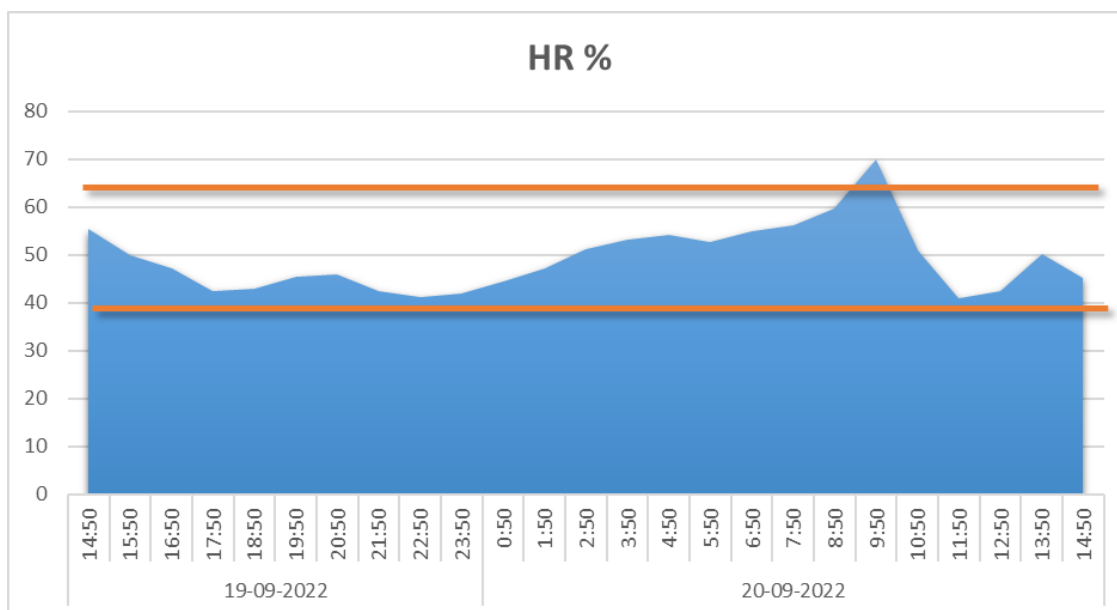


Gráfico 11: Rangos de humedad relativa, vivienda a leña

El gráfico anterior muestra mediciones de humedad relativa en un rango de 24 hrs en el mes de septiembre del presente año. Al igual que en la vivienda a pellet, para estar dentro de los rangos, los porcentajes de humedad deben encontrarse entre un 40% y 60%.

Los resultados muestran que la mayoría del tiempo la vivienda a leña está entre un 40% y un 50% de humedad cuando la estufa se encuentra encendida. Ahora, cuando la estufa se encuentra apagada, estos porcentajes aumentan logrando estar en el límite de la norma.

CO2

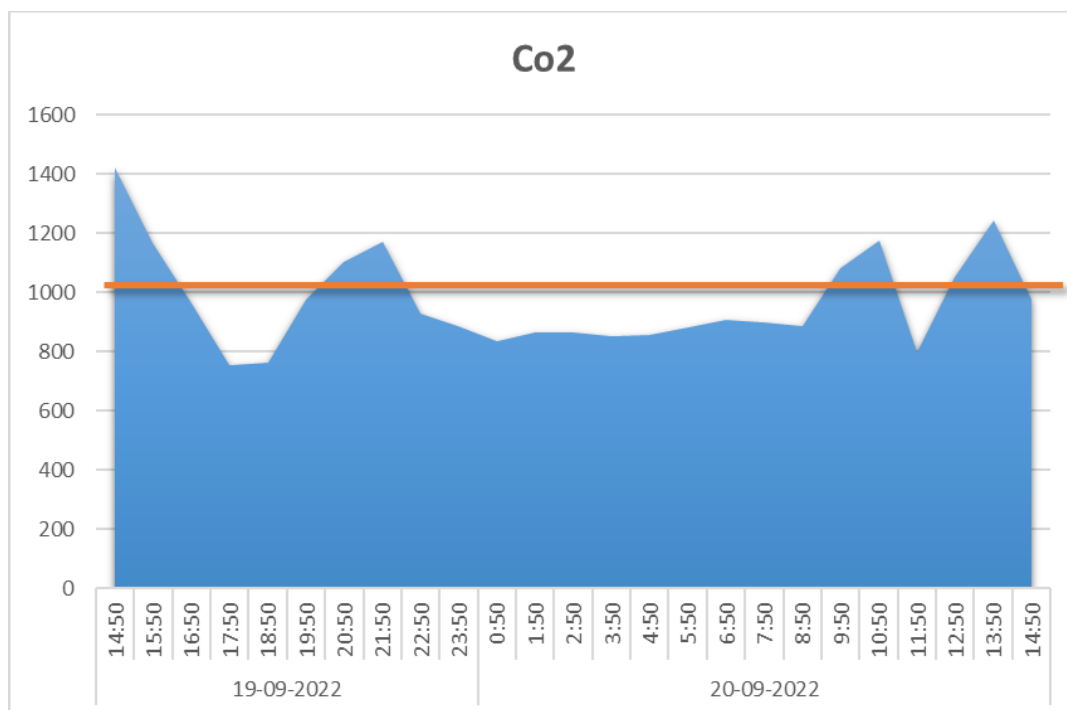


Gráfico 12: Rangos de CO2, vivienda a leña

Las mediciones del gráfico anterior fueron realizadas en un rango de 24 hrs en el mes de septiembre. Según la normativa chilena las emisiones de CO2 estarán dentro de los rangos si no supera las 1000 ppm.

El gráfico anterior muestra como la vivienda a leña, se encuentra dentro de los rangos en ciertos horarios, pero se debe mencionar que no baja de las 800 ppm, mientras la estufa se encuentra encendida y también apagada (durante la madrugada). Durante el mismo periodo, se puede notar como en ciertas horas supera la norma alcanzando las 1200 ppm.

Por lo tanto, podemos ver que la combustión a leña tiene una elevada emisión de CO2 cuando la estufa se encuentra encendida, y cuando ésta está apagada esos niveles de emisión disminuyen pero no en gran cantidad.

MATERIAL PARTICULADO 2,5 Y 10

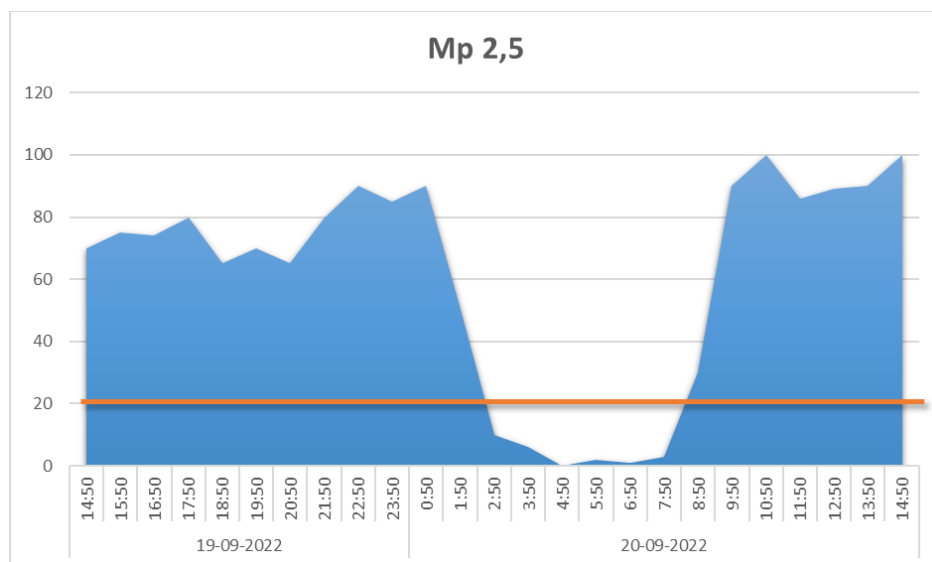


Gráfico 13: Rangos de MP 2,5, vivienda a leña

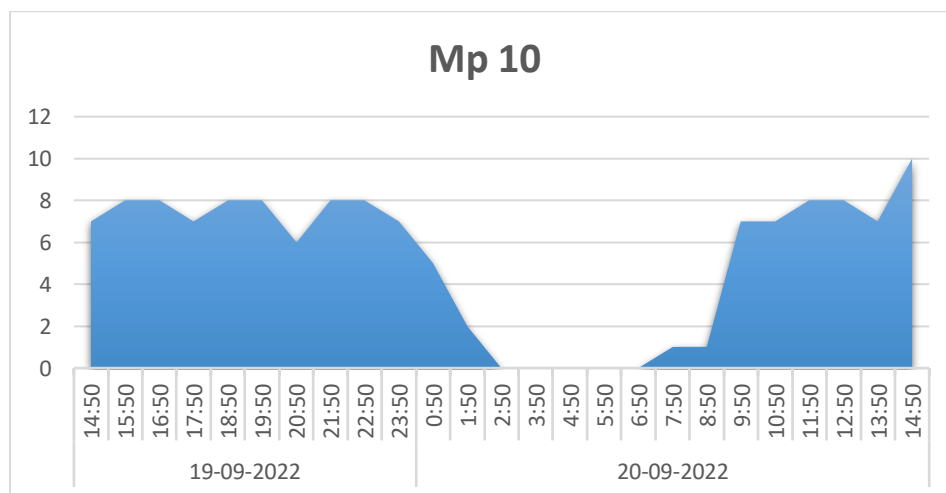


Gráfico 14: Rangos de MP10, vivienda a leña

Según norma, la calidad del aire con respecto a las emisiones de MP 2,5 no debe superar los 20 $\mu\text{m}/\text{m}^3\text{N}$ y el MP10 no debe ser superior a las 150 $\mu\text{m}/\text{m}^3\text{N}$, ambas en un rango de 24 hrs.

El grafico demuestra que al momento de estar encendida la estufa a leña el MP 2,5 está por sobre lo establecido, alcanzando incluso en ciertos horarios los 100 $\mu\text{m}/\text{m}^3\text{N}$, en cambio cuando la estufa se encuentra apagada las partículas de MP2,5 bajan considerablemente. Con respecto al MP10, en ningún momento supera la norma, pero cuando la estufa se encuentra encendida hay más emisión de MP10 que cuando se encuentra apagada.

MAXIMOS Y MINIMOS DE TEMPERATURA INTERIOR Y EXTERIOR

Aquí al igual que en la combustión a pellet, evaluaremos las temperaturas interiores de la vivienda y las relacionaremos con la temperatura exterior, para así evaluar si existe un flujo de calor mínimo que permita mantener el máximo de temperatura dentro del hogar.

Las temperaturas a evaluar se presentan en el siguiente grafico de curvas, mostrando los máximo y mínimos de temperatura interior y exterior:

N°	Fecha	Hora	T°C Interior	T°C Exterior
1	19-09-2022	14:50	20.75	12
2		15:50	20.03	12
3		16:50	22.13	11
4		17:50	22.42	10
5		18:50	20.82	10
6		19:50	20.98	9.5
7		20:50	21.96	9.3
8		21:50	22.18	8
9		22:50	21.89	7.5
10		23:50	18.6	7
11	20-09-2022	0:50	14.22	5
12		1:50	11.13	3
13		2:50	8.87	3
14		3:50	7.54	3
15		4:50	6.74	4
16		5:50	5.97	5
17		6:50	5.02	5
18		7:50	4.22	3
19		8:50	4.53	3
20		9:50	13.04	9
21		10:50	21.44	10
22		11:50	23.79	11
23		12:50	22.49	11
24		13:50	22.78	12
25		14:50	23.14	12

Tabla 19: Máximos y mínimos de °T interior y exterior, vivienda a leña

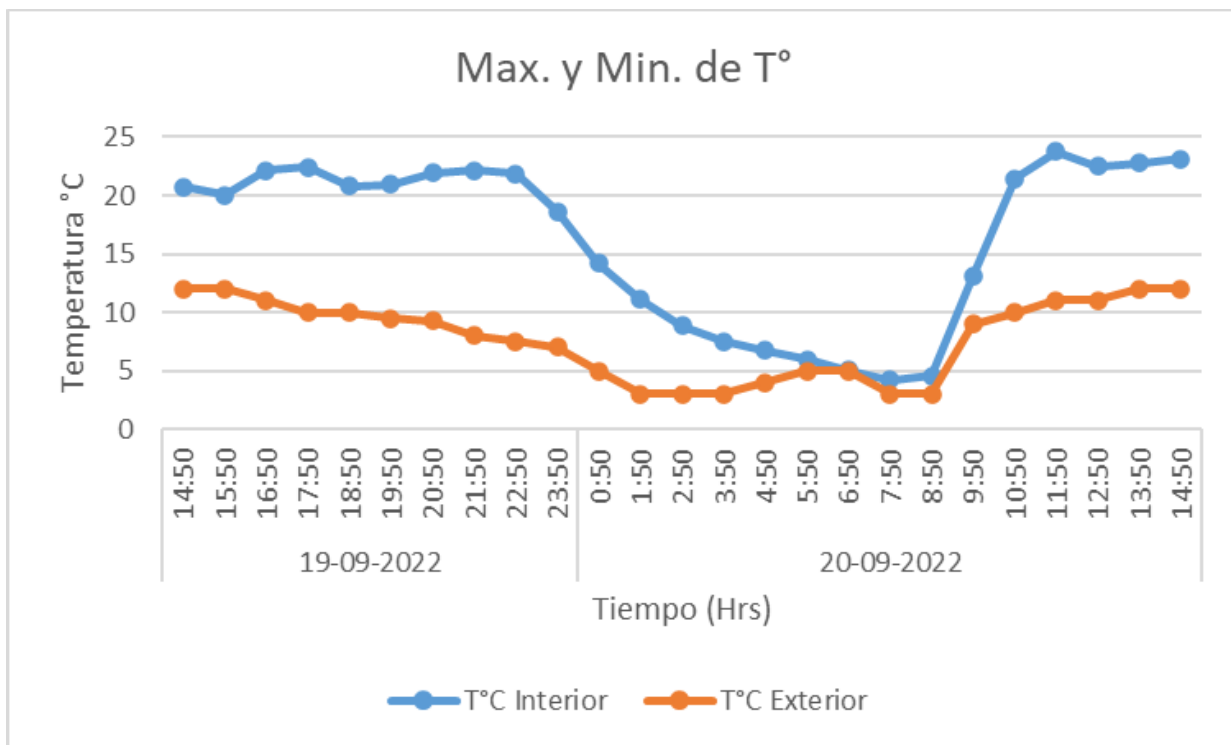


Gráfico 15: Máximos y mínimos de temperatura exterior e interior, vivienda a leña

El grafico anterior muestra la comparación de temperatura interior y exterior que presenta la vivienda a leña en un periodo de 24 hrs.

Por lo general, cuando la estufa esta encendida las temperaturas no bajan de los 22°C, causando así que la vivienda la mayoría del tiempo se encuentre en la temperatura confort que establece la norma.

Sin embargo, cuando la estufa se encuentra apagada, las temperaturas se igualan con respecto a la temperatura exterior. Lo anterior es a causa de que la materialidad que presenta la envolvente permite un alto flujo de calor entre el ambiente interior y exterior, teniendo efecto en la conservación de energía de la vivienda.

MATERIAL PARTICULADO EMITIDIO INTERIOR Y EXTERIORMENTE

Al igual que en la combustión a Pellet se deben conocer los resultados de material particulado MP 2,5 y 10 emitidos dentro de la vivienda, y compararlos con los emitidos exteriormente.

Para ello, previamente se deben obtener los datos de MP 2,5 y 10 que se emiten de forma exterior. Dichos datos también fueron obtenidos del Sistema de información nacional de calidad del aire, de la estación Puerto Varas, coordenadas 669783 E, 5422635 N.

De esta forma se podrá conocer la situación en la que se encuentra la vivienda con respecto a la situación del ambiente exterior y así poder realizar la comparación de material particulado, para luego en los siguientes capítulos relacionar estas variables y definir si influye o no el ambiente exterior, materialidad del hogar, etc.

Los resultados obtenidos fueron tomados el día 20 de septiembre de año 2022 y se muestran a continuación en el siguiente gráfico:

N°	Mp 2,5	Mp 10
Vivienda	60.04	5.24
SINCA	48	51

Tabla 20: Tabla 20: Material particulado ponderado en un rango de 24 hrs de la vivienda a leña y el exterior (SINCA)

A continuación se muestra el grafico de comparación entre la emisión de MP 2,5 y MP 10 que hay entre la vivienda a leña y la emisión exterior de MP 2,5 y MP 10, obtenidos del Sistema de información nacional de calidad del aire (SINCA):

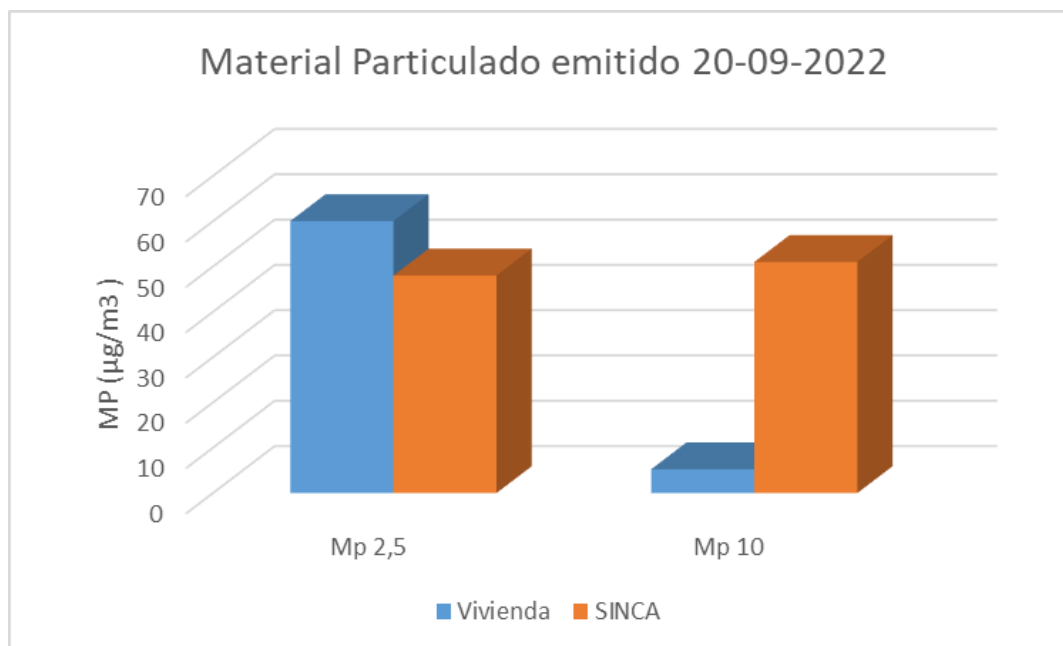


Gráfico 16: Máximos y mínimos de MP 2,5 y MP 10 entre la vivienda a leña y el exterior

El grafico anterior muestra la comparación que existe entre la vivienda y el exterior con respecto a la emisión de material particulado. El grafico demuestra como el MP 2,5 interior logra superar al exterior, esto a causa del complemento que existe entre la emisión interna de material particulado que genera la estufa a leña y la filtración de partículas que la materialidad de la envolvente permite ingresar.

Con respecto a la emisión de MP 10, la vivienda se encuentra muy por debajo con respecto a la emisión externa publicada por el SINCA.

CAPITULO II

Relacionar las variables del diagnóstico entre el Pellet y la Leña

El siguiente capítulo evaluará de manera más profunda la contaminación intradomiciliaria que presenta cada vivienda, y para ello se deben relacionar todas las variables que pueden afectar dicha situación de contaminación.

Primeramente se relacionará las variables de temperatura, humedad, CO₂, material particulado 2,5 y material particulado 10 entre la vivienda que tiene estufa a Pellet y la que ocupa estufa a Leña, para comparar los rangos que presenta cada vivienda con respecto a sus factores ambientales y de contaminación.

El segundo punto importante de este capítulo será definir el coeficiente de correlación de Pearson, este factor será quien defina la relación que puede existir entre dos variables y como influye en la situación de cada vivienda.



Las siguientes páginas de este capítulo, mostraran en detalle las variaciones descritas anteriormente, dentro de las cuales encontraremos: cual presenta mayor flujo de calor, cuál de ellas emite más contaminantes, como influye la materialidad con respecto a la contaminación, si existe algún factor económico que afecte al momento de escoger la combustión, etc.

Por lo tanto, a través de información levantada en el capítulo I, tablas y gráficos explicativos, se plasmarán las conclusiones que permitirán definir en el último capítulo de esta memoria si el Pellet es una buena opción de calefacción en una vivienda chilota.

RELACION DE FACTORES AMBIENTALES Y CONTAMINANTES ENTRE LA VIVIENDA A PELLET Y LA VIVIENDA A LEÑA

En este primer punto de relación, se deben evaluar de forma comparativa como se encuentra una vivienda con respecto a la otra.

Se evaluarán factores de Temperatura, humedad relativa, CO₂ y material particulado 2,5 y 10 de ambas viviendas. Esto causara efecto en la situación que cada vivienda presenta al momento de utilizar su respectiva combustión.

Las evaluaciones fueron tomadas en un rango de 24 hrs, en los mismos horarios, para así tener mas certeza al momento de realizar la comparación.



Imágen 14: Estufa a leña



Imágen 15: Estufa a pellet

TEMPERATURA

A continuación, se muestran los resultados de comparación de ambas viviendas, detallando a través de tablas y gráficos, las temperaturas que presentan las viviendas cuando la estufa se encuentra encendida y apagada.

Tabla de resultados:

TEMPERATURA		
Hora	Vivienda a Pellet	Vivienda a Leña
14:50	21.01	20.75
15:50	17.11	20.03
16:50	17.08	22.13
17:50	17.03	22.42
18:50	16.77	20.82
19:50	16.22	20.98
20:50	16.68	21.96
21:50	19.2	22.18
22:50	19.39	21.89
23:50	17.56	18.6
0:50	15.99	14.22
1:50	14.77	11.13
2:50	13.59	8.87
3:50	12.56	7.54
4:50	11.73	6.74
5:50	11.1	5.97
6:50	10.49	5.02
7:50	9.85	4.22
8:50	10.1	4.53
9:50	10.59	13.04
10:50	11.18	21.44
11:50	11.71	23.79
12:50	0	22.49
13:50	0	22.78
14:50	0	23.14

Tabla 21: Tabla de resultados de °T entre vivienda a pellet y leña

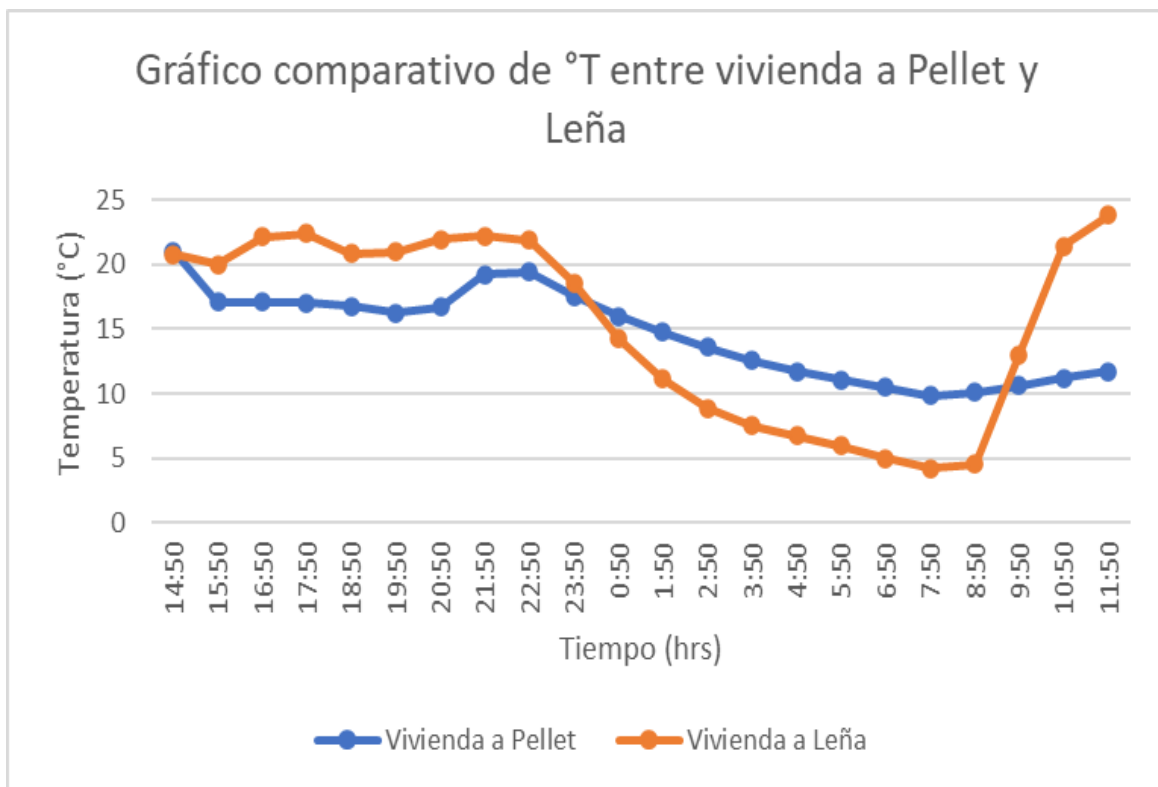


Gráfico 17: Gráfico comparativo de °T entre vivienda a pellet y leña

El grafico anterior muestra las temperaturas que tienen las viviendas con su respectiva calefacción.

La vivienda con calefacción a leña tiene su estufa encendida desde las 9:00 hasta las 23:00 o 00:00 hrs de la noche, en cambio la vivienda con estufa a pellet solo es encendida entre las 20:00 y las 23:00 o 00:00 hrs.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, y observando el grafico, cuando ambas estufas están encendidas, la vivienda a leña no baja de los 22°C, en cambio la vivienda a pellet no sube de los 19,5°C, superando así en casi 3°C la calefacción a leña de la calefacción a pellet.

Cuando las estufas se encuentran apagadas las temperaturas de la vivienda a leña bajan considerablemente, quedando casi la misma temperatura exterior, en cambio en la vivienda a pellet podemos notar que las temperaturas no bajan de los 11 o 12 °C.

Esto indica claramente que hay mayor filtración de energía en la vivienda a leña, y el factor principal es la materialidad que compone la envolvente de la misma. Pero se debe agregar que a pesar de eso, la vivienda a leña logra estar dentro de los estándares de temperatura, alcanzando la temperatura confort adecuada, cuando la estufa esta encendida.

HUMEDAD RELATIVA

El segundo punto de evaluación corresponde a la humedad relativa que presentan las viviendas al momento de utilizar sus respectivas combustiones, en condición de encendida y apagada. Los resultados se expresan en porcentaje en un rango de 24 hrs, los cuales se muestran a continuación:

Tabla de resultados:

HUMEDAD RELATIVA		
Hora	Vivienda a Pellet	Vivienda a Leña
14:50	56.05	55.444
15:50	59.18	50
16:50	60.45	47.09
17:50	63.23	42.35
18:50	62.65	42.89
19:50	63.70	45.36
20:50	65.41	45.92
21:50	62.18	42.35
22:50	58.89	41.13
23:50	58.69	41.91
0:50	60.01	44.55
1:50	61.79	47.14
2:50	62.28	51.31
3:50	63.06	53.07
4:50	64.28	54.22
5:50	65.31	52.68
6:50	66.02	54.85
7:50	66.80	56.27
8:50	67.43	59.79
9:50	67.90	70.04
10:50	68.90	50.9
11:50	70.92	40.84
12:50	0.00	42.43
13:50	0.00	50.26
14:50	0.00	45.14

Tabla 22: Tabla de resultados de HR entre vivienda a pellet y leña

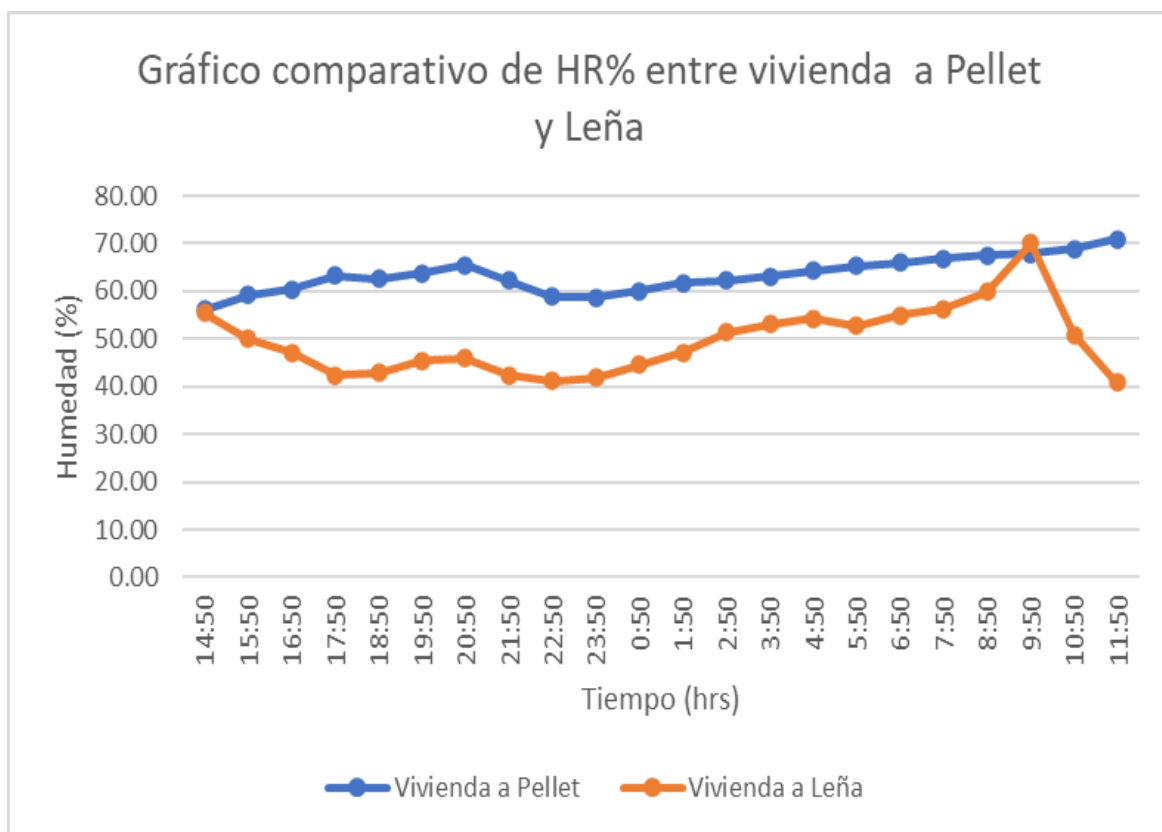


Gráfico 18: Gráfico comparativo de HR entre vivienda a pellet y leña

El grafico anterior demuestra como la estufa a pellet supera el porcentaje de humedad de la estufa a leña.

Sin embargo, hay ciertos factores que influyen en esta relación:

El nivel de humedad de la vivienda con calefacción a leña es menor pues la estufa se encuentra la mayor parte del día encendida y solo es apagada durante la madrugada, causando así que el calor evapore la humedad que pueda haber dentro del hogar.

En cambio, la vivienda a pellet solo se enciende 4 hrs al día (tarde-noche), causando así que haya menor calor durante el día, y la humedad que hay dentro del hogar se mantenga.

CO2

El punto 3 de comparación corresponde a la emisión de CO2 que se genera al momento de utilizar la calefacción a Pellet y a Leña, cuando la estufa se encuentra encendida y apagada.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla de resultados:

CO2		
Hora	Vivienda a Pellet	Vivienda a Leña
14:50	541	1423
15:50	450	1165
16:50	432	962
17:50	453	753
18:50	465	762
19:50	418	977
20:50	551	1105
21:50	488	1170
22:50	486	930
23:50	448	888
0:50	391	837
1:50	543	866
2:50	525	865
3:50	519	851
4:50	542	855
5:50	589	882
6:50	595	909
7:50	617	897
8:50	705	888
9:50	723	1083
10:50	831	1176
11:50	602	797
12:50	0	1053
13:50	0	1245
14:50	0	974

Tabla 23: Tabla de resultados de CO2 entre vivienda a pellet y leña

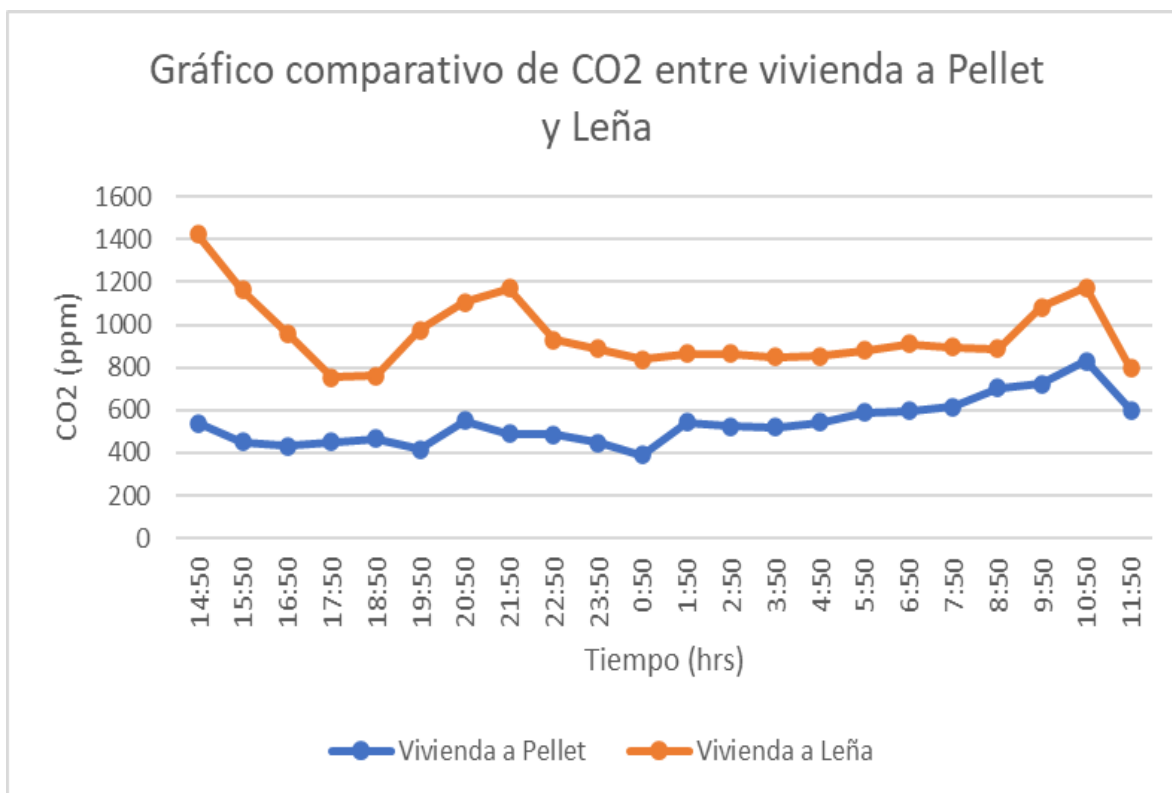


Gráfico 19: Gráfico comparativo de CO2 entre vivienda a pellet y leña

Según las mediciones realizadas, el grafico anterior demuestra que la vivienda a leña supera las emisiones de CO2 con respecto a la vivienda a pellet, alcanzado incluso en algunos instantes las 1200 ppm. Sin embargo, la emisión de CO2 de la estufa a pellet no deja de ser medianamente alta, ya que no baja de las 400 o 500 ppm. incluso cuando ésta se encuentra apagada. Según norma el límite son 1000 ppm, y con respecto a esto sin duda alguna la estufa a leña supera considerablemente a la estufa a pellet.

MATERIAL PARTICULADO 2,5

En este punto se realiza la comparación de emisiones de material particulado 2,5 que genera la calefacción a pellet y a leña dentro de cada vivienda. Al igual que en los puntos anteriores las evaluaciones se realizaron cuando las estufas se encontraban en condiciones de encendida y apagada.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla de resultados:

MATERIAL PARTICULADO 2,5		
Hora	Vivienda a Pellet	Vivienda a Leña
14:50	10	70
15:50	10	75
16:50	17	74
17:50	13	80
18:50	12	65
19:50	13	70
20:50	35	65
21:50	40	80
22:50	36	90
23:50	30	85
0:50	29	90
1:50	25	50
2:50	18	10
3:50	7	6
4:50	1	0
5:50	0	2
6:50	0	1
7:50	0	3
8:50	2	30
9:50	23	90
10:50	39	100
11:50	40	86
12:50	0	89
13:50	0	90
14:50	0	100

Tabla 24: Tabla de resultados de MP 2,5 entre vivienda a pellet y leña

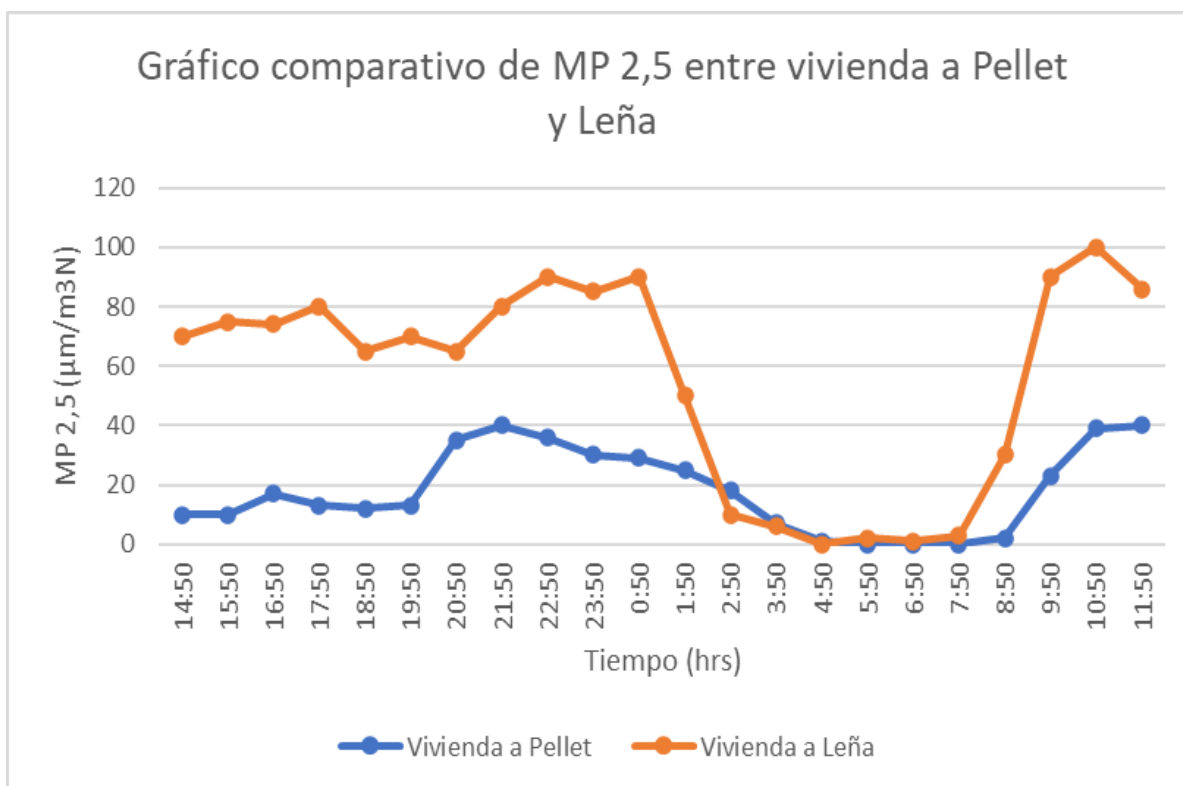


Gráfico 20: Gráfico comparativo de MP 2,5 entre vivienda a pellet y leña

Con respecto a la emisión de MP 2,5, cuando las estufas se encuentran encendidas la vivienda a leña supera casi en 40 $\mu\text{m}/\text{m}^3\text{N}$ a la vivienda a pellet, caso contrario, cuando éstas se encuentran apagadas logran estar casi en la misma emisión de MP 2,5.

De acuerdo con la información de materialidad descrita en el capítulo I, se deja en claro que la filtración de partículas es posible, causando así que la vivienda a pellet permita menor filtración de partículas proveniente desde el exterior, factor que influye en que la vivienda a leña tenga un índice más alto de MP 2,5 ya que no cuenta con aislación.

MATERIAL PARTICULADO 10

Finalmente se realiza la última comparación de factores ambientales y contaminantes correspondiente al material particulado 10. Este punto presenta las mismas condiciones de evaluación que los puntos anteriores, los resultados se muestran a continuación:

Tabla de resultados:

MATERIAL PARTICULADO 10		
Hora	Vivienda a Pellet	Vivienda a Leña
14:50	2	7
15:50	0	8
16:50	2	8
17:50	0	7
18:50	0	8
19:50	1	8
20:50	7	6
21:50	8	8
22:50	6	8
23:50	6	7
0:50	4	5
1:50	4	2
2:50	2	0
3:50	0	0
4:50	0	0
5:50	0	0
6:50	0	0
7:50	0	1
8:50	0	1
9:50	1	7
10:50	5	7
11:50	5	8
12:50	0	8
13:50	0	7
14:50	0	10

Tabla 25: Tabla de resultados de MP10 entre vivienda a pellet y leña

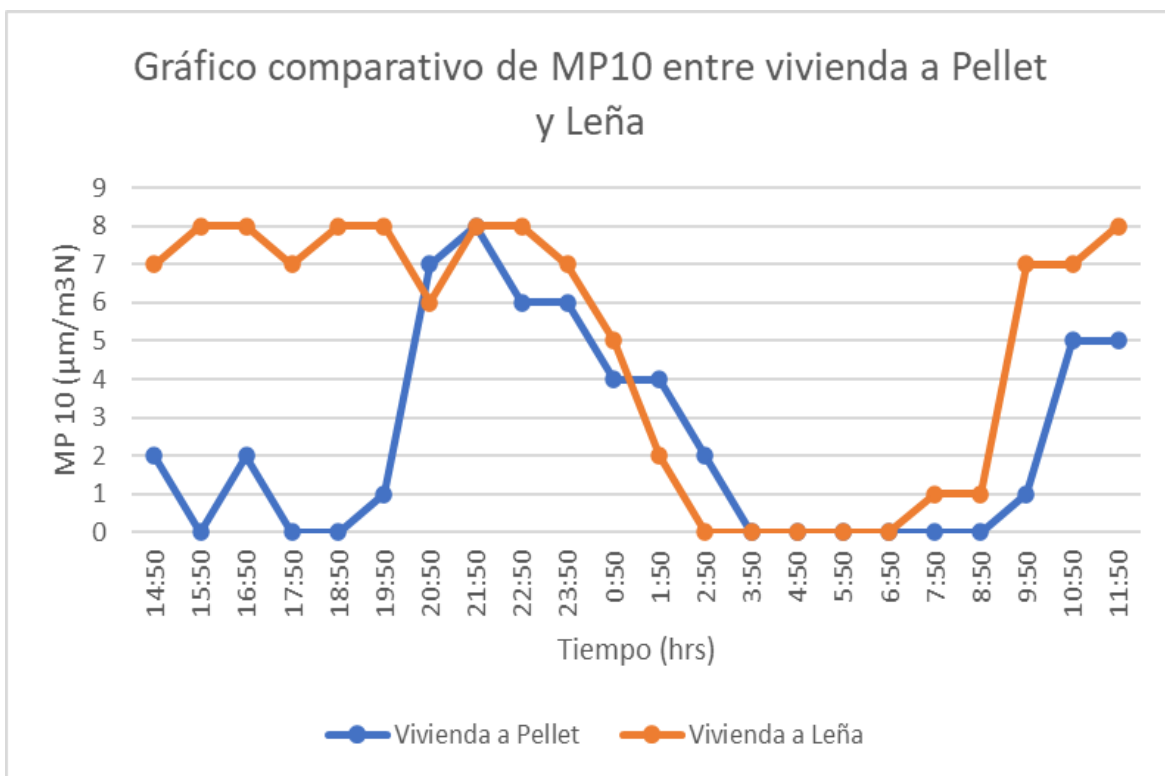


Gráfico 21: Gráfico comparativo de MP10 entre vivienda a pellet y leña

Los índices de emisión de MP10 son relativamente bajos en ambas viviendas, ambas cumplen con la normativa.

Cuando ambas estufas están encendidas emiten en un 90% la misma cantidad de MP10 y cuando están apagadas estos valores bajan igualándose a 0.

Por lo tanto, podemos decir que en este punto ambas viviendas se encuentran en igual condición, pues la emisión de MP10 es más difícil de emitir que la de MP 2,5.

COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON

El coeficiente de correlación lineal o coeficiente de Pearson, r , es una medida de la variable (X, Y) que determina el grado de dependencia lineal entre las variables X e Y.

Y se define a través de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (-1 \leq r \leq 1) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{xy} = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{N} - \bar{x} \cdot \bar{y} \quad \text{covarianza} \\ \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N} - \bar{x}^2} \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{N} - \bar{y}^2} \\ \text{Desviaciones típicas de } x_i \quad \text{desviaciones típicas de } y_i \end{array} \right.$$

-Donde σ_{xy} es la covarianza o varianza conjunta de las variables X e Y.

- σ_x y σ_y son las desviaciones típicas de las variables marginales X e Y.

Escala de valores del coeficiente de correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal de Pearson, r , indica la aproximación de los valores de la variable hacia una línea recta. Siempre toma valores comprendidos entre -1 y 1.

Si $-1 < r < 0$ existe correlación lineal negativa o inversa y será más fuerte cuanto más se aproxime r a -1.

Si $0 < r < 1$ existe correlación lineal positiva o directa y será más fuerte cuanto más se aproxime r a 1.

Si $r = 1$ ó $r = -1$, la correlación es una dependencia lineal directa (+1) o inversa (-1).

Si $r = 0$ independencia, no existe correlación lineal, aunque pueden estar relacionadas por una correlación curvilínea.

RELACION DE VARIABLES SEGÚN COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON DE LAS VIVIENDAS

El siguiente proceso contempla la relación interna y externa de variables que influyen dentro de cada calefacción (Pellet y Leña), tales como: Temperatura, Humedad relativa, CO₂, Material Particulado 2,5 y 10.

El cálculo de este coeficiente de correlación permitirá ver a través de valores la relación que existe entre ellas, es decir, nos permitirá evaluar si las variables dependen linealmente una de la otra de forma directa o indirecta.

CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A PELLET

DATOS:

INTERIOR					
Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Co2
14:43	21.01	56.05	10	2	541
15:43	17.11	59.18	10	0	450
16:43	17.08	60.45	17	2	432
17:43	17.03	63.23	13	0	453
18:43	16.77	62.65	12	0	465
19:43	16.22	63.70	13	1	418
20:43	16.68	65.41	35	7	551
21:43	19.2	62.18	40	8	488
22:43	19.39	58.89	36	6	486
23:43	17.56	58.69	30	6	448
0:43	15.99	60.01	29	4	391
1:43	14.77	61.79	25	4	543
2:43	13.59	62.28	18	2	525
3:43	12.56	63.06	7	0	519
4:43	11.73	64.28	1	0	542
5:43	11.1	65.31	0	0	589
6:43	10.49	66.02	0	0	595
7:43	9.85	66.80	0	0	617
8:43	10.1	67.43	2	0	705
9:43	10.59	67.90	23	1	723
10:43	11.18	68.90	39	5	831
11:43	11.71	70.92	40	5	602
12:43	0	0.00	0	0	0
13:43	0	0.00	0	0	0
14:43	0	0.00	0	0	0

Tabla 26: Tabla de datos para cálculo de coeficiente de correlación de Pearson, vivienda a pellet

RESULTADOS:

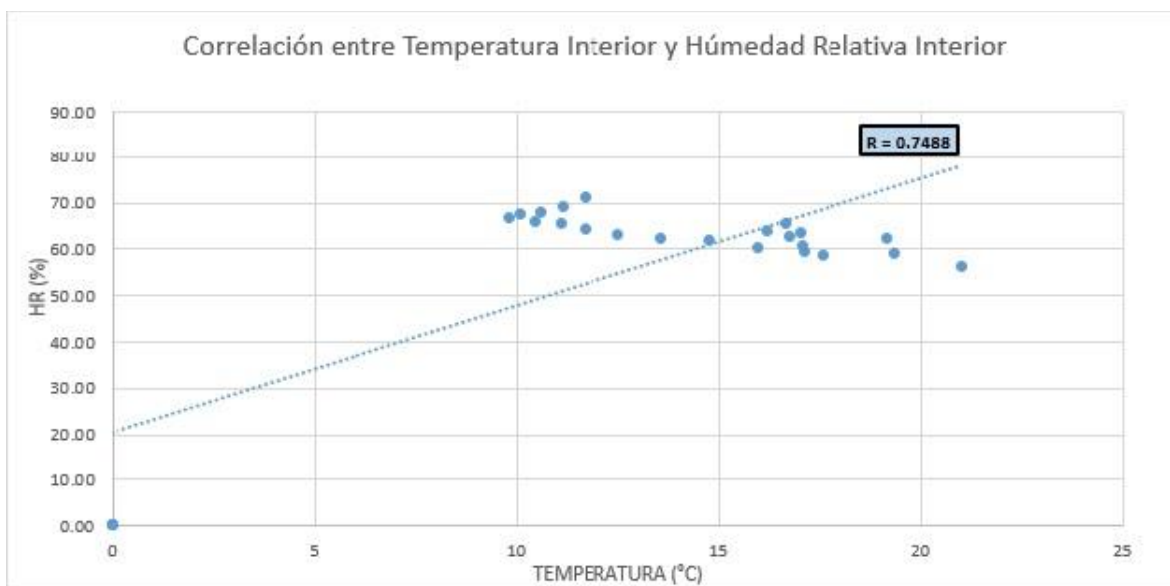


Gráfico 22: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y humedad relativa interior, vivienda a pellet

El gráfico anterior nos muestra la correlación entre °T y HR interna de la vivienda a pellet, el valor r calculado arroja ser igual a 0.7488, por lo tanto, es un valor relativamente cercano a 1, lo que nos dice que hay una relación lineal positiva medianamente fuerte, es decir, a medida que aumenta una de las variables la otra también lo hace. Lo que indica que la estufa a pellet genera calor pero este no se mantiene constante, por lo tanto, el porcentaje de humedad se mantiene casi igual que antes de encenderla.

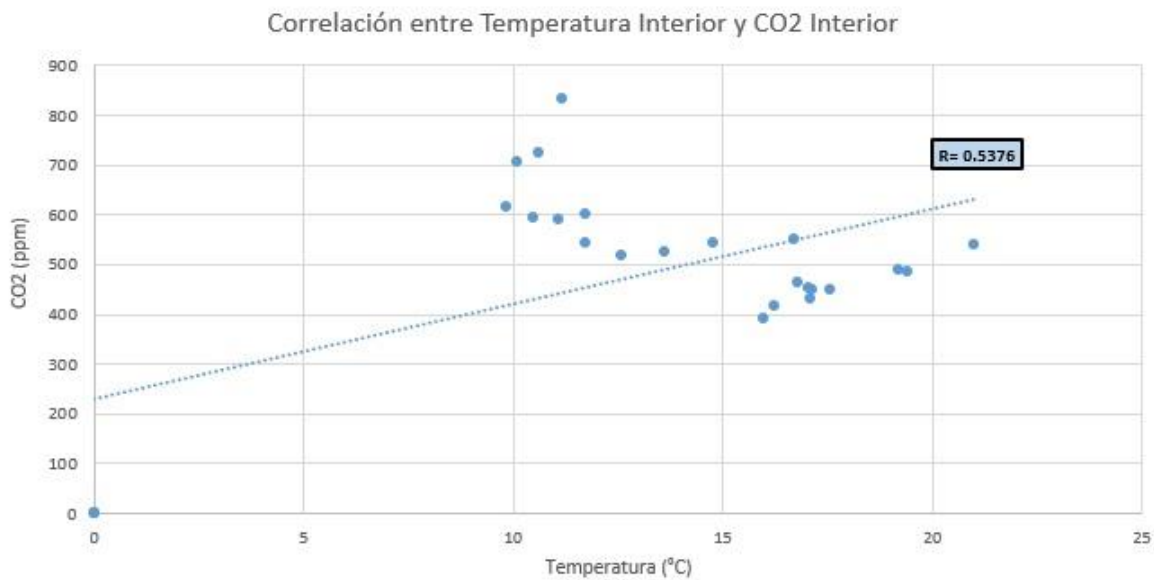


Gráfico 23: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y CO2 interior, vivienda a pellet

Este gráfico contempla la correlación entre °T y CO2 interno de la misma vivienda, el valor r arrojó ser igual a 0.5376, lo que quiere decir, que existe una relación lineal positiva. Esto nos indica que existe una contaminación por parte de la calefacción que hace que cuando la temperatura se eleva también lo haga la emisión de CO2.

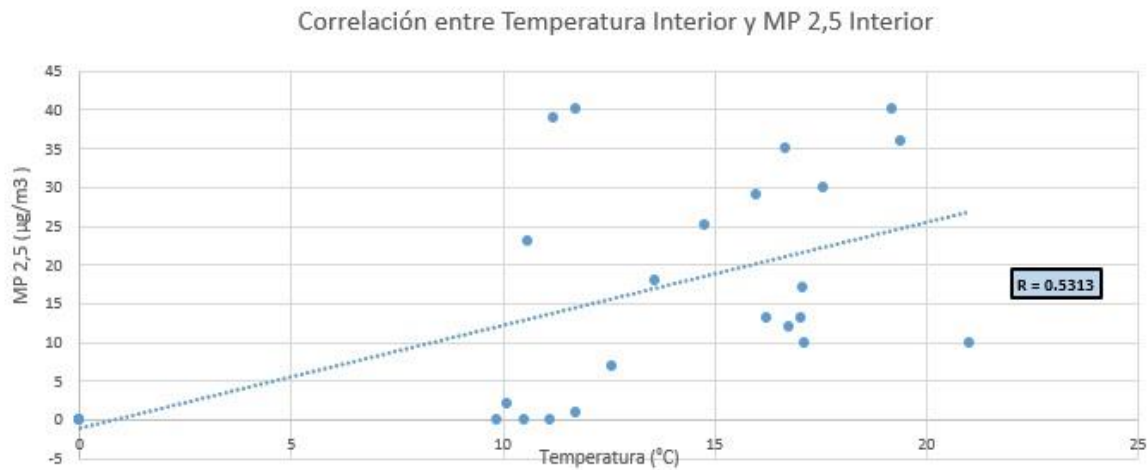


Gráfico 24: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y MP 2,5 interior, vivienda a pellet

Este gráfico contempla la correlación entre °T y MP 2,5 interno, aquí el valor r es similar al valor del grafico anterior, por lo tanto, existe una relación lineal positiva muy similar al grafico de CO2 y ocurre la misma situación, es decir, la combustión a pellet genera una contaminación dentro del ambiente, la cual se ve aumentada cuando la temperatura alcanza su temperatura confort.

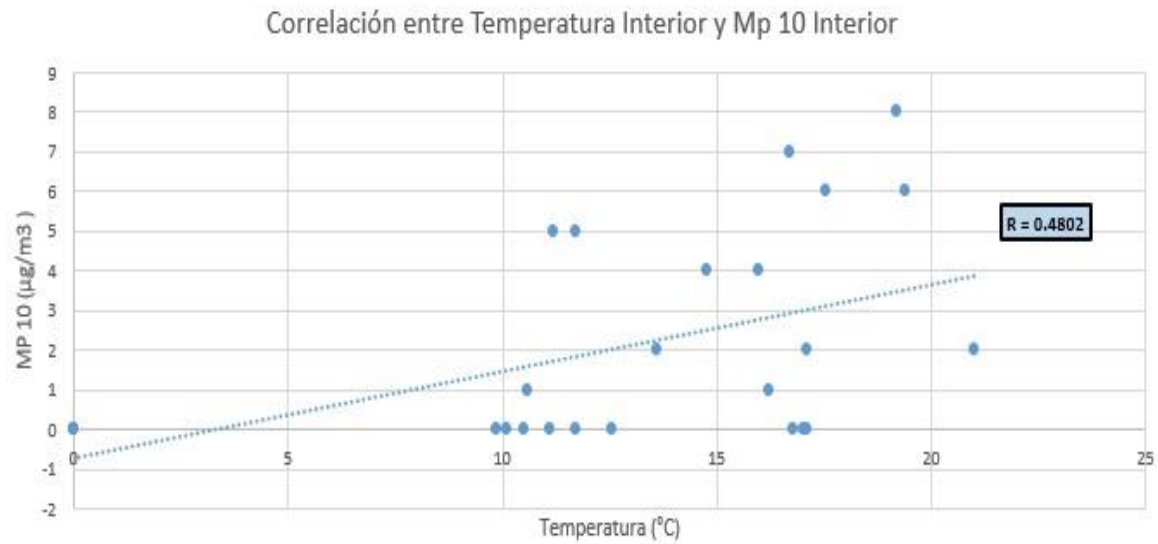


Gráfico 25: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y MP 10 interior, vivienda a pellet

El ultimo grafico analizado internamente de la vivienda a pellet corresponde a la correlación entre °T y MP 10, aquí tenemos el valor r mas bajo y es igual a 0.4802, aun así el valor es mayor a 0, y por lo tanto sigue existiendo una relación lineal positiva, lo que sigue provocando una contaminación al encender la estufa, es decir, al aumentar la temperatura habrá un aumento en la emisión de MP 10.

CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A PELLET CON EL EXTERIOR

DATOS:

INTERIOR						EXTERIOR			
Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Co2	T°C Exterior	HR % EXT	MP 2,5 EXT	MP 10 EXT
14:43	21.01	56.05	10	2	541	12	87.3	19	28
15:43	17.11	59.18	10	0	450	12	66.7	23	32
16:43	17.08	60.45	17	2	432	12	76.3	19	20
17:43	17.03	63.23	13	0	453	11	81.6	27	35
18:43	16.77	62.65	12	0	465	11	87.4	72	73
19:43	16.22	63.70	13	1	418	9	76.3	84	92
20:43	16.68	65.41	35	7	551	8.5	81.6	133	144
21:43	19.2	62.18	40	8	488	8	87.4	195	207
22:43	19.39	58.89	36	6	486	7.5	87.3	123	132
23:43	17.56	58.69	30	6	448	7	87.3	96	104
0:43	15.99	60.01	29	4	391	5	93.4	142	157
1:43	14.77	61.79	25	4	543	4	87.1	160	168
2:43	13.59	62.28	18	2	525	3	87.1	99	110
3:43	12.56	63.06	7	0	519	3	87.1	82	90
4:43	11.73	64.28	1	0	542	4	93.2	71	72
5:43	11.1	65.31	0	0	589	5	100	53	63
6:43	10.49	66.02	0	0	595	6	93.1	18	27
7:43	9.85	66.80	0	0	617	7	93.1	40	50
8:43	10.1	67.43	2	0	705	7	93.1	21	33
9:43	10.59	67.90	23	1	723	9	100	17	36
10:43	11.18	68.90	39	5	831	10	93.2	24	36
11:43	11.71	70.92	40	5	602	11	100	18	19
12:43	0	0.00	0	0	0	0	100	9	21
13:43	0	0.00	0	0	0	0	93.3	22	24
14:43	0	0.00	0	0	0	0	93.3	17	24

Tabla 27: Tabla de datos para cálculo de coeficiente de correlación de Pearson entre variables internas y externas, vivienda a pellet

RESULTADOS:

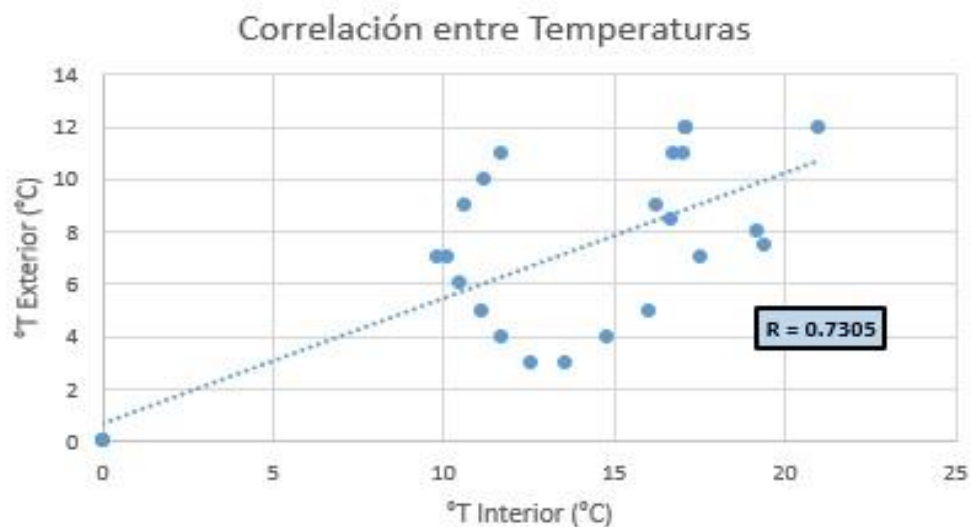


Gráfico 26: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura interior y exterior, vivienda a pellet

El grafico anterior muestra la correlación entre temperatura interior y exterior, podemos notar que el valor r es relativamente cercano a 1, por lo tanto, existe una relación lineal positiva fuerte.

Lo anterior demuestra que ambas variables se correlacionan entre sí, y que al aumentar o disminuir una la otra también lo hará. Por lo tanto, lo que pasa en el exterior afectara la situación interna de la vivienda, provocando filtración de energía desde el interior al exterior y viceversa, aunque exista un pequeño espesor de aislación.

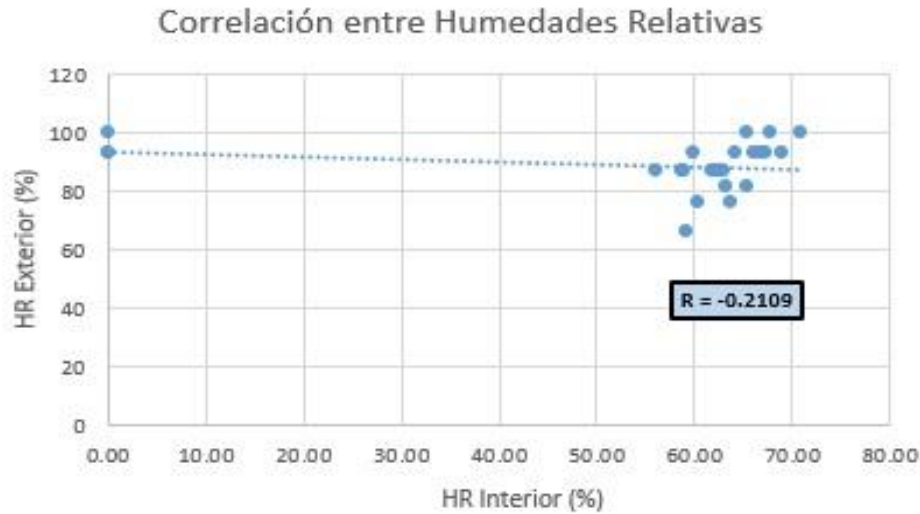


Gráfico 27: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Humedad Relativa interior y exterior, vivienda a pellet

Este grafico muestra la correlación entre humedades relativas, aquí se presenta la primera situación en donde el valor r da un valor negativo igual a -0.2109 , por lo tanto, estamos frente a una relación lineal negativa.

Lo anterior muestra que el valor calculado es relativamente cercano a 0, lo que indica que las variables son relativamente independientes entre sí.

Sin embargo, a pesar de tener un valor cercano a 0 existe una pequeña fracción de la correlación que indica que estas variables son inversamente proporcionales, es decir, aunque sea mínimo, influye en el aumento o disminución de estas.

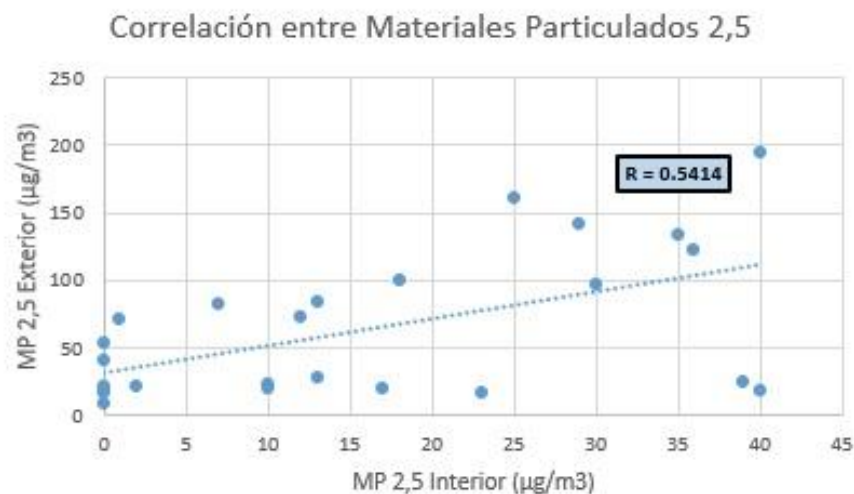


Gráfico 28: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Material Particulado 2,5 interior y exterior, vivienda a pellet

El valor calculado aquí arrojo que el r es igual a 0.5414, por lo tanto, estamos frente a una correlación lineal positiva, e indica que las variables externas influyen en la situación que pueda tener la vivienda internamente. Es decir, a pesar de existir una pequeña aislación, existe filtración de material particulado que proviene desde el exterior.

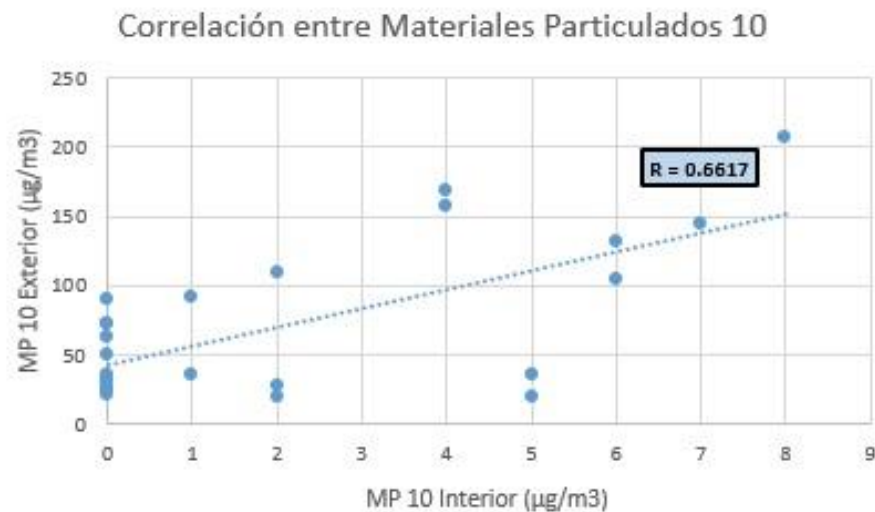


Gráfico 29: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Material Particulado 10 interior y exterior, vivienda a pellet

El ultimo grafico analizado muestra la correlación entre MP 10 interno de la vivienda con el MP 10 exterior, y el valor calculado es igual a 0.6617, lo que indica que existe una correlación lineal positiva. El valor es medianamente cercano a 1, por lo tanto, aquí al aumentar una variable la otra lo hace también, dejando en claro que existe filtración de material particulado al igual que en el caso anterior.

CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A LEÑA

DATOS:

INTERIOR					
Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Co2
14:50	20.75	55.444	70	7	1423
15:50	20.03	50	75	8	1165
16:50	22.13	47.09	74	8	962
17:50	22.42	42.35	80	7	753
18:50	20.82	42.89	65	8	762
19:50	20.98	45.36	70	8	977
20:50	21.96	45.92	65	6	1105
21:50	22.18	42.35	80	8	1170
22:50	21.89	41.13	90	8	930
23:50	18.6	41.91	85	7	888
0:50	14.22	44.55	90	5	837
1:50	11.13	47.14	50	2	866
2:50	8.87	51.31	10	0	865
3:50	7.54	53.07	6	0	851
4:50	6.74	54.22	0	0	855
5:50	5.97	52.68	2	0	882
6:50	5.02	54.85	1	0	909
7:50	4.22	56.27	3	1	897
8:50	4.53	59.79	30	1	888
9:50	13.04	70.04	90	7	1083
10:50	21.44	50.9	100	7	1176
11:50	23.79	40.84	86	8	797
12:50	22.49	42.43	89	8	1053
13:50	22.78	50.26	90	7	1245
14:50	23.14	45.14	100	10	974

Tabla 28: Tabla de datos para cálculo de coeficiente de correlación de Pearson, vivienda a leña

RESULTADOS:

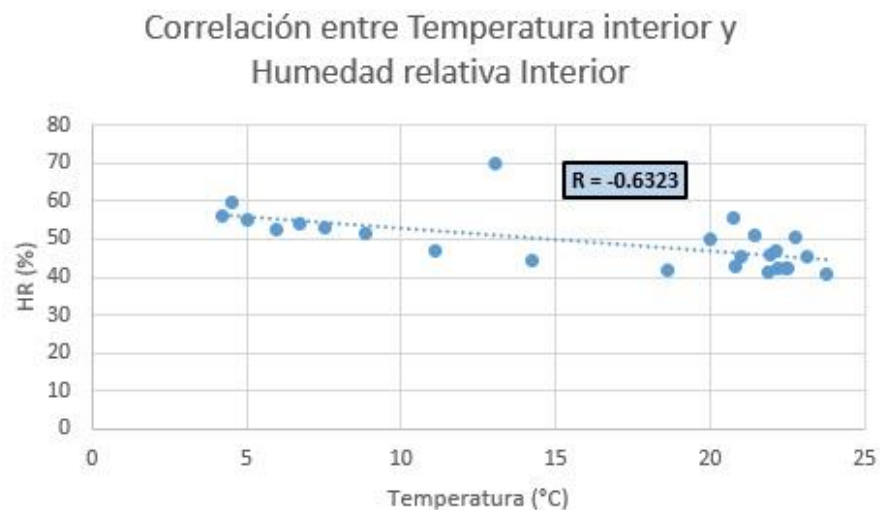


Gráfico 30: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y humedad relativa interior, vivienda a leña

El grafico anterior muestra la correlación entre °T y HR interior de la vivienda a leña, el valor r arroja ser igual a -0.6323 , esto indica que en esta vivienda existe una relación lineal negativa medianamente cercana a -1 . Por lo tanto, aquí las variables logran ser inversamente proporcionales, es decir, si la temperatura disminuye, la humedad aumenta y viceversa a causa de la combustión a leña.

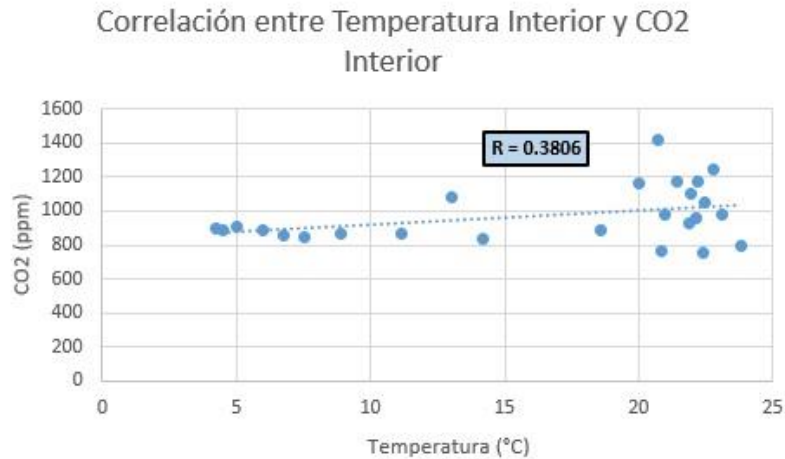


Gráfico 31: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y CO2 interior, vivienda a leña

En este grafico podemos notar que el valor r se encuentra mas cercano a 0 que a 1, aun así existe una correlación lineal positiva medianamente baja, esto indica que al utilizar la estufa a leña la emisión de CO2 se mantenga constante durante su funcionamiento a pesar del aumento o disminución de la temperatura.

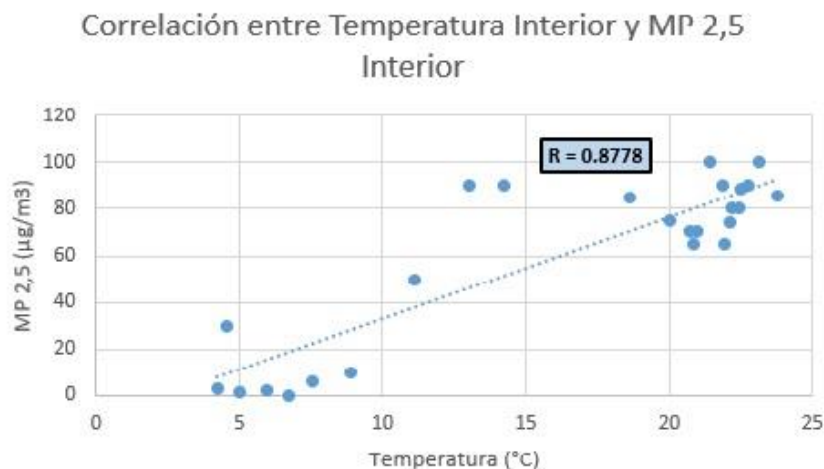


Gráfico 32: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y MP 2,5 interior, vivienda a leña

El grafico anterior muestra la correlación entre °T y MP 2,5 interno de la vivienda, aquí el valor r fue de 0.8778, por lo tanto, nos encontramos frente a una relación lineal positiva. El valor calculado es bastante cercano a 1 lo que indica que la correlación es bastante fuerte y que al aumentar la temperatura, aumenta el material particulado MP 2,5 y viceversa. Por lo tanto existe una alta contaminación al momento de mantener la estufa a leña encendida.

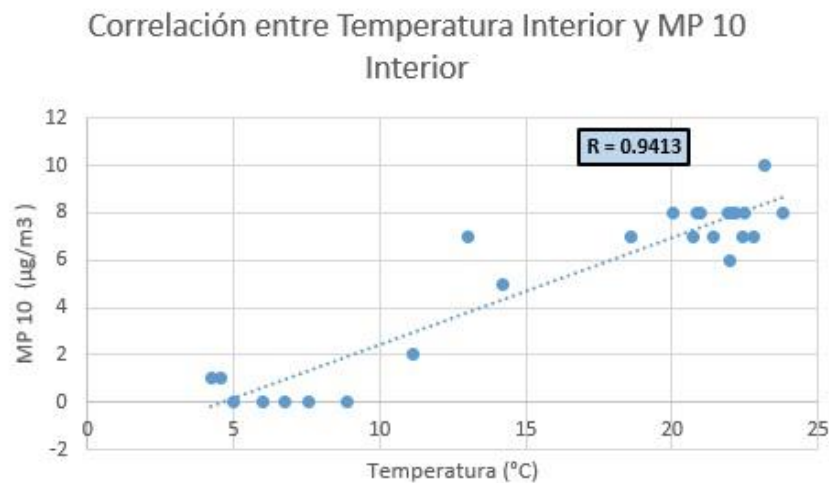


Gráfico 33: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura y MP 10 Interior, vivienda a leña

El grafico anterior muestra la correlación entre °T y MP 10 interno de la vivienda, aquí el valor r fue de 0.9413, por lo tanto, nos encontramos frente a una relación lineal positiva fuerte. Lo que indica que al aumentar la temperatura, aumenta el material particulado MP 10 y viceversa. Causando una alta contaminación a medida que aumenta la temperatura debido a la estufa a leña.

CORRELACION DE VARIABLES INTERNAS DE LA VIVIENDA A LEÑA CON EL EXTERIOR

DATOS:

INTERIOR						EXTERIOR				
Hora	T°C Interior	HR %	Mp 2,5	Mp 10	Co2	Hora	T°C Exterior	HR %	Mp 2,5	Mp 10
14:50	20.75	55.444	70	7	1423	14:50	12	93.3	16	18
15:50	20.03	50	75	8	1165	15:50	12	87.1	10	13
16:50	22.13	47.09	74	8	962	16:50	11	81.3	41	36
17:50	22.42	42.35	80	7	753	17:50	10	76	75	73
18:50	20.82	42.89	65	8	762	18:50	10	76	50	48
19:50	20.98	45.36	70	8	977	19:50	9.5	76	80	74
20:50	21.96	45.92	65	6	1105	20:50	9.3	66	127	114
21:50	22.18	42.35	80	8	1170	21:50	8	66	77	78
22:50	21.89	41.13	90	8	930	22:50	7.5	70.6	49	45
23:50	18.6	41.91	85	7	888	23:50	7	81	48	50
0:50	14.22	44.55	90	5	837	0:50	5	93.2	63	61
1:50	11.13	47.14	50	2	866	1:50	3	93.2	34	33
2:50	8.87	51.31	10	0	865	2:50	3	93.2	21	21
3:50	7.54	53.07	6	0	851	3:50	3	93.2	11	8
4:50	6.74	54.22	0	0	855	4:50	4	100	11	9
5:50	5.97	52.68	2	0	882	5:50	5	93.1	26	24
6:50	5.02	54.85	1	0	909	6:50	5	100	23	22
7:50	4.22	56.27	3	1	897	7:50	3	100	26	32
8:50	4.53	59.79	30	1	888	8:50	3	100	40	53
9:50	13.04	70.04	90	7	1083	9:50	9	100	13	26
10:50	21.44	50.9	100	7	1176	10:50	10	100	10	11
11:50	23.79	40.84	86	8	797	11:50	11	93	10	9
12:50	22.49	42.43	89	8	1053	12:50	11	100	11	18
13:50	22.78	50.26	90	7	1245	13:50	12	93.2	19	25
14:50	23.14	45.14	100	10	974	14:50	12	87	35	31

Tabla 29: Tabla de datos para cálculo de coeficiente de correlación de Pearson entre variables internas y externas, vivienda a leña

RESULTADOS:

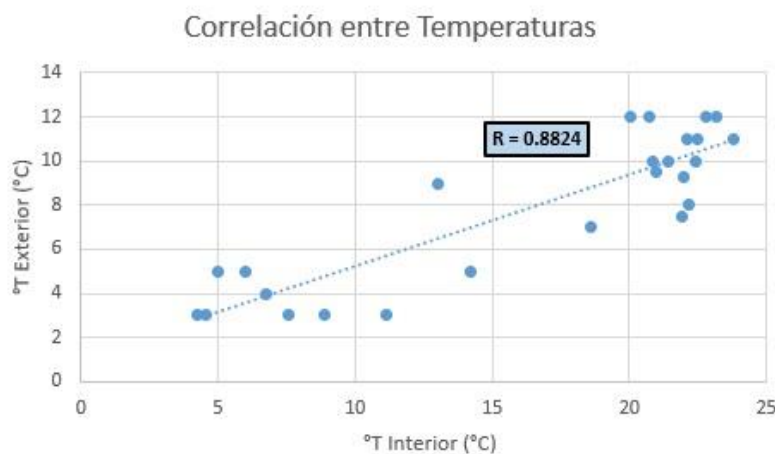


Gráfico 34: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Temperatura interior y exterior, vivienda a leña

El grafico anterior muestra el valor r que se genera de las temperaturas, podemos notar que es igual a 0.8824, por lo tanto nos encontramos frente a una correlación lineal positiva. El resultado es bastante cercano a 1, lo que indica que la dependencia de ambas variables es alta, es decir, la temperatura exterior influye en la temperatura interior, provocando una alta filtración de energía desde el interior al exterior y viceversa, debido a la falta de aislación en su envolvente.

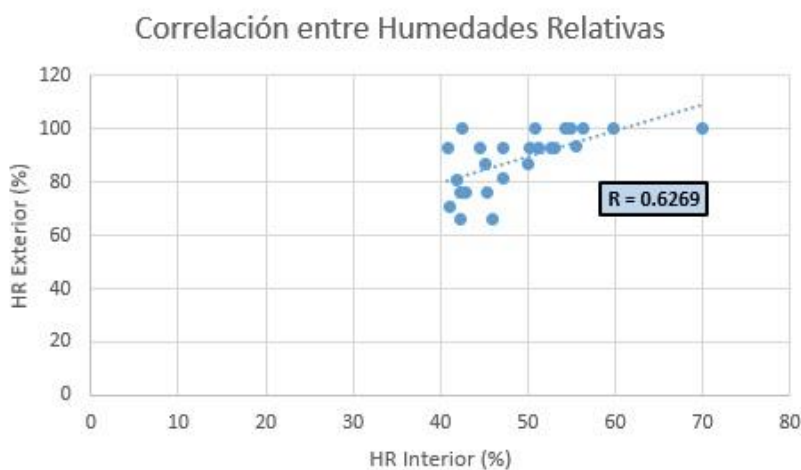


Gráfico 35: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre Humedad relativa interior y exterior, vivienda a leña

El valor r en el grafico anterior arrojo ser igual a 0.6269, esto indica que la correlación que existe es lineal positiva, por lo tanto, seguimos presentando filtración en la envolvente, en este caso de humedad por falta de aislación o algún tipo de barrera que impida el paso.

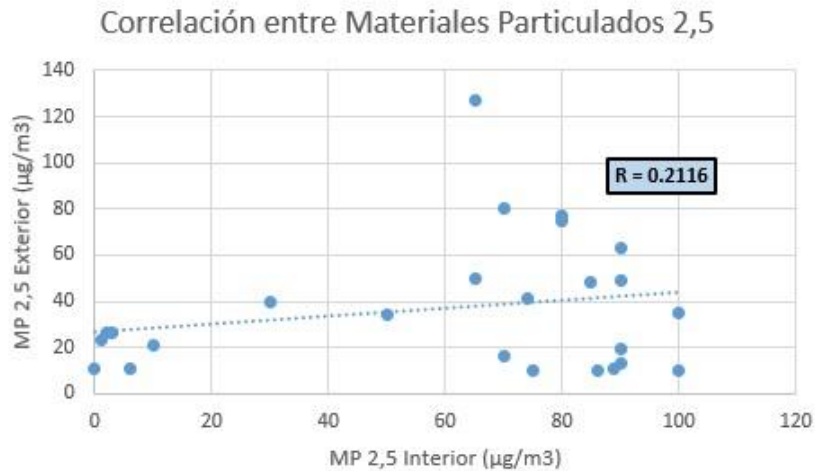


Gráfico 36: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre MP 2,5 interior y exterior, vivienda a leña

Aquí el valor r es igual a 0.2116, si bien el valor es mayor a 0 (lo que indica que existe una correlación lineal positiva), es un resultado bastante bajo, esto nos indica que la cantidad de material particulado contaminante interior se mantiene constante sin tanta influencia del material particulado externo.

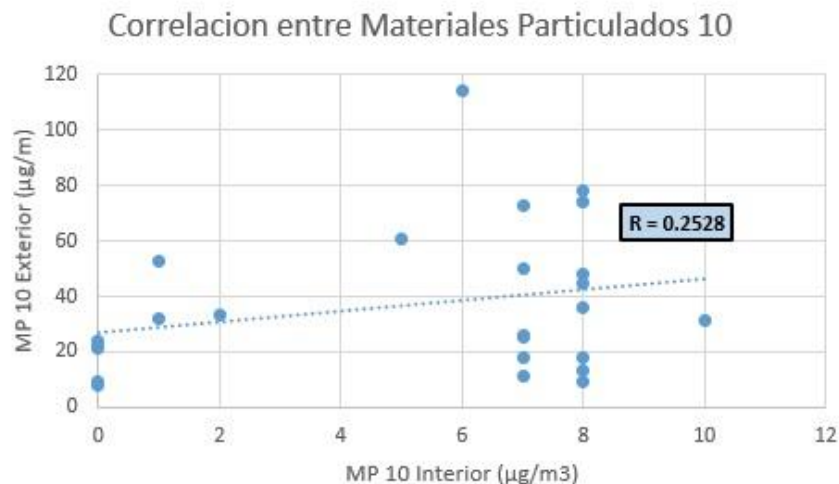


Gráfico 37: Gráfico de resultados de coeficiente de correlación de Pearson entre MP 10 interior y exterior, vivienda a leña

Aquí se presenta la misma situación del grafico anterior, el valor r calculado es igual a 0.2528, a pesar de seguir presentándose una correlación lineal positiva, es más bien cercana a 0, por lo tanto, la cantidad de material particulado interior sigue contaminando a causa de la estufa a leña a pesar del material particulado exterior que se pueda filtrar a través de la envolvente.

CAPITULO III

Definir si el Pellet es una verdadera solución de calefacción en una vivienda de la Isla de Chiloé en ámbitos sociales, constructivos y ambientales



El siguiente capítulo tiene como objetivo final definir qué tanta solución logra ser la calefacción a pellet dentro de una vivienda en la provincia de Chiloé, siendo más específico, en la localidad de Vilupulli de la misma provincia, evaluando todas las aristas que influyen en la elección del tipo de calefacción, es decir, sociales, constructivas y ambientales.

Cada diagnóstico realizado en los capítulos anteriores influye en la futura elección, ya que cada calefacción va de la mano con ciertas características, es decir, el propietario no solo debe ver la contaminación que puede generarse, debe evaluar además, el presupuesto, adquisición, materialidad de la vivienda, etc.

Es por eso que en este capítulo a través de los diagnósticos realizados, se definirá si la calefacción a pellet de la vivienda evaluada cumple con los requisitos sociales: evaluar el ámbito económico y la adquisición del pellet; constructivos: definir si debe haber un cambio en su materialidad o si la actual cumple con los objetivos y ambientales: que toda la contaminación que pueda generar logre ser la mínima para que los propietarios gocen de una buena calidad de vida dentro de su zona de confort.



ENTORNO SOCIAL

Según los datos recopilados en la encuesta realizada a los propietarios (Capítulo 1), la adquisición de este tipo de calefacción (Pellet) en épocas de primavera y verano es bastante fácil, pues la demanda es baja, caso contrario en épocas de otoño e invierno, si bien existen empresas que venden este recurso, en dichas épocas la demanda es bastante alta a nivel nacional, provocando que en la Isla su adquisición sea un poco más complicada y haya escases del recurso (como lo ocurrido en el año 2022).



Con respecto a la leña, si bien es un recurso que con el tiempo ha ido aumentando la legalidad de su venta y el alza de sus precios, sigue siendo un recurso de acceso más fácil para los isleños, pues existen varios vendedores certificados por CONAF y además gran porcentaje de los habitantes consiguen la leña de forma personal debido a los terrenos que estos tienen como propiedad.

Según datos recopilados en la encuesta, en el ámbito económico es necesario tener en cuenta la siguiente información:

Ambito Economico					
Calefaccion	Saco de Pellet 15Kg	Saco de Pellet 18 Kg	Leña de Brosa	Leña de Brosa + Luma	Leña de Luma
Gasto Mensual	\$ 145,714	\$ 63,000	\$ 200,000	\$ 192,500	\$ 180,000

Tabla 30: Resumen gasto mensual de tipo de calefacción

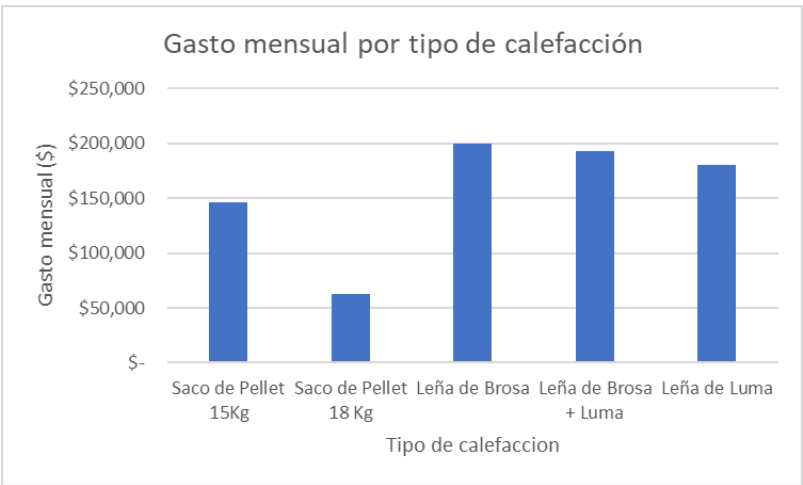


Gráfico 38: Resultados de resumen de gasto mensual de tipo de calefacción

Para realizar la comparación anterior se realizó una proyección mensual de gastos en donde ambos recursos se ocupan durante todo el día. Se debe mencionar que la estufa a pellet como máximo se ocupa 8 hrs diarias en la vivienda de Vilupulli, en cambio la estufa a leña logra ocuparse casi 15 hrs diarias (dentro de esto se contempla calefacción y cocina).

Los datos anteriores demuestran como el pellet, logra ser más económico con respecto a la leña, en términos de calefacción. Por lo tanto, podríamos definir que si de calefacción se tratara se podría escoger la estufa a pellet por sobre la leña, sin mencionar la inversión previa de la estufa.

ENTORNO AMBIENTAL

Las evaluaciones ambientales realizadas en los capítulos anteriores han arrojado en conclusión, los siguientes resultados con respecto a la situación interna y externa de las viviendas:

VARIABLES	NIVEL DE CONTAMIANCION	
	PELLET	LEÑA
TEMPERATURA	↓ °T	↑ °T
HUMEDAD RELATIVA	↑ %HR	↓ %HR
DIOXIDO DE CARBONO	↓ CO2	↑ CO2
MATERIAL PARTICULADO 2,5	↓ MP 2,5	↑ MP 2,5
MATERIAL PARTICULADO 10	↓ MP 10	↑ MP 10

Tabla 31: Resumen de niveles de contaminación pellet y leña

- En términos de temperatura interior la calefacción a pellet alcanza un máximo de °T de 19°C cuando esta se encuentra encendida, en cambio la leña según los estudios realizados logra alcanzar los 22-23 °C, lo que genera que la leña en esta condición sea mejor calefacción que el pellet. Ahora bien, se debe considerar la situación de cada vivienda, y según los resultados del coeficiente de correlación, en ambas viviendas influye de cierta forma la temperatura exterior. En la vivienda a pellet existe una filtración de energía debido al mínimo aislante que esta tiene, en cambio en la vivienda a leña la filtración es completa pues en ella no existe ningún tipo de aislación.
- Si hablamos de humedad relativa, en términos generales, existe más humedad dentro de la vivienda a pellet y a pesar de que exista temperatura constante la humedad en si se mantiene, por lo tanto, el calor que genera la estufa a pellet no logra condensar de manera significativa la humedad que pueda existir dentro de la vivienda y con respecto al exterior, esta variable influye de forma muy mínima.

-
- Si bien la leña alcanza en todo momento la temperatura confort establecida por la normativa, los índices de CO₂ son bastante altos ya que en ocasiones logra alcanzar las 1200 ppm, y según el coeficiente de correlación prácticamente el aumento de CO₂ se genera casi en un 80% por la estufa a leña y la influencia de exterior es nula. Si lo comparamos con el pellet, según los cálculos realizados, logra tener una emisión de CO₂ media, lo que genera que su emisión de dióxido de carbono sea más baja, por lo tanto, se podría decir que el pellet sería una buena opción de reemplazo, en términos de calefacción.
 - Finalmente, los índices de material particulado, sin duda alguna son mas altos en la vivienda a leña, ya que aquí lo que mas influye con respecto a la emisión de MP 2,5 y MP 10, es cuando la estufa esta encendida, pues la filtración de partículas que puedan venir desde el exterior es casi nula según el coeficiente de correlación de Pearson. Lo que genera casi la misma situación con respecto a la emisión de CO₂, por lo tanto, en términos ambientales el pellet podría ser una mejor opción de reemplazo, si de calefacción se tratará.

ENTORNO CONSTRUCTIVO

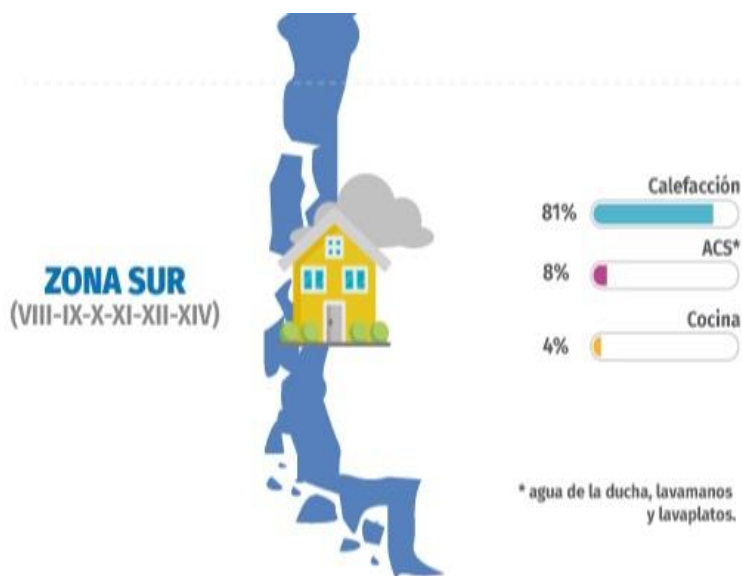
La vivienda con estufa a pellet actual según el diagnóstico realizado en el capítulo 1, contempla una envolvente bastante básica, pues si bien consta de revestimientos y membrana hidrofuga, su aislación es bastante mínima, ya que no alcanza los 2 cm de espesor. Lo anterior provoca que exista una filtración de energía y de contaminación, la cual quedó demostrada en el cálculo de transmitancia térmica y el coeficiente de correlación de Pearson.

Sin lugar a duda, la vivienda con estufa a leña se encuentra en la misma situación e incluso en ocasiones en peores condiciones. Con respecto a su transmitancia térmica es mayor que la vivienda a pellet, sin embargo su aumento no es tan elevado, por lo tanto, se logra concluir que aquí claramente afecta que no exista un tipo de aislación. Ahora si hablamos en términos de contaminación, quedó claramente demostrado a través del coeficiente de correlación que supera a la vivienda a pellet, por falta de una buena materialidad en la envolvente.

Lo anterior indica que la materialidad juega un rol importante en términos de energía y contaminación, ya que si las viviendas actuales contaran con una envolvente mas completa, ciertos rangos de las variables podrían disminuir.

Es más según estudios realizados por el Ministerio de Energía en conjunto con el MINVU se dice que a nivel país el mayor porcentaje de energía se concentra en la calefacción de los hogares abarcando casi un 57% en donde la zona sur es la que concentra mayor consumo de energía con respecto a su calefacción. Por lo tanto, tener en

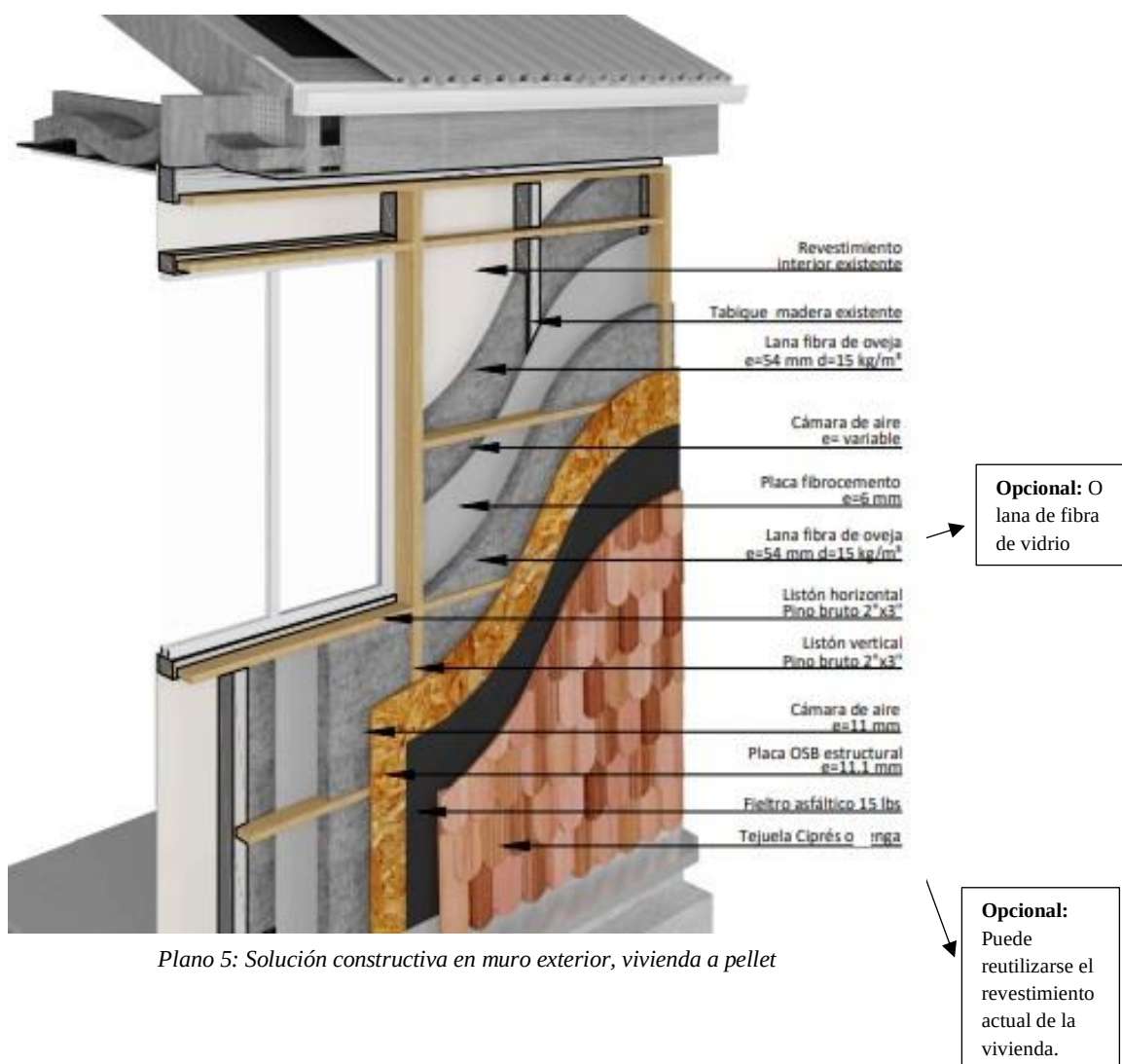
consideración la eficiencia energética dentro de una vivienda tiene efectos secundarios de mejora, es decir, utilizar bien la energía te permitirá ahorrar, mejorar la calidad de vida y contaminar menos.



PROPUESTA DE SOLUCION CONSTRUCTIVA A VIVIENDA PRINCIPAL DE EVALUACION (PELLET)

A quedado demostrado que utilizar el sistema EIFS en viviendas ha permitido lograr la eficiencia energética adecuada para ahorrar energía y contaminar menos. Ya que es un sistema de aislación de fachadas para muros y losas ventiladas que funciona a través de la superposición de 5 pieles: fijación, capa aislante, capa impermeabilizante –abierta a la difusión del vapor y resistente al impacto–, y capa exterior de terminación. Es por ello que la solución constructiva que se presenta contempla dicho sistema y se detalla a continuación:

MURO EXTERIOR



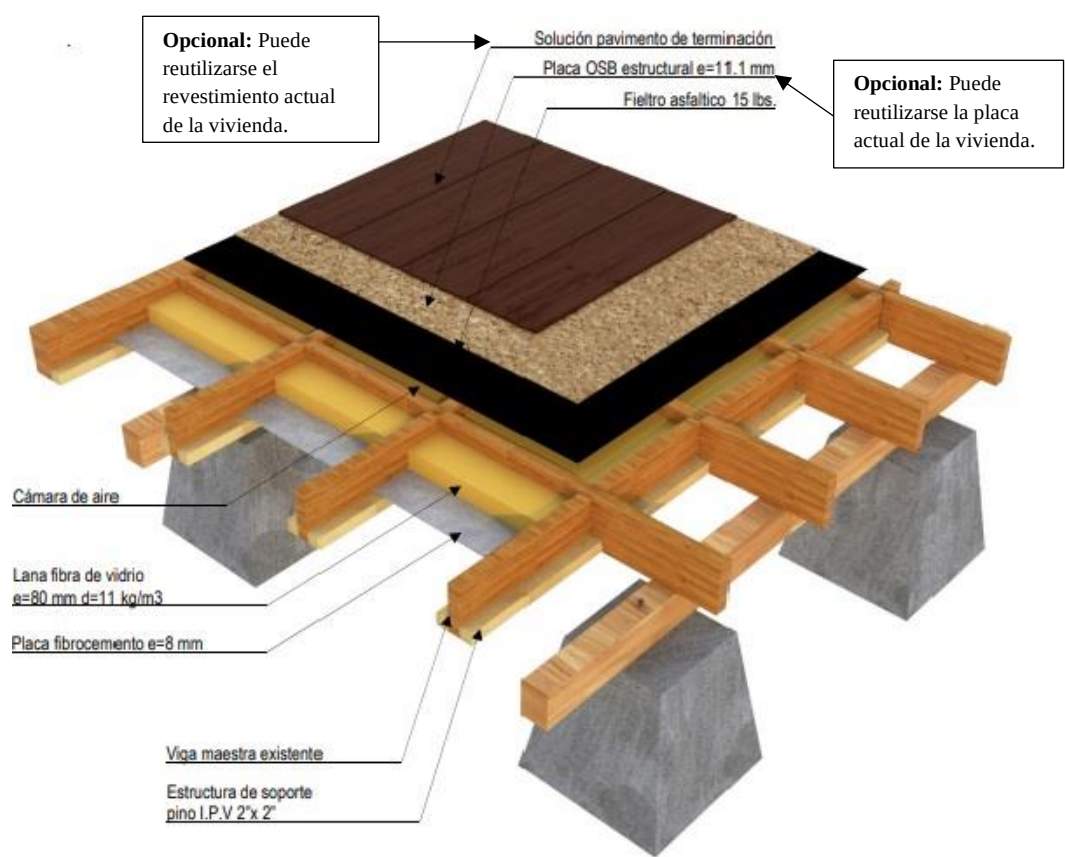
Plano 5: Solución constructiva en muro exterior, vivienda a pellet

MURO EXTERIOR									
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/ λ)	U material	U muro	CUMPLE	NO CUMPLE
Plancha terciado ranurado	0.12	0.05	0.009	0.223	0.375	2.664	0.35	X	
Madera	0.12	0.05	0.05	0.145	0.515	1.942			
Lana de fibra de vidrio	0.12	0.05	0.054	0.02	2.870	0.348			
Plancha de fibrocemento	0.12	0.05	0.016	0.0272	0.758	1.319			
Camara de aire	0.12	0.05	0.011		7.143	0.140			
Lana de fibra de vidrio	0.12	0.05	0.054	0.02	2.870	0.348			
Camara de aire	0.12	0.05	0.011		7.143	0.140			
Membrana Hidrofuga	0.12	0.05	0.00017	0.22	0.171	5.856			
Plancha OSB	0.12	0.05	0.0095	0.23	0.211	4.733			
Zinc Alum	0.12	0.05	0.0003	110	0.170	5.882			
Poliuretano	0.12	0.05	0.016	0.0272	0.758	1.319			

Tabla 32: Resultados transmitancia térmica de solución constructiva en muro exterior, vivienda a pellet

La propuesta anterior es una solución constructiva evaluada por el ministerio de energía y el ministerio de vivienda y urbanismo, por lo tanto, sería una excelente opción a la hora de elegir el reemplazo de la envolvente actual de la vivienda, pues con esta solución tendríamos una transmitancia térmica igual 0.35 W/m²K y una resistencia térmica de 2,85 m²K/W, bajaríamos los niveles de contaminación, existiría la mínima y permitida filtración de energía y además cumpliríamos con los requisitos establecidos por la norma. Con respecto al muro interior podría conservarse el actual pero agregando un tipo de aislación, como por ej.: la misma lana de fibra de vidrio de espesor 54 mm, esto ayudaría aún más a tener una envolvente en mejores condiciones.

PISOS



Plano 6: Solución constructiva en piso, vivienda a pellet

PISO									
MATERIAL	Rsi	Rse	e (m)	λ	R (e/λ)	U material	U Ponderado muro	CUMPLE	NO CUMPLE
MADERA	0.09	0.05	0.05	0.145	0.650	1.539	0.60	X	
PLANCHA DE FIBROCEMENTO	0.09	0.05	0.008	0.22	0.341	2.929			
CAMARA DE AIRE	0.12	0.05	0.011		7.143	0.140			
LANA DE FIBRA DE VIDRIO	0.09	0.05	0.054	0.02	3.005	0.333			
TERCIADO ESTRUCTURAL	0.09	0.05	0.009	0.13	0.209	4.779			
PAPEL FIELTRO	0.09	0.05	0.002	0.04	0.190	5.263			
PISO FLOTANTE	0.09	0.05	0.008	0.35	0.163	6.140			

Tabla 33: Resultados tramitancia térmica de solución constructiva en piso, vivienda a pellet

La solución propuesta contempla una estructura que soporte una plancha de fibrocemento para evitar el paso de la humedad proveniente del exterior. A la estructura se le agregara un tipo de aislación térmica de lana de vidrio además de agregar una siguiente capa de barrera de humedad de tipo fieltro asfáltico, para luego concretar el sistema con una placa de terciado estructural (ya existente) y finalmente agregar el revestimiento actual.

El sistema anterior tiene una transmitancia térmica de $0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$ y una resistencia térmica de $150 \text{ m}^2\text{K/W}$, lo que provoca al igual que en los muros, que haya menos flujo de energía, es decir, la permitida por la normativa, como existe menos flujo de energía, habrá más eficiencia energética, lo que causara ahorrar y contaminar menos.

Con respecto al piso ventilado (entretecho), se podría aislar el entretecho, agregando la lana de fibra de vidrio al igual que en los muros interiores.

Teniendo en cuenta la propuesta de solución constructiva, estaríamos frente a una situación de verdadera eficiencia energética, la cual ayudaría en la vivienda principal de evaluación, es decir, la vivienda a pellet, al ahorro en términos monetarios, descontaminar el hogar y provocar una menor contaminación en el exterior.

CONCLUSION

La presente memoria de título se realizó con el fin de evaluar si el Pellet es una verdadera solución de calefacción en términos sociales, ambientales y constructivos, en una vivienda ubicada en la Isla de Chiloe, específicamente en la localidad de Vilupulli.

La evaluación contemplo tres entornos que influyen en la elección del tipo de calefacción, el cual fue comparado con el recurso principal de calefacción en la Isla; La leña.

En términos ambientales, con respecto a °T, el poder calorífico que genera la leña, es más alto que el pellet causando que la °T sea mayor y se mantenga a lo largo del día en 22°C. En este ámbito podemos decir que el Pellet es mas deficiente que la leña, ya que las mediciones arrojaron que el pellet no supera los 20°C, sin embargo, es una temperatura estable y logra estar dentro de la temperatura confort que establece la norma, lo que conlleva a concluir que si es una buena opción de reemplazo, en términos de calefacción.

A lo anterior además se le vincula la humedad relativa ya que las evaluaciones arrojaron que la leña logra mantener los índices de humedad más bajos, debido a que se encuentra encendida prácticamente todo el día. Si bien aquí la leña es mejor opción, el pellet lo sigue siendo, ya que a pesar de tener casi un 10% mas de HR relativa que la leña cuando la estufa se encuentra encendida, no es un porcentaje elevado.

Si hablamos de partículas contaminantes, el estudio arrojo que el pellet es un recurso que genera menos CO₂, MP 2,5 y MP 10, debido a que es un material que presenta menos humedad en su interior, por lo tanto, al encontrarse en estado más seco, la emisión de partículas contaminantes es menor casi en un 40% con respecto a la leña.

En términos sociales, la evaluación arrojo, que el acceso a la compra del Pellet tiene altos y bajos, pues cuando hay alta demanda de este recurso se complica la compra de éste, ya que en la Isla debe importarse a otras regiones. Pero cuando la demanda es más baja, es decir, en temporada de verano, el acceso y adquisición de este recurso es más fácil.

Económicamente hablando, hasta el momento los precios no son tan elevados, logrando generar un impacto importante en la calefacción de la vivienda, pues mensualmente si se ocuparan sacos de 18 kg, no se superan los \$70.000, ahora bien si se ocuparan sacos de 15 kg este gasto aumentaría casi a \$120.000. No así en la leña, ya que incluso en la vivienda evaluada se gastan hasta casi \$200.000 mensuales y este precio varía según la leña que se compra.

Con respecto al punto anterior, es importante mencionar, que la estufa a pellet solo se ocupa para calefaccionar el hogar, y para cocinar debe complementarse con otro medio de cocina, en cambio la vivienda que utiliza estufa a leña hace uso de ambos ámbitos, es decir, es ocupada para calefacción y además es usada para la cocción de alimentos, lo que causa que obviamente tenga mas gasto mensual.

Constructivamente hablando, ambas viviendas se encontraban deficientes en su materialidad, lo que provoca más gastos en calefacción y además generar más contaminación por la falta de eficiencia energética que presenta cada hogar. La evaluación pudo demostrar que tan importante es tener un tipo de aislación y en general una buena envolvente térmica ya que si bien actualmente la vivienda a pellet tiene un espesor mínimo de aislación, esta influye en la conservación de °T que genera la estufa y lograba tener menos filtración de energía en comparación con la vivienda que tiene estufa a leña.

Es por eso que se presentó una futura propuesta de solución constructiva, ya que demostró como los niveles de transmitancia térmica bajarían, provocando el ahorro económico de los propietarios y además influirían en la baja de los niveles de contaminación. Si bien la propuesta de solución es a la vivienda principal de evaluación, se debe mencionar que si se ocupara una propuesta similar en la vivienda a leña, no cabe duda de que aumentaría la eficiencia energética y bajarían los niveles de contaminación.

Finalmente se concluye que en términos de calefacción el Pellet, si es una buena opción de reemplazo con respecto a la leña, pero que sin duda alguna esta debe ir de la mano con una buena envolvente térmica que permita mantener la temperatura de la vivienda para lograr además generar menor contaminación interna y externa. Sin embargo, esta aún debe ir complementada con otro tipo de estufa para la cocción de alimentos, ya que individualmente no cumpliría con ese requisito.

BIBLIOGRAFIA

Ambiente, C. M. (s.f.).

AMBIENTE, M. D. (2019). *PLAN DE DESCONTAMINACION AMBIENTAL*. Obtenido de <https://mma.gob.cl/tag/pda/>

ambiente, M. d. (s.f.). *Calefaccion sustentable*. Obtenido de <https://calefaccionsustentable.mma.gob.cl/>

CaloryFrio. (s.f.). Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/>

CCPS. (s.f.). Obtenido de <https://mma.gob.cl/>

CDT. (s.f.). *Corporacion de desarrollo tecnologico*. Obtenido de <https://www.cdt.cl/>

CentroUC. (s.f.). *Cambio Global*. Obtenido de <https://cambioglobal.uc.cl/>

CONAF, S. d. (2014). *Sistema de informacion Territorial CONAF*. Obtenido de Sistema de informacion Territorial CONAF: <https://sit.conaf.cl/>

CU, C. U. (2015). *TDRe*. Obtenido de http://arquitectura.mop.cl/centrodocumental/Documents/TDRe_MOP-DA_Parte3.pdf

ecohabitar . (s.f.). Obtenido de <http://www.ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-convenientes/>

Energia, M. d. (s.f.). Obtenido de <https://energia.gob.cl/>

ENERGIA-MINVU, M. D. (s.f.). *GESTIONA ENERGIA-VIVIENDA*. Obtenido de <https://viviendas.minenergia.cl/Proyectos?categoriaId=1>

INFOR. (s.f.). *Instituto Forestal*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/30473/30473.pdf;jsessionid=40E59C39E29F4B0B6D05458F6C65EFDA?sequence=1>

Informe a las naciones, ". a. (2020). *Centro de ciencia del clima y resiliencia*. Obtenido de Centro de ciencia del clima y resiliencia: https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/09/Informe_Contaminacion_Espanol_2020.pdf

INN. (s.f.). *NCh 853*. Obtenido de http://xi.serviu.cl/pda/presentacion_calculo_de_transmitancia.pdf

Leña, P. y. (s.f.). *Pellets y Leña*. Obtenido de Pellets y Leña: <https://www.xn--pelletsylea-beb.com/historia-pellets/>

Ley19300. (s.f.). *Ley 19300 sobre bases generales del medio ambiente*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667&idParte=9705635&idVersion=2021-08-13>

MINVU. (2018). Obtenido de minvu.cl

nativo, A. d. (s.f.). *Revista Bosque NATIVO*. Obtenido de Revista Bosque NATIVO: http://revista.bosquenativo.cl/volumenes/45/1_neira.htm

Nch 853, I. (s.f.). Obtenido de http://xi.serviu.cl/pda/presentacion_calculo_de_transmitancia.pdf

OGUC. (1 de Septiembre de 2017). Obtenido de [OGUC%20
Febrero%202018%20\(disposiciones%20 transitorias%20-%20 vigencia%20
inmediata\)_22893911895876224.pdf](http://www.oguc.cl/oguc/contenidos/2017/09/01/2017-09-01-disposiciones-transitorias-vigencia-inmediata_22893911895876224.pdf)

RAE. (s.f.). *Real Academia española*. Obtenido de <https://www.rae.es/>

Reglamentación acústica. (Junio de 2006). Obtenido de <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/20212a.pdf>

SINCA. (s.f.). *Ministerio del medio ambiente*. Obtenido de <https://sinca.mma.gob.cl/>

sustentable, C. d. (s.f.). *Ministerio del Medio Ambiente*.

Uchile. (s.f.). *Centro de computacion*. Obtenido de <https://www.cec.uchile.cl/~mivalenc/definicion.htm>