UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACION Y CALIDAD DE AIRE INTERIOR DE UNA VIVIENDA TIPO 3 DE LA OBRA FORESTA 4 DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE LA PAZ.

RODRIGO HUMBERTO ABURTO DURAN

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN "REY BALDUINO DE BÉLGICA"

ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACION Y CALIDAD DE AIRE INTERIOR DE UNA VIVIENDA TIPO 3 DE LA OBRA FORESTA 4 DE LA COMUNA DE SAN PEDRO DE LA PAZ.

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno: Rodrigo Aburto Duran.

Profesor Guía: Sr. Sergio Hernández Aravena.

2019

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de título en primer lugar a Dios, a mi madre Miriam que fue un pilar fundamental para mis estudios, a mi hijo Martin que me dio las fuerzas para seguir adelante, dar las gracias a mi pareja Ingrid por su comprensión y apoyo incondicional y a todos a quienes me brindaron su amor y confianza, hago presente mi gran afecto a todos ustedes amigos, compañeros y mi linda familia.

Resumen.

El presente trabajo se desarrollará en cuatro capítulos, los cuales tendrán por nombre:

- Capitulo Nº 1: Antecedentes Generales.
- Capitulo Nº 2: Marco teórico.
- Capitulo Nº 3: Descripción de equipos y Metodología de cálculo.
- Capitulo Nº 4: Análisis y Comparación de resultados.

En el capítulo Nº 1 se detalla el área especificada y la descripción de la comuna de San Pedro de la Paz, mencionando su ubicación, demografía, clima, humedad relativa del área las precipitaciones y crecimiento económico, se menciona lo que afecta una mala ventilación y sus efectos para la salud

Avanzado en el desarrollo del trabajo nos encontramos con el capítulo Nº 2, en el cual está todo el marco teórico donde mencionamos todo lo relacionado con los factores ambientes que afectan las condiciones de confort y mecanismos de intercambio de calor. Se identifican los tipos de ventilación tanto natural como forzada y todo lo relacionado con la ventilación, técnicas y sistemas, también se menciona la legislación tanto normas nacionales como internacional con respecto a la ventilación y renovación de aire.

En el capítulo Nº 3 Se mencionan los equipos con lo cual se ocuparon en el análisis de calidad de aire interior en la vivienda tipo 3 de la obra foresta 4 y la metodología con la cual se realizaron las mediciones de parámetros.

En el capítulo Nº 4, se analizará un caso real de las condiciones de calidad de aire interior, comparando con resultados y las características de la vivienda, los recintos el living comedor, dormitorio 1 y la extracción del baño, donde se muestra un resumen de resultados para compararlos con las normas nacionales e internacionales y para terminar con un análisis y

conclusiones y mejoras constructivas

.

GLOSARIO

DEIS = Departamento de estadística de informe de la salud

OGUC = Ordenanza general de urbanismo y construcciones

CTE= Código técnico de la edificación (España)

ITE: Inspección técnica de edificaciones

RITE = Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios

Q = S · V · 3600 (m3/h) =

Q = Caudal

S=Superficie

V= Velocidad del aire

M3=Metro cubico

h= Hora

NCh : Norma Chilena

N =: Numero de renovaciones

CO_2 = Dióxido de carbono

Mv = Es la masa de vapor de agua producida en cada hora dentro del local;

His = Es el contenido de humedad absoluta del aire interior para la temperatura de uso y la máxima humedad relativa permitida sin que se produzca condensación superficial en los elementos perimetrales;

He= Es el contenido de humedad absoluta del aire exterior. Para efectos de cálculo, en el exterior se supone una humedad relativa de un 90%;

INDICE

Introducción 1

Justificación. 2

Objetivos 3

Objetivo General 3

Objetivos Específicos 3

CAPITULO 1 *4*

ANTECEDENTES GENERALES *4*

1.1 Área Especificada 4

1.2 Descripción de la comuna de San Pedro de la Paz 6

- Ubicación. 6
- Demografía 7
- Clima 7
- La humedad relativa del área 8
- Precipitaciones 8
- Crecimiento económico y comercial 8

1.3 La mala ventilación y sus efectos sobre la salud 9

1.3.1. Factores importantes para una buena ventilación 10

1.3.2 Informe de atenciones por causa Respiratoria (deis) 11

CAPITULO 2 *12*

MARCO TEORICO *12*

2.1 Condiciones de confort en las viviendas 12

- Factores ambientales. 12

2.1.1. Condiciones de confort 12

2.1.2. Condiciones de Humedad 13

❖ Un exceso de humedad puede causar: 13

❖ Por otro lado, los problemas que pueden causar niveles bajos de humedad son: 13

2.1.3. Efectos de las condiciones de metabólicas en el ambiente 14

2.1.3.1 Mecanismo de intercambio de calor *14*

- Convección: 15
- Conducción: 15
- Radiación: 15
- Evaporación: 15

2.1.4. Factores Ambientales y su efecto en la calidad de aire interior 16

2.1.5 Sistemas de extracción en viviendas 24

2.2 Ventilación forzada 29
2.2.1. Ventilación hibrida 30
2.3. Sistemas de ventilación 33
2.3.1 Admisión de aire 34
2.3.2. Extracción de aire 34
2.3.3. Tipos de sistemas de ventilación 36
2.3.4 Técnicas de ventilación 39
2.3.5. Renovaciones de aire 40
2.3.6. Caudal de Renovación 42

2.4. Legislación y normas técnicas 42
2.4.1. Legislación y normativa nacional 43
2.4.2. Ordenanza general de urbanismo y construcciones 43
2.4.3. Normas chilenas 44
2.4.4. Legislación Extranjera (España) 49

CAPITULO 3 ***53***

DESCRIPCION DE EQUIPOS Y METODOLOGIAS DE CÁLCULO ***53***

3.1. Equipos de medición 53
3.1.1. Termo anemómetro 53
3.1.2. Tubos de humo 54
3.1.3. Anemómetro 55
3.1.4. Rangos de valores recomendados 56
3.1.5. Sonda de Calidad de Aire 57

3.2. Metodología de análisis 59

3.3 Característica de la vivienda 60

CAPITULO 4 ***62***

ANALISIS Y COMPARACION RESULTADOS ***62***

4.1 Comparación de Parámetros característicos de mediciones de humedad, Dióxido de carbono y Temperatura 62

4.2 Características de los Ambientes de la vivienda tipo 3 para ser analizados. 63
4.2.1 Living comedor 63
4.2.2 Dormitorio 1 65
4.2.3 Baño 67

4.3 Cálculo y análisis de resultados 69
4.3.1 Explicación del método experimental. 69

4.4 Infiltraciones living comedor 69
4.4.1 Método por formula 69
4.4.2 Método de las rendijas living comedor: 70
4.4.3 Método de las renovaciones living comedor: 71

4.4.4 Método experimental living comedor: 71

4.5 Infiltraciones dormitorio principal 73

4.5.1 Método de la Fórmula dormitorio 1: 73

4.5.2 Método de las rendijas dormitorio 1: 73

4.5.3 Método de las renovaciones dormitorio 1: 74

4.5.4 Método experimental dormitorio 1: 74

4.6 Extracción en el baño 75

4.6.1 Método experimental: 75

4.7 Cálculos según normas extranjeras 76

España 76

4.7.1 Living comedor 76

4.7.2 Dormitorio 76

4.7.3 Baño 76

4.8 Resumen de resultados de los cuatro métodos 77

4.9 Conclusiones y Recomendaciones: 79

4.9.1 Recomendaciones y mejoras constructivas según resultados obtenidos. 81

4.9.1 Bibliografía 83

Introducción

En este trabajo de título se estudiará y destacará la importancia de la ventilación y la influencia que tiene en la calidad de aire en viviendas. Cuyo proyecto consta de 185 viviendas sociales con un subsidio DS19 donde el gobierno aporta con 450 UF a las personas que cumplan con los requisitos establecidos en el minvu.

En este trabajo se conocerán los tipos de ventilación natural y forzada, y los sistemas y técnicas de ventilación tanto nacional como internacional, se analizara la calidad de aire interior de la vivienda tipo 3 de la obra Foresta 4 de la comuna de San Pedro de la Paz, midiendo con un anemómetro térmico los recintos o espacios con parámetros de humedad relativa, dióxido de carbono temperatura ambiente y velocidad de aire para compararlos con lo que exige cada norma nacional e internacional, con el fin de proponer una solución constructiva de renovación de aire para evitar los problemas de humedades en muros interiores y desgaste de los materiales, confort térmico y salubridad, y así no producir enfermedades contagiosas causadas por el aire en estado de estanqueidad, que se generan cuando no se considera la ventilación en el diseño de construcción.

Por otra parte, las pérdidas de calor por ventilación se producen en forma voluntaria e involuntaria, estas últimas llamadas infiltraciones de aire que se producen por las rendijas de las ventanas y puertas, son permanentes, por lo tanto, generan un foco de pérdida de energía constante, que perjudica el confort interior y aumenta los costos en calefacción.

Recomendar e implementar soluciones disponibles en el mercado local como burletes, sellos de goma y/o poliuretano que minimicen los efectos negativos de estos fenómenos. El análisis se centró en soluciones de ventilación por medio de técnicas internacionales como la ventilación mecánica que su principal característica es permitir introducir y expulsar del recinto la cantidad de aire

requerido de forma independiente a las condiciones que presente el aire exterior en cuando presión y temperatura.

Justificación.

Un proyecto habitacional debe mantener ciertos estándares de diseño y constructivos para asegurar un buen comportamiento de sus materiales y calidad de aire al interior de la vivienda a lo largo de su vida útil.

Mediante el análisis realizado se detectó la poca y vaga información normativa acerca de la ventilación existente en el país. Se requiere una norma que regule y entregue las pautas de diseño para sistemas de ventilación. De esta manera se tendrá una legislación más fundamentada ya que en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones se aborda pobremente el tema de ventilación para confort y salubridad.

En este análisis confirma que en las viviendas hay recintos que necesitan de un diseño de ventilación, adicional al de puertas y ventanas. Es por esto que se requiere de normativa que entregue un dimensionamiento y posicionamiento de las aberturas o equipos de ventilación en la vivienda.

Es por esto que cobra gran relevancia un análisis de la ventilación y renovación de aire en recintos o espacios habitados para el confort habitacional, cabe destacar estudios de la DEIS (departamento de estadísticas informe de la salud) informa que existe una gran cantidad de personas que sufren enfermedades respiratorias durante todo el año y a lo largo de nuestro territorio, Se debe destacar según análisis de calidad de aire interior de la vivienda tipo 3 que la ventilación y renovación de aire es beneficiosa para la salud de todas las personas y nos brindan bienestar y confort habitacional y con mayor énfasis a las personas que tienen un sistema inmunológico más debilitado como son la tercera edad, embarazadas y niños y recién nacidos.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar las condiciones de ventilación y calidad del aire interior de una vivienda tipo 3 de la obra Foresta 4 de la comuna de San Pedro de la Paz.

Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de ventilación existentes.
- Caracterizar las condiciones actuales de construcción de la vivienda tipo 3 de la obra Foresta 4 de la comuna de San Pedro De la Paz
- Diagnosticar la calidad de aire al interior de la vivienda tipo 3 con parámetros nacionales e internacionales
- Establecer soluciones constructivas a partir de los resultados obtenidos para la ventilación de los métodos aplicados para una solución constructiva de ventilación y renovación de aire.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Área Especificada

En la imagen se observa el sector de la foresta donde se está construyendo el proyecto habitacional que consta de 185 viviendas sociales con sub sido DS19 en la cual se analizara una vivienda tipo 3 e la obra foresta 4 que va ser analizada San Pedro de la Paz

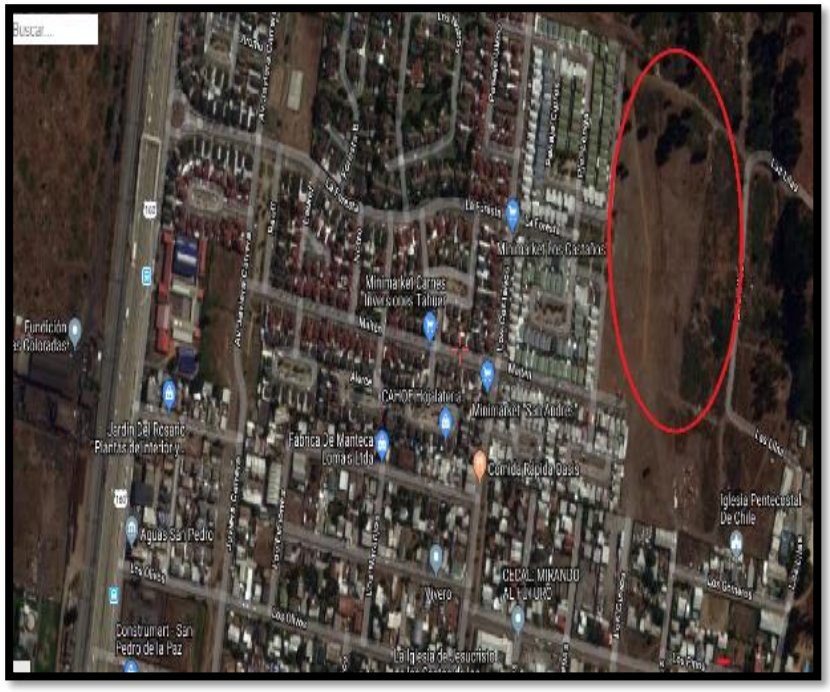


Figura N° 1: Imagen satelital de sector Foresta 4,

[Fuente: Google Maps Marzo 2018]

En esta imagen se observa la obra Foresta 4 de la comuna de San Pedro de la Paz donde se muestra los tipos de casas, pareadas e individuales y la vivienda que será analizada que es la individual la tipo 3.

Figura n°2**:** Obra Foresta 4 octubre 2018

[Fuente: Elaboración propia imágenes de obra Foresta 4 [octubre 2018]

1.2 Descripción de la comuna de San Pedro de la Paz

Figura n°3: Comuna de San Pedro de la Paz

[Fuente: (googlehttp://intrasec.sanpedrodelapaz.cl/sitio/planificacion/pdf-ficha-comunal].

- Ubicación.

San Pedro de la Paz es una comuna perteneciente a la provincia de Concepción, Región del Biobío. Está situada al sur y al poniente del río Biobío.

La historia de San Pedro de la Paz se remonta al 1604, año en que el gobernador Alonso de Ribera funda el Fuerte de San Pedro, con el fin de reforzar la línea defensiva que se estableció a lo largo del río Biobío.

En ese tiempo se puso una imagen de la Virgen María tallada en madera, que aún se conserva en la actualidad, y es venerada cada 2 de febrero en el Santuario de Nuestra Señora de la Candelaria, ubicada en las cercanías de donde se encontraba el fuerte.

Figuran°4: Ubicación de San Pedro de la Paz

[Fuente: (google): http://intrasec.sanpedrodelapaz.cl/sitio/planificacion/pdf-ficha-comunal]

- Demografía

La comuna tiene una superficie de 112,5 kilómetros cuadrados. Además, posee 14 kilómetros de costa en el océano Pacífico, 22 kilómetros de ribera en el río Biobío, tres lagunas naturales (Laguna Grande, Laguna Chica y La Posada) y los primeros cerros de la Cordillera de Nahuelbuta.

- Clima

La comuna posee un clima templado cálido, tipo mediterráneo, caracterizado por mostrar una estación húmeda de 7 a 8 meses de duración y una breve estación seca que se extiende por 3 o 4 meses, correspondiéndose con los meses de verano.

En la zona existe una marcada alternancia en la dirección de los vientos predominantes a lo largo del año. Provienen del suroeste durante la temporada primavera-verano, y del norte en la temporada otoño-invierno. La velocidad

promedio anual de los vientos es moderada. Oscila entre 8,1 y 11,2 nudos durante el verano- con fuerza máxima de 52 nudos- y entre 7,6 a 13 nudos en época invernal- con fuerza máxima de 76 nudos.

- La humedad relativa del área

Es alta con un promedio anual de 81%. Los valores más altos (88%) se registran durante junio y julio, mientras que los más bajos (74%) se alcanzan en los meses de verano.

- Precipitaciones

Registran una media anual de 1.235 mm, con un incremento entre los meses de mayo y agosto, período en el cual se concentra cerca del 62% del total anual.

- Crecimiento económico y comercial

San Pedro de la Paz ha presentado un notorio crecimiento residencial durante la década de 2000, apreciable en los parques residenciales de Andalué, San Pedro del Valle y el conjunto residencial Olas. Esto ha significado un crecimiento económico y comercial para la comuna, que se ha reflejado en la diversificación de restaurantes y pubs ubicados en el sector de la Villa Llacolén.

Una de las principales características de San Pedro de la Paz es la desigualdad socioeconómica que posee. Posee barrios residenciales de altos ingresos, como Andalué o Idahue, y, paralelamente, sectores de bajos ingresos, como Boca Sur o Michaihue.

1.3 La mala ventilación y sus efectos sobre la salud

Los sistemas de ventilación en chile no presentan importancia en los niveles de construcción de viviendas puesto que no se rigen por una norma específica para ello. Por otra parte, existen formas alternativas que se utilizan en viviendas tales como las ventanas o simplemente “abrir ventanas” en los hogares para mejorar la ventilación en los hogares. Adicionalmente también se encuentran las celosías o entradas de aire ubicadas en los baños, cocinas y puertas.

El principal problema es la nula o mala ventilación y que por efecto causa humedad y contaminantes, causando varios efectos en las viviendas y consecuentemente en la calidad de vida de sus habitantes, tales como daño en terminaciones, deterioro de elementos constructivos, aparición de mohos y hongos por la poca renovación de aire que existen en las viviendas, una ventilación deficiente e inadecuada puede originar graves problemas para las condiciones de confort en las viviendas, generalmente, los problemas con la calidad del aire en los interiores solamente causan molestias y la mayoría de las personas se siente mejor tan pronto como se elimina la fuente de contaminación. Sin embargo, algunos contaminantes pueden causar cuadros que se presentan mucho más tarde, como enfermedades respiratorias.

En cualquiera de nosotros, estos hongos pueden provocar congestión nasal, irritación de los ojos, irritación de la garganta, alergias y afecciones respiratorias como el aspergilosis o el asma. De hecho, estas consecuencias son bastante más frecuentes de lo que realmente nos pensamos. Pero las personas con un sistema inmunológico debilitado pueden sufrir infecciones mucho más graves. Estadísticamente, estas afecciones respiratorias inciden en mayor número en niños y ancianos, por lo que debemos prestar especial atención a estos grupos.

La necesidad de ventilar en las viviendas dispondrá de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de las viviendas, de forma

que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

Figura n°5: Imagen de hongos presentes en viviendas

[Fuente: http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/06Noticias/375111-Humedad-y-hongos-Alergica-reaccion.aspx]

1.3.1. Factores importantes para una buena ventilación

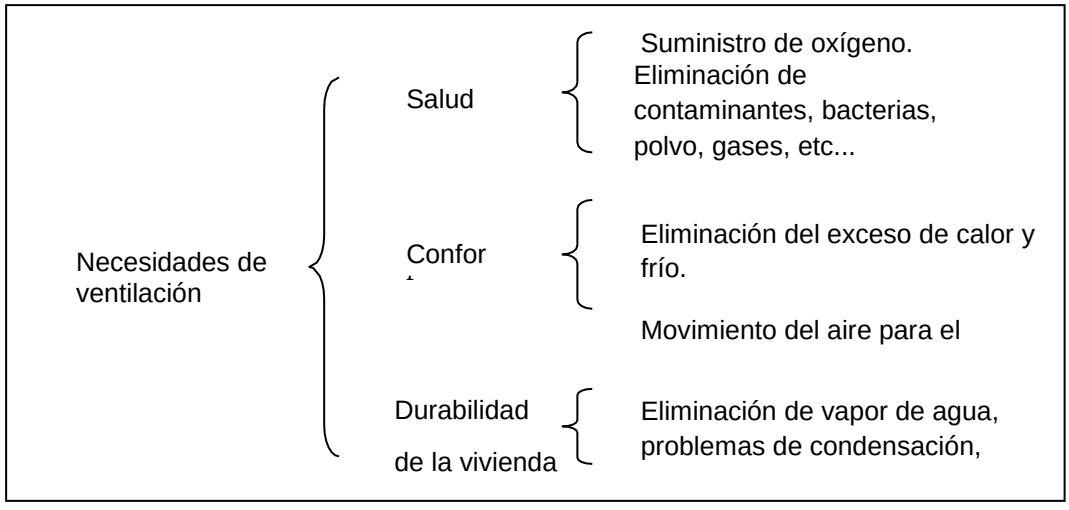


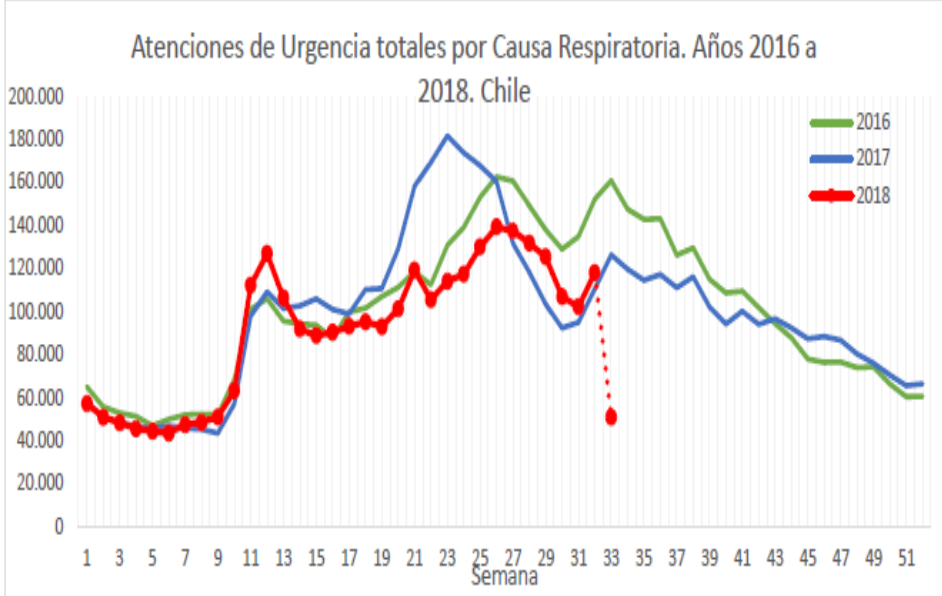
Figura n°6: Resumen de las necesidades de ventilación

[Fuente: elaboración Propia]

1.3.2 Informe de atenciones por causa Respiratoria (deis)

Departamento de Estadística e informe de salud (DEIS)

Informe preliminar de atenciones de urgencia 16 de Agosto 2018



Semana	2016	2017	2018
30	129.037	92.425	106.985
31	134.898	95.024	102.216
32	152.316	110.653	118.090
*33**	*160.906*	*126.371*	*50.950*
Prom 30-32	**138.750**	**99.367**	**109.097**

Las atenciones de urgencia totales en hospitales, SAPU y SAR se observa una curva bajo el año 2016 y sobre el año 2017, donde el promedio de las últimas 3 semanas es mayor en un 10% en relación al año 2017.

** Semana 33 registros hasta día Jueves 16/08/2018. Se excluye del promedio*

Figura n°7: Informe preliminar de atenciones de urgencia agosto 2018

[Fuente: https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/06/DEIS-PAIS-SE-32-2018.pdf]

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Condiciones de confort en las viviendas

- Factores ambientales.

En este capítulo se realizará una breve descripción de cada uno de los parámetros Involucrados en la determinación de la sensación de confort de las personas y se explicará la terminología necesaria.

2.1.1. Condiciones de confort

Se llama confort al estado de comodidad y bienestar de las personas frente a una situación en particular. En cuanto al ambiente habitacional, se logra el confort cuando la persona no está expuesta a ningún tipo de malestar térmico o a ruidos, olores y contaminación, entre otros.

La temperatura recomendada en el interior de una vivienda oscila entre los 20 y los 23 grados centígrados (ºC) en invierno y entre 20 y 25ºC en verano con una humedad relativa comprendida entre el 40 y el 60%. Temperaturas superiores a 25ºC pueden causar dolor de cabeza y fatiga, mientras que temperaturas por debajo de 18ºC son motivo de escalofríos y gripe.

Debe tenerse en cuenta que el confort térmico puede estar afectado también por el calor radiante que entra por las ventanas, el calor metabólico relacionado con la tarea desempeñada así como un grado de subjetividad de cada individuo

2.1.2. Condiciones de Humedad

La humedad es la cantidad de agua presente en el aire. De la misma manera, la humedad relativa es el porcentaje de vapor de agua presente en el aire, comparado con la presión de vapor del agua en una mezcla saturada a la misma temperatura.

Una humedad relativa interior fuera del rango 35 – 65 % puede causar efectos adversos sobre la salud tales como los que se muestran a continuación:

❖ Un exceso de humedad puede causar:

- Fatiga, dolor de cabeza y mareo (sobre todo cuando la humedad relativa es superior al 80% y la temperatura es alta)
- Condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos, especialmente cuando existe condensación
- Incremento de la emisión en diferido de materiales de construcción, especialmente en el caso del formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles.

❖ Por otro lado, los problemas que pueden causar niveles bajos de humedad son:

- Sequedad de ojos, nariz y garganta
- Incremento de la electricidad estática
- Incremento de la formación de ozono

En esta sección se abordará la parte térmica, específicamente se describirá el confort higrotérmico. En este sentido, se dice que hay confort higrotérmico cuando no tienen que intervenir los mecanismos termorreguladores del cuerpo humano (metabolismo, evaporación,) para una actividad sedentaria y con un ligero arropamiento. Por otra parte, se puede definir el confort térmico como un

estado de sensación de bienestar físico de las personas, con respecto a las condiciones higrotérmicas del medio ambiente que lo rodea.

El acondicionamiento del aire de un local permite lograr condiciones ambientales satisfactorias para las personas que lo ocupan, consiguiendo así su bienestar. Este bienestar de las personas requiere que el aire del local se mantenga en condiciones adecuadas en cuanto a su calidad y los requerimientos higrotérmicos. Es importante destacar que la mala renovación de aire en un recinto puede producir no solo incomodidad sino hasta la muerte.

Existen varios factores que afectan a las condiciones de confort, los cuales serán divididos en dos grupos:

a) El hombre

b) El medio ambiente

2.1.3. Efectos de las condiciones de metabólicas en el ambiente

El organismo humano genera continuamente una cierta cantidad de calor para mantener la temperatura del cuerpo (37°C) y además intercambia calor con el ambiente que lo rodea.

La generación de calor depende tanto de la actividad física y mental que desarrolle una persona, como también del metabolismo de ella. Cada persona tiene su propio metabolismo y necesita sus propios ritmos para evacuar calor. Además hay factores que también se distinguen en cada persona en particular, como ser la edad, el sexo, dimensión física y vestimenta.

2.1.3.1 Mecanismo de intercambio de calor

El intercambio de calor entre una persona y el ambiente donde se encuentra, se produce por los siguientes mecanismos:

- Convección:

Es la transmisión de calor de la piel al fluido ambiente o a la inversa. El flujo de calor es proporcional a un coeficiente de convección y a la diferencia de temperatura entre el aire de la habitación y la piel; la velocidad del aire (viento) acelera la convección, que la convierte en convección forzada.

- Conducción:

Es la transmisión de calor entre la superficie del cuerpo y los elementos de contacto.

Este flujo de calor depende del coeficiente de conductibilidad térmica de estos elementos, entre ellos muebles, pisos y muros.

- Radiación:

  Es la transmisión de calor a través del medio ambiente, principalmente por radiación en el infrarrojo. Este flujo de calor es proporcional a la constante universal de radiación, al poder de absorción de la piel (que es muy elevado) y a la diferencia de temperatura entre la piel y las paredes radiantes del lugar (muros, vidrios, puertas, ventanas).

- Evaporación:

Es la transmisión de calor unidireccional del organismo hacia el aire ambiente por la evaporación cutánea y respiratoria. Esta pérdida de calor del organismo depende de la cantidad de sudor (agua) evaporada y la evaporación depende de la velocidad del aire ambiente, de su temperatura y de la presión parcial de vapor de agua.

Mientras las tres primeras formas de transmisión se refieren al calor sensible, la evaporación se refiere al calor latente.

El balance térmico que contempla aportes y pérdidas de calor por convección, conducción, radiación y evaporación debe permanecer constante para que la temperatura interna del hombre permanezca constante. Se logrará confort

térmico cuando la eliminación del calor sensible y latente del cuerpo humano se realice con el mínimo esfuerzo.

2.1.4. Factores Ambientales y su efecto en la calidad de aire interior

Se describen algunas de las propiedades físicas del aire húmedo más importantes:

2.1.4.1. Temperatura del ambiente.

La temperatura del aire al interior de un local es relevante para que las personas se sientan confortables en cada época del año. Es el dato que siempre se maneja pero no es el fundamental a la hora de alcanzar el confort térmico. Se puede considerar que la temperatura de confort alcanza los siguientes valores:

1) Invierno (Vestimenta normal) 18°C a 22°C
2) Verano (Vestimenta liviana) 23°C a 25°C

Figura n°8: Instrumento de medición de temperatura Anemómetro térmico

[Fuente: Elaboración propia imágenes de obra Foresta 4 [octubre 2018]

- Efecto de la temperatura por radiación

Está relacionada con el calor que recibimos por radiación de los elementos del entorno. Se puede estar confortable con una temperatura del aire muy baja si la temperatura de radiación es alta. Esto es importante, porque puede ocurrir que la temperatura del aire sea menor que la temperatura de las paredes, suelos y techos, que pueden haber sido calentadas por el sol o por sistemas de calefacción.

2.1.4.2 Humedad ambiental

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad incide en la capacidad de transpiración que tiene el organismo, mecanismo por el cual se elimina el calor. A mayor humedad, menor transpiración. El valor cuantitativo más habitual es la humedad relativa, que es el porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría, sin producirse condensación. La humedad relativa cambia con la temperatura por la sencilla razón de que la máxima humedad que admite el aire cambia con ella.

La humedad relativa debe estar entre el 40% y el 60%, considerándose como valor optimo el 50% de humedad relativa tanto en invierno como en verano.

Otra acepción de la humedad es el Punto de rocío, que es la temperatura a la presión de saturación del vapor de agua igualada a la presión parcial del vapor de agua (en la atmósfera). Un enfriamiento de la atmósfera por debajo del punto de rocío produce una condensación de agua. La humedad relativa en el punto de rocío es de 100%.

2.1.4.3. Velocidad de aire

La velocidad del aire es uno de los parámetros que se incluye en los cálculos de la sensación térmica. En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad

relativa alta. El movimiento del aire desplaza ese aire y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo.

Es agradable la brisa en una situación de calor, puesto que mejora el enfriamiento del cuerpo; se admiten velocidades de hasta 1,50 m/s por poco tiempo. Cuando se trabaja debe ser inferior a 0,55 m/s para evitar inconvenientes prácticos, por ejemplo que no se vuelen los papeles.

Figura n°9: Termo Anemómetro registrando velocidad de aire

[Fuente: Elaboración propia imágenes de obra Foresta 4 [octubre 2018]

El movimiento del aire es menos deseable cuando hace frío. Sin embargo, cuando el aire está inmóvil (velocidad igual a 0 m/s), la sensación es siempre desagradable, por lo que cuando hace frío se estiman correctas velocidades comprendidas entre 0,10 y 0,15 m/s.

Manejar y combinar correctamente estos factores ayuda a lograr una sensación de bienestar dentro de una vivienda. Los factores o parámetros de diseño mencionados pueden considerarse de aplicación general, pero no debe olvidarse que su efectividad está influenciada de manera no menor por montes, ríos, pantanos, vegetación, edificios próximos, etc., que afectan la exposición al viento, la humedad y la radiación solar que recibe la vivienda, haciendo necesario un análisis caso a caso si se desea lograr una máxima eficiencia.

Los lugares de la casa donde se producen las más altas concentraciones de vapor de agua son la cocina y los baños.

2.1.4.4. Temperatura efectiva

La temperatura efectiva es un índice de sensación térmica que se define como la temperatura seca del aire de un recinto similar al problema (equivalente), con un 50% de humedad relativa, velocidad del aire de unos 0,20 m/s y paramentos (paredes y techo) a la misma temperatura del aire, que produjera la misma sensación térmica que el recinto problema a iguales actividad e indumentaria.

Combinando diferentes temperaturas, velocidades y humedades del aire se puede alcanzar la misma sensación de confort. Estas combinaciones se llaman temperatura efectiva. Un ejemplo de lo anterior es que diferentes combinaciones de humedad relativa y temperatura de bulbo seco, con una velocidad del aire constante, pueden producir la misma sensación de bienestar.

2.1.4.5. Condensación

La condensación es un proceso físico donde un fluido, en este caso agua, cambia de fase gaseosa (vapor) a líquido. Este fenómeno ocurre comúnmente en invierno, debido a que la temperatura exterior es menor a la temperatura interior y depende netamente de la presión de vapor y de la temperatura

ambiental. La temperatura a la que comienza la condensación se le denomina temperatura de rocío o punto de rocío, y en los casos en que ésta sea superior a la temperatura existente en el ambiente, habrá riesgo de condensación.

Durante invierno al calefaccionar los espacios habitados, el vapor se traslada desde el interior hacia el exterior del recinto, a esto se le llama difusión de vapor. Durante este proceso el vapor puede condensar al interior de algún elemento constructivo de la envolvente, si encuentra temperaturas inferiores a las de rocío. Este fenómeno se denomina condensación intersticial. Ahora bien si la condensación ocurre en la superficie interior del recinto, entonces se denomina condensación superficial.

Como se mencionó anteriormente la condensación depende en gran parte de la presión de vapor y de la temperatura, entonces para que exista riesgo de condensación, la presión de vapor de saturación debe verse superada. A continuación se ven diagramas explicativos demostrando la existencia de riesgo de condensación.

La condensación es el proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida. Aunque el paso de gas a líquido depende, entre otros factores, de la presión y de la temperatura, generalmente se llama condensación al tránsito que se produce a presiones cercanas a la ambiental. Este proceso suele tener lugar cuando un gas es enfriado hasta su punto de rocío.

En una vivienda social se produce condensación cuando el aire húmedo entra en contacto con aire o una superficie que se encuentra con una temperatura inferior.

Cuando el aire húmedo entra en contacto con el aire frío o con una superficie fría, el aire es incapaz de mantener la misma cantidad de humedad y el agua se libera formando condensación en el aire o en la superficie.

Generalmente la condensación se hace notable cuando se forma en superficies no absorbentes, como ventanas o tejas, pero se puede formar en cualquier tipo de superficie sin ser observada hasta la aparición de moho en dichas superficies.

La humedad en el aire proviene de diversas fuentes dentro de la casa. El vapor de agua se produce en cantidades relativamente grandes por respiración, baño y aseo personal, cocina, lavado y secado de ropa, y por calefacción, especialmente calentadores a gas y parafina. También se puede introducir humedad al aire interior desde la estructura del edificio, ya sea por el piso o a través de paredes y techos.

El efecto de la generación de humedad empeora debido a la mantención del aire húmedo dentro de la vivienda. Evitando este estancamiento se puede evitar la condensación con una ventilación adecuada. Por lo general, en determinadas zonas de una casa, como baños y cocinas, el aire caliente contiene una gran cantidad de humedad, que si se propaga por las partes más frías de la casa se condensa en cualquier superficie fría.

Las viviendas de hoy en día se construyen con un nivel de aislación muy alto, lo que ha generado que la ventilación natural se redujera considerablemente y que se conserve el aire húmedo dentro de las viviendas. En estas nuevas viviendas eficazmente selladas se mantiene la humedad producida dentro de la casa y se proporciona mejores condiciones para que se produzca condensación. Esta estanquidad interior y la pobre circulación del aire, que producen la condensación de las ventanas y la creación de moho en las paredes y techos, pueden ser disminuidas o eliminadas mediante la implementación de un sistema de ventilación adecuado.

2.1.4.6. Perdidas de calor

En una vivienda, los tres mecanismos de transmisión del calor mencionados con anterioridad están presentes para producir pérdidas de calor, especialmente en

invierno. En el interior de la casa, el calor se transmite entre los elementos de muros techos y suelos principalmente por radiación, y entre estos elementos y el aire interior principalmente por convección. El calor viaja a través de dichos elementos por conducción, hasta alcanzar el exterior de la casa, donde se disipa por convección y radiación. Para reducir las pérdidas de calor, se actúa principalmente sobre el fenómeno de conducción a través de los elementos anteriormente mencionados, intercalando una capa de material térmicamente aislante.

Hay que cuidar los llamados puentes térmicos, que son lugares de refuerzo o juntas de los elementos que pueden estar construidos con materiales diferentes al resto, existiendo por tanto una discontinuidad de la capa aislante. Estos lugares pueden convertirse en vías rápidas de escape del calor.

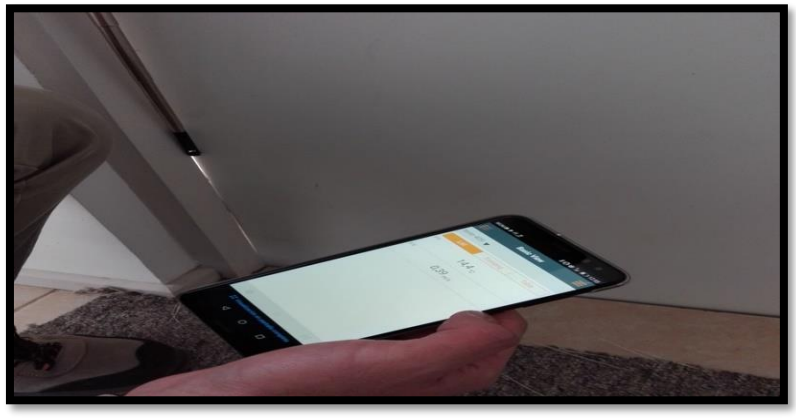


Figura n°10: Perdidas de calor e infiltraciones de aire por rendija de puerta

[Fuente: Elaboración propia imágenes de obra Foresta 4 [octubre 2018]

Sin embargo existe otra causa de pérdida de calor la ventilación. Para que una vivienda sea salubre necesita un ritmo adecuado de renovación de aire. Si esta renovación se realiza con el aire exterior, durante el invierno se está perdiendo aire caliente e introduciendo aire frío. Es importante llegar a un compromiso entre

la ventilación que se necesita y las pérdidas de calor que se pueden admitir, a no ser que se precaliente el aire exterior de alguna manera.

2.1.4.7. Contaminantes del aire

La calidad del aire se determina por sus propiedades bioquímicas más que por sus características físicas, puesto que son fundamentales para la respiración y la salud de las personas, así como para la comodidad olfativa. Los parámetros para determinar la calidad del aire interior se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Vapor de agua o humedad relativa, por el riego de condensaciones y microorganismos patógenos.
- Concentración de anhídrido carbónico (CO_2) y disminución proporcional del oxígeno (O_2), por la respiración y la combustión (fumadores, cocinas, etc.).
- Productos de la combustión, por la presencia de gases químicos y aerosoles.
- Productos que conforman la vivienda, por la presencia de compuestos orgánicos volátiles (VOC) o de partículas en suspensión.
- Contaminantes biológicos, por la presencia de microorganismos y residuos producidos por los seres vivos.
- Olores desagradables, por las actividades realizadas en los locales.
- Otros contaminantes como ozono o metales pesados.

La inmensa mayoría de los contaminantes del aire son subproductos de la actividad humana generados por la industria, el transporte o la producción energética, que se detectan en el aire exterior de los edificios. Las actividades realizadas en los edificios, e incluso los propios materiales de construcción, son otra fuente de contaminación que puede alcanzar elevadas concentraciones al emitirse directamente en el espacio habitado.

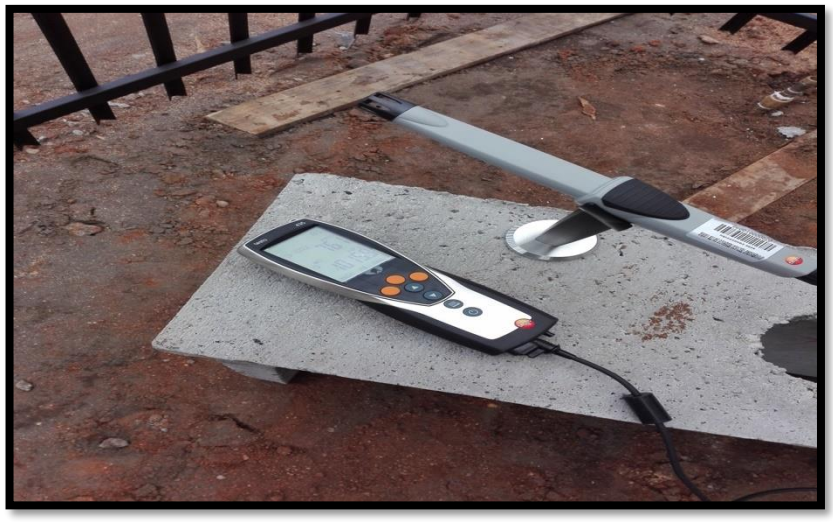


Figura n°:11 : Anemómetro registrado Co2 en ambiente exterior

[Fuente: Imágenes obra Foresta 4 [octubre 2018]

2.1.5 Sistemas de extracción en viviendas

En cuanto al estudio teórico se verán los distintos tipos de ventilación, tanto natural como forzada, y los factores necesarios para determinar la ventilación en una vivienda.

Además se describirán las técnicas y los sistemas de ventilación posibles a implementar en una vivienda. Finalmente se analizarán las renovaciones de aire y los caudales de renovación.

2.1.5.1 Clasificación de los sistemas de ventilación

La renovación del aire en cualquier local ocupado es necesaria para reponer el oxígeno y evacuar los subproductos de la actividad humana, o del proceso productivo, tales como el anhídrido carbónico, el exceso de vapor de agua, los olores desagradables u otros contaminantes. La ventilación se entiende como el proceso de renovación o reposición de aire sucio o viciado por aire limpio.

Se debe proyectar un sistema de ventilación acorde a las necesidades del inmueble evitando pérdidas innecesarias de calor, sin caer en la tentación de diseñar un edificio hermético, el cual resultaría insalubre.

En cuanto a confort se refiere, un sistema de ventilación bien diseñado puede:

- Incrementar el confort térmico en verano, puesto que el movimiento del aire acelera la disipación de calor del cuerpo humano.
- Ayudar en la climatización de recintos, ya que el aire en movimiento puede llevarse el calor acumulado. Para ello, la temperatura del aire debe ser lo más baja posible. Esto es útil especialmente en las noches de verano, cuando el aire es más fresco.

Dentro de los tipos de ventilación para el interior de una vivienda se destacan la ventilación natural, la ventilación forzada y la ventilación híbrida.

2.1.5.1.1. Ventilación natural

Es la ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

Se habla de ventilación natural cuando no hay aporte de energía artificial para lograr la renovación del aire. Comúnmente, la ventilación natural se consigue dejando aberturas en el local que comunican con el ambiente exterior, es decir, puertas, ventanas u otros diseños de aberturas en la envolvente del edificio.

Las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior y las diferencias de presión entre las fachadas del edificio por efecto del viento son el origen de las fuerzas que ocasionan el movimiento del aire necesario para lograr la ventilación natural. En función de estas fuerzas, y de la superficie, orientación y situación de las puertas y ventanas es posible lograr tasas de ventilación muy importantes.

En general la ventilación natural es suficiente cuando en el local no hay más focos de contaminación que las personas que lo ocupan. El principal inconveniente de la ventilación natural es la dificultad de regulación, ya que la tasa de renovación en cada momento depende de las condiciones climatológicas y de la superficie de las aberturas de comunicación con el exterior.

La eficiencia de la ventilación natural es muy variable y depende de la incorporación de conceptos de ventilación al proceso de diseño de la vivienda.

2.1.5.1.2. Ventilación cruzada

Consiste en la circulación del aire a través de ventanas u otros espacios abiertos situados en lados opuestos de una sala o habitación. Se la denomina también ventilación transversal.

Para que la ventilación sea lo más eficaz posible, las ventanas deben colocarse en fachadas opuestas, sin obstáculos entre ellas, y en fachadas que sean transversales a la dirección de los vientos dominantes. En días calurosos de verano, es eficaz ventilar durante la noche y cerrar durante el día.

Los especialistas recomiendan la ventilación cruzada para zonas climáticas templadas cálidas húmedas a tropicales húmedas como una estrategia de refrescamiento pasivo de los edificios.

Esta estrategia debe utilizarse con la combinación de ambientes sombreados para disminuir la temperatura del aire y una envolvente (muros y techos) cuya temperatura superficial sea semejante a la temperatura ambiente. Así, la posibilidad de ventilar los locales a lo largo del día funcionará mientras la temperatura exterior no supere los 30 a 34ºC con una humedad relativa de 70 a 90%. Fuera de estos rangos la estrategia de ventilación cruzada pierde eficacia.

2.1.5.1.3. Ventilación convectiva

La convección es un fenómeno natural por el cual el aire caliente tiende a ascender y el frío a descender. Es posible utilizar la radiación solar para calentar aire de tal manera que, al subir, escape al exterior, teniendo que ser sustituido por aire más frío, lo cual provoca una renovación de aire que se denomina ventilación convectiva. El dispositivo que provoca este fenómeno se denomina chimenea solar.

En un espacio cerrado, el aire caliente tiende a situarse en la parte de arriba, y el frío en la de abajo. Si este espacio es amplio en altura, la diferencia de temperaturas entre la parte alta y la parte baja puede ser apreciable. Este fenómeno se denomina estratificación térmica.

Dos habitaciones colocadas a diferentes alturas, pero comunicadas entre sí, participan de este fenómeno, y resultará en que la habitación alta esté siempre más cálida que la baja.

Durante el día se pueden crear corrientes de aire aunque no haya viento provocando aperturas en las partes altas del inmueble, por donde pueda salir el aire caliente. Es importante prever de dónde provendrá el aire de sustitución y a qué ritmo debe ventilarse.

En este mecanismo existen ***infiltraciones*** de aire hacia la vivienda. Esta corresponde a la penetración del aire desde el exterior por fenómenos naturales en la vivienda, que afectan o son asumidos para la ventilación, por ejemplo, rendijas en puertas y ventanas o difusión a través de determinadas superficies.

El caudal de aire de infiltración varía según la estanqueidad de las puertas y ventanas, la porosidad de las paredes del edificio, su altura, escaleras, ascensores, dirección y velocidad del viento, y caudales relativos de aire de ventilación y de extracción. En general, las infiltraciones se deben sobre todo a la velocidad del viento, al efecto de chimenea o a la simultaneidad de ambos efectos.

La acción del viento se traduce en una sobrepresión en la fachada expuesta a él, y en una ligera depresión en el lado contrario del edificio. Esta sobrepresión hace que el aire exterior se infiltre en el local por los resquicios o rendijas de la construcción y los intersticios de puertas y ventanas, penetrando por la fachada expuesta y saliendo por el lado contrario.

La pérdida de calor por infiltración de aire se puede determinar a partir del volumen intercambiado por hora, de la diferencia de temperatura entre interior y exterior y del calor específico volumétrico del aire Ce, de la siguiente forma:

El calor específico del aire es 0,35 [J/(g•K)]; [kJ/(kg•K)].

Una forma sencilla de determinar las pérdidas por ventilación es multiplicando la cantidad de renovaciones de aire por hora (n) del recinto por 0,35, esto entrega las pérdidas térmicas por unidad de volumen producto de la ventilación (0,35·n), en [W/(m ^{3}·K)].

- Infiltraciones por rendijas de ventanas.

Figura n°12: Anemómetro midiendo infiltraciones en ventanas

[Fuente: Imágenes obra Foresta 4 [octubre 2018]

2.2 Ventilación forzada

Es la que se realiza mediante la creación artificial de depresiones o sobre presiones en conductos de distribución de aire o áreas de la vivienda. Éstas pueden crearse mediante extractores, ventiladores, unidades de tratamiento de aire u otros elementos accionados mecánicamente.

Elimina el problema de la dificultad de regulación que tiene la ventilación natural y la tasa de ventilación es perfectamente ajustable y controlable, en contrapartida consume energía eléctrica. Otra ventaja de la ventilación forzada frente a la natural es que puede ser aplicada en locales tales como sótanos o locales interiores de edificios, que no tienen comunicación directa con el exterior y que, por tanto, su ventilación sólo puede lograrse mediante conducciones a través de las cuales se fuerza el paso del aire mediante ventiladores.

Siguiendo con las cualidades de la ventilación mecánica se pueden mencionar: independencias de las variaciones atmosféricas, de los obstáculos que representan las edificaciones colindantes y de la orientación del bloque; ventilación permanente con caudales precisos del orden que se desee; expulsión controlada del aire viciado; nivel de ruido bajísimo; sin retornos del aire extraído; mantenimiento bajo de los equipos mecánicos que son de baja potencia

La ventilación mecánica puede realizarse por extracción mecánica y admisión natural (simple flujo) o por extracción y admisión mecánica (doble flujo).

En régimen de ventilación mecánica, mediante equipos electromecánicos vía arranque automático sea por sensores térmicos o de presión o de caudal.

Este tipo de funcionamiento estático mecánico, confiere a la ventilación un carácter inteligente siendo su máxima ventaja la de la eficiencia energética por mayor ahorro, así como menos ruidoso respecto a otros sistemas de ventilación por el hecho de funcionar a bajas presiones.

Es un tipo de ventilación que puede ser utilizado en un edificio de departamentos donde se trata de aprovechar la extracción natural favorecida por el diferencial térmico, el viento y la altura de tiro. Si estas condiciones no son suficientes, la ventilación de la vivienda no se verá interrumpida debido al funcionamiento automático del equipo extractor.

2.2.1. Ventilación hibrida

En el cruce de la ventilación natural y de la ventilación mecánica, la ventilación híbrida es un concepto nuevo que consiste en utilizar unos componentes y el dimensionamiento de los conductos de la ventilación natural acoplados a una asistencia mecánica no permanente de baja presión. La asistencia mecánica sólo se utiliza para ayudar a las fuerzas de los motores naturales (el viento y el tiro térmico) cuando es necesario y su puesta en marcha es automática.

La ventilación híbrida se basa en el principio de funcionamiento estático mecánico, que consiste en, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

Por consiguiente la ventilación híbrida posee dos modos de funcionamiento:

En régimen de ventilación natural, sea por tiro térmico o por viento. Siendo el tiro térmico resultante del diferencial térmico y de la altura de columna. El viento actúa sobre fachadas (ventilación transversal) y bocas de expulsión de los conductos de extracción (efecto Venturi).

En régimen de ventilación mecánica, mediante equipos electromecánicos vía arranque automático sea por sensores térmicos o de presión o de caudal.

Este tipo de funcionamiento estático mecánico, confiere a la ventilación un carácter inteligente siendo su máxima ventaja la de la **eficiencia energética** por mayor ahorro, así como menos ruidoso respecto a otros sistemas de ventilación por el hecho de funcionar a bajas presiones.

Es un tipo de ventilación que puede ser utilizado en un edificio de departamentos o viviendas donde se trata de aprovechar la extracción natural favorecida por el diferencial térmico, el viento y la altura de tiro. Si estas condiciones no son suficientes, la ventilación de la vivienda no se verá interrumpida debido al funcionamiento automático del equipo extractor.

- Ventilación hibrida

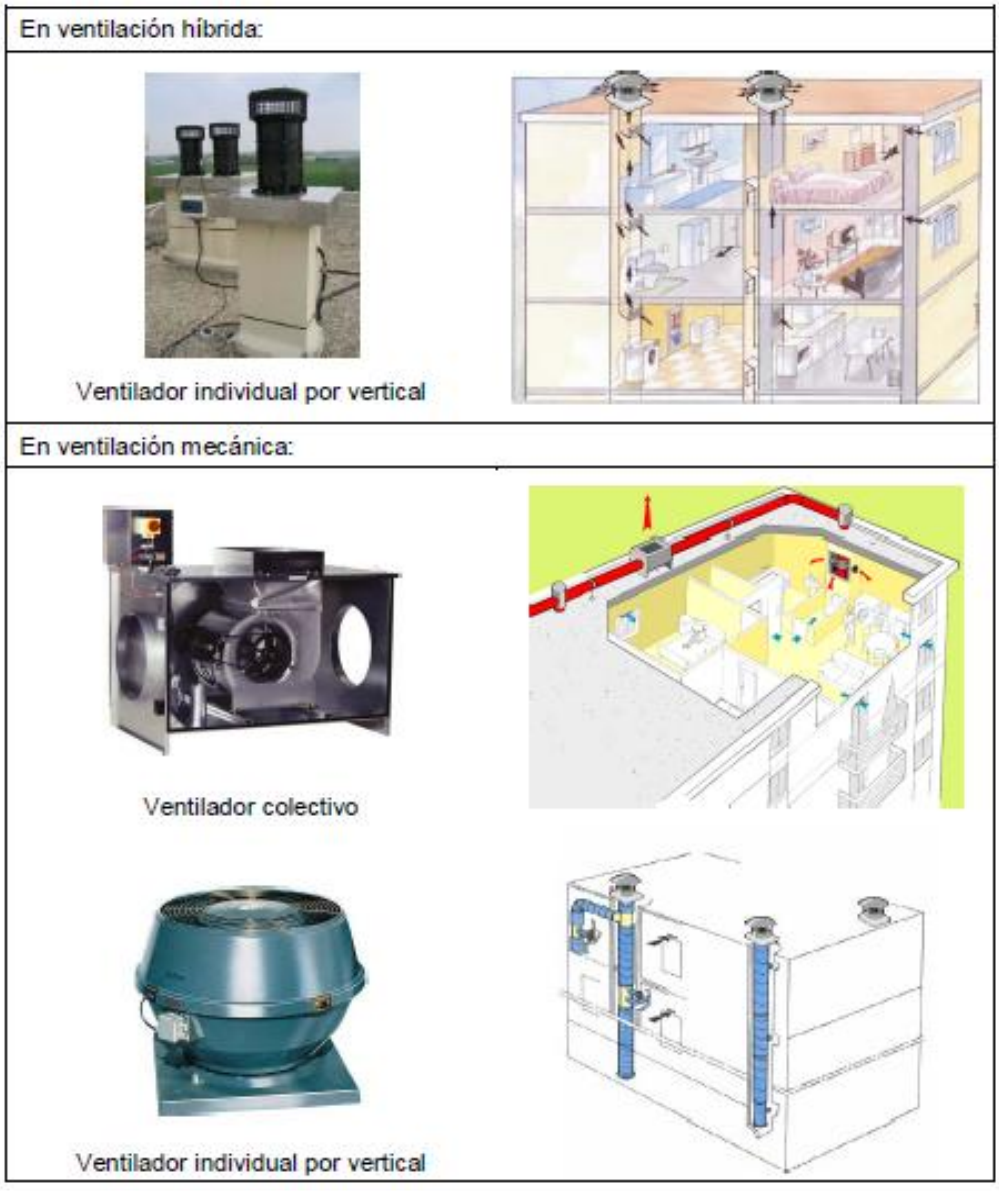


Figura n° 13: Ventiladores de extracción Híbridos

2.3. Sistemas de ventilación

La ventilación, natural o forzada, cuenta con tres procesos importantes: admisión de aire, paso de aire y extracción de aire.

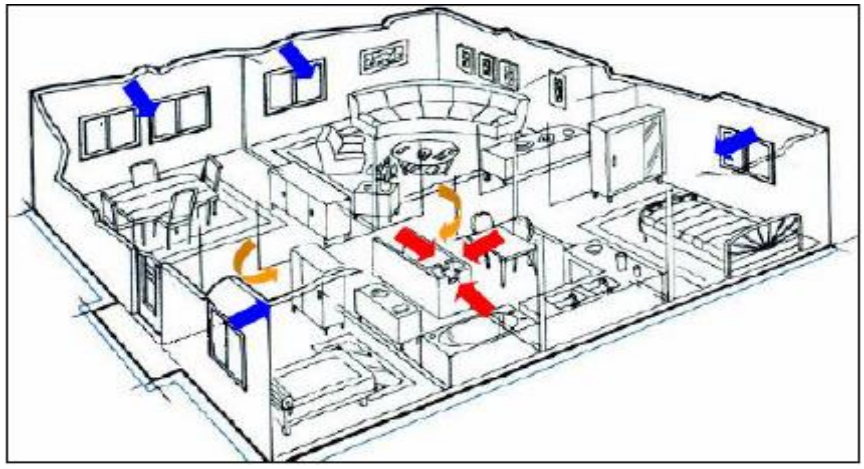


Figura n°14: Esquema de ventilación general de una vivienda

[Fuente: https://www.cparquitectos.es]

La admisión de aire limpio (flechas azules) desde el exterior se produce principalmente en los locales secos, los cuales son la sala de estar, el comedor y los dormitorios. El paso de aire (flechas amarillas) por los pasillos se realiza a través de aberturas de paso, como ser un aireador o la holgura existente entre las hojas de las puertas y el suelo. Finalmente, la extracción del aire (flechas rojas) se debe producir en los locales húmedos, como la cocina, los baños y los cuartos de aseo, por medio de ventiladores de extracción hacia el exterior. Siguiendo este criterio se evita hacer circular aire contaminado o con exceso de humedad por recintos más limpios o secos.

2.3.1 Admisión de aire

Dentro de los tipos de admisión de aire se encuentra la admisión natural, con aberturas colocadas en fachada, y la admisión mecánica, con ventiladores de impulsión.

Las aberturas de admisión de aire para la ventilación natural o híbrida se colocan sobre las ventanas, en cajas de persianas o en los muros de los locales secos.

Figura n°15: Admisión de aire por ducto vivienda sector Foresta

[Fuente: Imágenes obra Foresta 4 octubre 2018]

2.3.2. Extracción de aire

En la siguiente figura se aprecian los distintos tipos de aberturas de extracción posibles a instalar en una vivienda. Estos tipos de aberturas se determinan según el sistema de ventilación adoptado.

Cada boca de extracción está conectada a un conducto vertical que lleva el aire extraído hacia el exterior

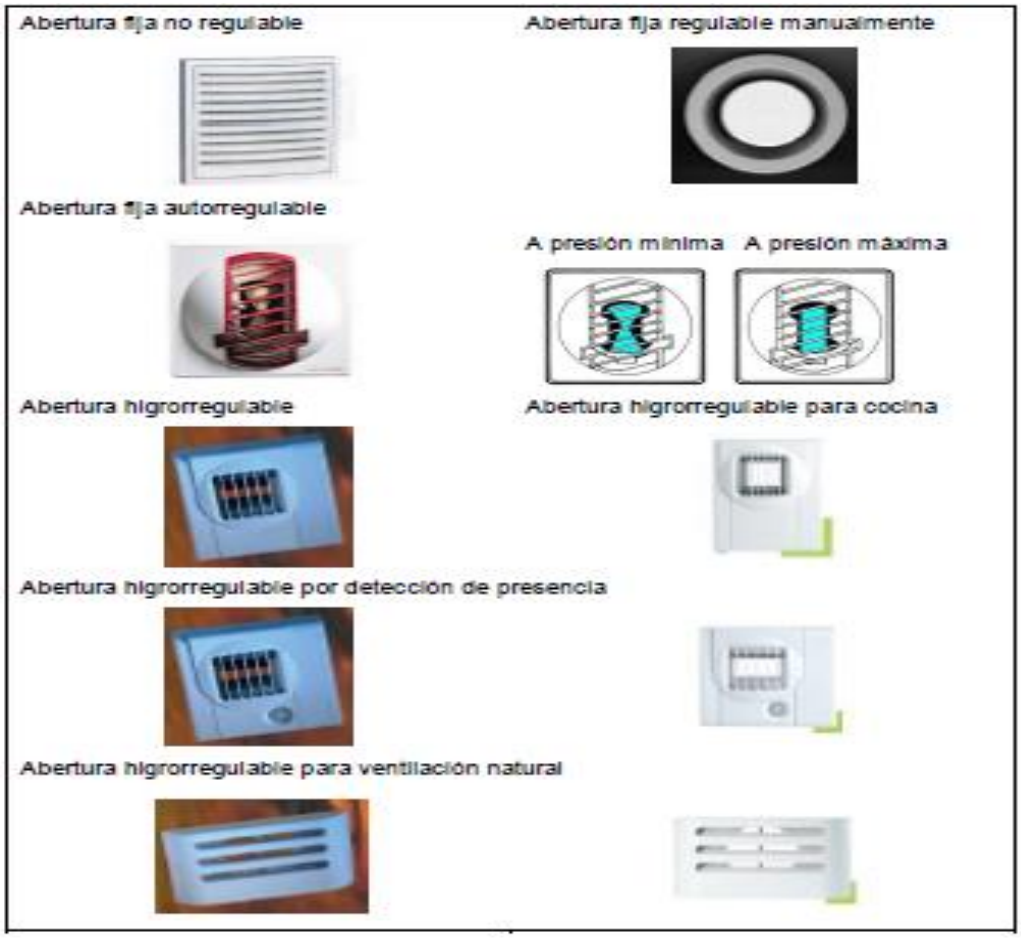


Figura n°16: Rejillas de tipos de aberturas de extracción

[Fuente: https://www.cparquitectos.es]

Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un extractor o campana conectado a un ducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda

Existen distintos ventiladores de extracción dependiendo del tipo de ventilación que tenga la vivienda. Para la ventilación híbrida, los ventiladores de extracción deben ser individuales por conductos verticales y arrancar de forma automática cuando la ventilación natural no permita asegurar los caudales mínimos necesarios. En la ventilación mecánica los ventiladores pueden ser individuales o colectivos.

Para ambos casos se debe disponer de un sistema que impida la inversión del desplazamiento del aire en todos los puntos.

2.3.3. Tipos de sistemas de ventilación

Los sistemas de ventilación se diferencian según la técnica de ventilación y el tipo de aberturas de admisión y extracción utilizado para controlar los caudales de ventilación. Se pueden distinguir cinco sistemas de ventilación:

a) Sistema simple flujo no regulable.

b) Sistema simple flujo regulable manualmente.

c) Sistema simple flujo autorregulable.

d) Sistema simple flujo modulado.

e) Sistema doble flujo autorregulable.

a) Sistema simple flujo no regulable.

Está constituido por aberturas de admisión y extracción con superficie de paso fija que no permiten ajustes para aumentar o disminuir el caudal que pasa por dichas aberturas. Es un sistema aplicado principalmente en ventilación híbrida.

Con este sistema se obtienen caudales de ventilación descontrolados que son muy sensibles al viento, al diferencial térmico y a la posición de la vivienda dentro de un edificio. Esto produce riesgos de caudales excesivos con los efectos de corrientes de aire indeseadas y pérdidas energéticas importantes.

b) Sistema simple flujo regulable manualmente.

Constituido por aberturas de admisión y extracción con superficies de paso regulables manualmente según la presión disponible en cada punto de la instalación.

Se permiten ajustes de manera manual y es un sistema aplicado principalmente en ventilación mecánica.

Con la posibilidad de adaptar las aberturas manualmente se obtienen caudales más controlados y menos dependientes de los parámetros climatológicos o constructivos. Se tienen pérdidas energéticas controladas y un mayor confort al reducir el riesgo de corrientes de aire. Sin embargo, las aberturas de admisión pueden ser inadaptadas a cierto tipo de exposición al viento y se presenta el riesgo de desequilibrar la instalación por actuación de los usuarios sobre las bocas de extracción.

c) Sistema simple flujo autorregulable.

Este sistema consta de aberturas de admisión y extracción que incorporan un elemento mecánico capaz de detectar la presión disponible y establecer automáticamente la superficie de paso necesaria para conseguir el caudal deseado.

La autorregulación se realiza dentro de un rango de presiones definidos. De esta manera se obtienen caudales constantes perfectamente controlados y pérdidas energéticas controladas.

Es un sistema utilizado para ventilación con extracción mecánica y es poco sensible a vientos en fachadas.

d) Sistema simple flujo modulado.

El sistema modulado o sistema higrorregulable es un sistema capaz de ventilar donde es necesario, cuando es necesario y con el caudal de aire necesario, que se basa en el número de ocupantes y su distribución dentro de la vivienda, el tipo de utilización de los locales húmedos, la temperatura y nivel de humedad interior y exterior, y la permeabilidad al aire de la vivienda.

Los caudales de ventilación se regulan automáticamente gracias a las aberturas de admisión y extracción higrorregulables capaces de ajustar su superficie de paso y por lo tanto su caudal en función de la humedad relativa de cada local, adaptándose a las necesidades de cada zona y de cada momento.

Este sistema se puede aplicar tanto a la ventilación híbrida como a la mecánica. Se logra mayor confort y mayor ahorro energético (alrededor del 50%), y los riesgos de condensación son muy limitados.

e) Sistema doble flujo autorregulable.

Este sistema de ventilación asegura la ventilación permanente y general de las viviendas, permitiendo conseguir un importante ahorro energético mediante el uso de un recuperador estático situado en cada vivienda, y un confort óptimo al atemperar y filtrar el aire introducido.

La ventilación se realiza de forma mecánica mediante dos redes de conductos conectados a un ventilador centralizado de extracción y un ventilador

centralizado de impulsión, situados fuera de las viviendas (en terraza, bajo cubierta,...).

La regulación de las bocas de extracción e impulsión a un caudal constante se efectúa por ajuste automático de la superficie de paso de aire, en función de la presión disponible en cada punto de la instalación.

Este sistema permite realizar un ahorro energético sustancial al recuperar hasta un 80% de las calorías o frigorías del aire extraído y reforzar el aislamiento acústico de fachada eliminando las entradas de aire en fachada, además de impulsar un aire filtrado y precalentado en invierno.

Se puede implementar tanto en viviendas individuales como en edificios de departamentos

2.3.4 Técnicas de ventilación

La técnica de ventilación define la forma con la que el aire es introducido y extraído de la vivienda. Se pueden distinguir dos técnicas de ventilación:

a) Técnica simple flujo: Admisión natural, extracción natural o mecánica.

b) Técnica doble flujo: Admisión mecánica, extracción mecánica

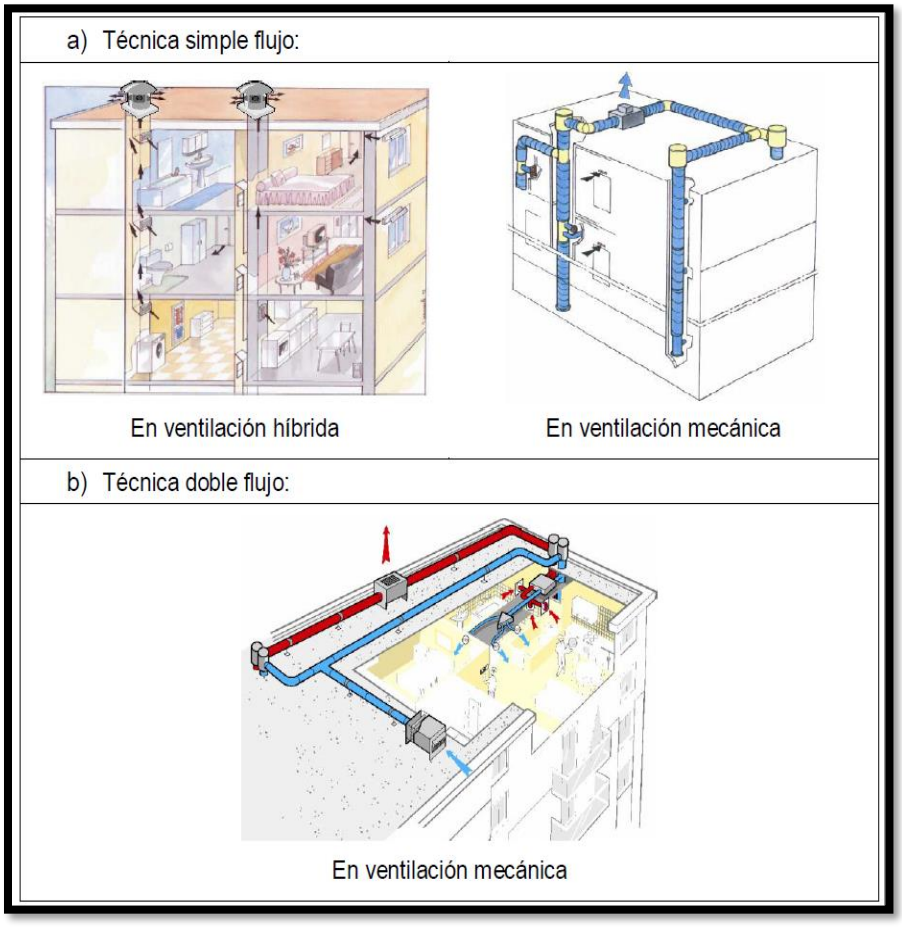


Figura n°17: Técnicas de ventilación

[Fuente: https://www.diba.cat/]

Como estas son condiciones normales para aplicaciones destinadas al confort, ocasionalmente es tolerable que se sobrepasen

2.3.5. Renovaciones de aire

Como ya se ha mencionado, la renovación es el intercambio de aire “usado” en el interior de los locales por aire “nuevo” procedente del exterior.

Es importante reducir al mínimo las pérdidas térmicas por ventilación, sin embargo, un mínimo de ventilación es necesaria para la higiene de la vivienda, especialmente en ciertos espacios. En la cocina, por ejemplo, es necesaria una salida de humos y ventilar para eliminar los olores propios de la actividad culinaria. En el baño también es necesario ventilar por la misma razón.

La renovación de aire, entonces, depende básicamente del uso que se le dé al recinto. En la siguiente tabla, extraída del manual Aislación Térmica Exterior – Manual de diseño para soluciones en edificaciones, se muestran las renovaciones de aire por hora, n, recomendadas según el lugar, es decir, cuántas veces en una hora se debe renovar completamente el volumen de aire.

Por su parte, la norma oficial chilena NCh1960.Of89, Aislación térmica –

Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas, propone una tabla informativa para calcular las renovaciones de aire.

Tipo de recinto	Renovaciones de aire de cálculo por hora
Baño con W.C.	**2 – 3**
Baño con ducha	**5 – 8**
Cocina	**3 – 4**
Lavado y secado de ropa	**6 – 8**
Estar, comedor	**1 – 1,5**
Dormitorio (1 cama)	**1**
Dormitorio (2 camas)	**1 – 1,5**
Dormitorio (3 o 4 camas)	**1,5 – 2**
Otros recintos habitables	**1 – 1,5**

Tabla Nº 1: Renovaciones de aire consideradas en recintos de viviendas

[Fuente: Norma oficial Chilena NCh1960.Of89]

2.3.6. Caudal de Renovación

Es necesario prever un cierto caudal de aire exterior que permita la dilución de contaminantes y disipación de vapor de agua en el aire interior, la supresión de olores y produzca condiciones de confort.

El flujo de aire de la renovación se mide como un caudal en m3/h por unidad de uso. Se puede aplicar de las siguientes formas:

- m3/h y local, por ejemplo, por dormitorio
- m3/h y persona
- m3/h y m2 de superficie de local
- m3/h y m3 de volumen de local o renovaciones/hora

El caudal de renovación Q se suele introducir por huecos, dependiendo de su superficie abierta S (m^2) y de la velocidad del aire V (m/s), resultando:

$$Q = S \cdot V \cdot 3600 \text{ (m3/h)} \qquad \textbf{(Ecuación 1)}$$

La tasa de renovación necesaria varía principalmente con el número de ocupantes, el volumen interior de aire y la actividad a desarrollar en su interior. Expertos dicen que, aunque para suprimir los olores corporales baste un caudal de aire exterior de 8,5 m3/h por persona, se recomienda proveer 13 m3/h. Este mínimo corresponde a una altura de techos de 2,40 m y a una densidad de ocupación media de una persona por 4,5 a 7 m2 de suelo. Si la densidad es mayor debe aumentarse este mínimo. La supresión de olores de tabaco necesita de 25 a 42 m^3/h por fumador.

2.4. Legislación y normas técnicas

En este punto se detalla el estado actual de las legislaciones y normativas nacional e internacionales en cuanto a lo que se refiere a la ventilación en viviendas.

2.4.1. Legislación y normativa nacional

La reglamentación que rige actualmente en Chile en lo que se refiere a la ventilación en viviendas está establecida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

(OGUC). A continuación se detallarán los artículos de dicho documento que hacen referencia a ventilación y posteriormente se realizará una crítica o comentario de la legislación nacional.

2.4.2. Ordenanza general de urbanismo y construcciones

La ventilación en viviendas se hace presente en la OGUC en el Título 4: “De la arquitectura”, Capítulo 1: “De las condiciones de habitabilidad”, específicamente en los artículos 4.1.1 al 4.1.3.

Como introducción al tema de habitabilidad se definen los tipos de locales dentro de una vivienda (Artículo 4.1.1.):

1. Locales habitables: los destinados a la permanencia de personas, tales como: dormitorios o habitaciones, comedores y salas de estar.

2. Locales no habitables: los destinados al tránsito o estadía esporádica de personas, tales como cuartos de baño, cocinas, salas de vestir, lavaderos, vestíbulos, galerías o pasillos.

Luego se habla de ventilación en dos artículos:

Artículo 4.1.2. Los locales habitables deberán tener, al menos, una ventana que permita la entrada de aire y luz del exterior, con una distancia mínima libre horizontal de 1,5 m medida en forma perpendicular a la ventana cuando se trate de dormitorios. Sin embargo, se admitirán ventanas fijas selladas siempre que se contemplen ductos de ventilación adecuados o sistemas de aire

acondicionado conectados a grupo electrógeno automático y que no se trate de dormitorios o recintos en los que se consulten artefactos de combustión de cualquier tipo.

Los locales no habitables sin ventanas o con ventanas fijas deberán ventilarse a través de un local habitable, o bien contemplar algún sistema de renovación de aire.

Artículo 4.1.3. No obstante lo dispuesto en el artículo anterior, los baños, cocinas y lavaderos, cuando no contemplen ventana al exterior que permita la renovación de aire, deberán ventilarse mediante un ducto, individual o colectivo, de sección libre no interrumpida de, al menos, 0,16 m2.

Estos ductos serán exclusivos para ventilación, no podrán servir a baños y cocinas simultáneamente y deberán indicarse en los planos de planta de arquitectura y de estructura del proyecto.

La sección mínima indicada en el inciso primero podrá reducirse en caso de contemplarse tiraje forzado, debiendo justificarse técnicamente la sección proyectada.

La salida del ducto al exterior, salvo especificación distinta contemplada en el respectivo proyecto, deberá sobresalir al menos 1 m de la cubierta y situarse a una distancia libre no menor a 3 m de cualquier elemento que entorpezca la ventilación por dos o más de sus costados.

2.4.3. Normas chilenas

En esta norma solo se menciona la aislación térmica ya que no existe una sobre la ventilación.

NCh1973.Of87: Acondicionamiento térmico – Aislación térmica – Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial.

Esta norma plantea que la condensación superficial en edificios habitacionales, especialmente viviendas, se produce a causa de dos factores básicos:

a) Alta humedad relativa del aire ambiente

b) Baja temperatura de las superficies de muros, cielos, ventanas u otros elementos respecto a la temperatura del aire interior

Dentro de los aspectos que originan estos factores, la norma cita dos que se refieren a ventilación:

- Renovación insuficiente del aire de los ambientes interiores
- Admisión de aire muy húmedo desde el exterior y a temperatura relativamente alta.

Abordando el tema de fondo de la disminución y eliminación del riesgo de condensación superficial, se prescribe un método de cálculo aumentando la resistencia térmica de los elementos perimetrales. También se recalca que este método es complementado con el cálculo de las renovaciones de aire necesarios para evitar la condensación.

Se debe verificar que la renovación del aire ambiente sea suficiente para impedir que el contenido de humedad del aire se eleve.

El número de renovaciones, N, del volumen de aire contenido en un local determinado, V, queda dado por la condición establecida en la ecuación 2:

$$N > \frac{0{,}83 \cdot m_v}{(H_{is} - H_e)V}$$ **(Ecuación 2)**

En que:

Mv= es la masa de vapor de agua producida en cada hora dentro del local;

His= es el contenido de humedad absoluta del aire interior para la temperatura de uso y la máxima humedad relativa permitida sin que se produzca condensación superficial en los elementos perimetrales;

He= es el contenido de humedad absoluta del aire exterior. Para efectos de cálculo, en el exterior se supone una humedad relativa de un 90%;

V = es el volumen del local.

c) En los locales existe una renovación permanente del aire ambiente por rendijas de puertas y ventanas, infiltraciones, que puede ser suficiente para mantener el contenido de humedad del aire ambiente bajo el nivel permitido por la resistencia térmica mínima, cuando la producción de vapor de agua en el local es reducida.

d) Si el número de renovaciones conseguida por infiltraciones es menor que el requerido, se deberán contemplar aberturas de ventilación o la instalación de sistemas mecánicos de extracción del aire húmedo.

En el anexo B de esta norma se informa acerca de la renovación del aire por infiltraciones, tanto para el método de las rendijas como para el método de las renovaciones:

En el método de las rendijas el caudal de aire infiltrado se calcula siguiendo lo establecido en la tabla 2 y 3:

Número de paredes exteriores	Cantidad de aire infiltrado en el local
Una	Total de las infiltraciones por las rendijas de puertas y ventanas existentes en la pared.
Dos	Total de la pared que tenga la mayor infiltración.
Tres o cuatro	Total de la pared que tenga mayor infiltración o la mitad del total general de infiltraciones; se toma el mayor valor de los dos.

Tabla 2: Cantidad de aire renovado por infiltración natural dentro de un espacio cerrado

[Fuente: Norma Chilena NCh1973.Of87]

Element o	Velocidad del viento en km/h						
	8	16	24	32	40	48	56
Ventanas							
Ventanas de guillotina con marco de madera:							
normal sin burlete	0,7	2,0	3,6	5,5	7,4	9,6	11,8
normal con burlete	0,4	1,2	2,2	3,3	4,6	5,8	7,0
desajustada sin burlete	2,5	6,4	10,3	14,5	18,4	23,4	28,4
desajustada con burlete	0,6	1,8	3,2	4,7	6,6	8,5	10,4
Ventanas de guillotina con marcos metálico:							
sin burlete	1,8	4,4	6,8	9,6	12,8	15,6	18,4
con burlete	0,6	1,8	2,9	4,3	5,6	7,1	8,6
Ventanas de abatir tipo industrial con marcos metálicos, rendija de 1,6 mm	4,8	10,0	16,1	22,8	28,4	34,5	40,6
Ventanas de abatir tipo residencial con marcos metálicos, suspendidas con bisagras, eje vertical de giro:							
rendijas de 0,4 mm	0,6	1,7	3,0	4,3	5,6	6,8	8,0
rendijas de 0,8 mm	1,3	3,0	4,8	7,1	9,3	11,7	14,1
Puertas							
Puertas de vidrio:							
con rendija de 3 mm	17,8	35,6	54,5	72,4	89,1	105,8	122,5
con rendija de 5 mm	26,7	55,6	78,0	111,4	133,8	161,7	189,6
con rendija de 6,5 mm	35,6	72,4	105,8	144,9	144,9	211,9	278,9
Puertas comunes de madera o metal bien ajustadas:							
sin burlete	2,5	6,4	10,2	14,2	18,3	22,4	26,5
con burlete	1,3	3,2	6,1	7,4	9,2	11,0	12,8
Puertas comunes de madera o metal mal ajustadas:							
sin burlete	5,0	12,7	20,4	28,3	36,6	44,9	53,2
con burlete	2,5	6,3	10,2	14,2	18,3	22,4	26,5

Tabla n°3: Infiltración por rendijas de ventanas y puertas en m³/h por metro lineal de rendija

[Fuente: Norma Chilena NCh1973.Of87: Acondicionamiento térmico]

Se entrega una tabla con el número de renovaciones por hora motivadas por la infiltración natural del aire bajo condiciones normales

Clase de habitación o edificio	Número de renovaciones por hora
Habitaciones con un lado expuesto al exterior	1
Habitaciones con dos lados expuestos al exterior	1,5
Habitaciones con tres o cuatro lados expuestos al exterior	2
Habitaciones sin puertas o ventanas al exterior	0,5 a 0,75
Salas de recepción	2
Cuartos de baño	2
Almacenes	1 a 3

Tabla nº 4 Renovaciones de aire por infiltración natural a través de puertas y ventana

[Fuente: Norma Chilena NCh1973.Of87:]

2.4.4. Legislación Extranjera (España)

Instrucciones Técnicas Complementarias

Otro documento adicional al RITE denominado Instrucciones Técnicas Complementarias contiene información importante en lo que se refiere a calidad del aire interior y ventilación:

ITE 02 Diseño

ITE 02.2 Condiciones interiores

ITE 02.2.2 Calidad del aire interior y ventilación

Para el mantenimiento de una calidad aceptable del aire en los locales ocupados, se considerarán los criterios de ventilación indicados en la norma UNE 100011, en función del tipo de local y del nivel de contaminación de los ambientes, en particular la presencia o ausencia de fumadores.

La ventilación mecánica se adoptará para todo tipo de sistemas de climatización siendo recomendable también para los demás sistemas a implantar en locales atemperados térmicamente.

El aire exterior será siempre filtrado y tratado térmicamente antes de su introducción en los locales.
El análisis de las características físicas del aire del entorno del edificio determinará los tratamientos a que ha de someterse antes de su introducción en los locales. Su grado de contaminación afectará a la selección del sistema de filtrado a emplear y su entalpía a la posible utilización como fuente de energía gratuita.
La posible existencia de diversas calidades de aire, tanto térmicas como contaminantes, en el entorno del edificio hace necesaria la correcta ubicación de las tomas de aire exterior, teniendo en cuenta los vientos dominantes y las zonas de aire con calidad diferenciada por insolación o contaminación.
En el proyecto se detallarán los puntos de control y limpieza de la instalación de filtrado para mantenimiento de equipo y conductos.

El aire exterior mínimo de ventilación introducido en los locales se empleará para mantener éstos en sobrepresión con respecto a:

a) los locales de servicio o similares, para que se cree un flujo de aire desde los primeros a los segundos que evite la penetración de olores en los espacios normalmente ocupados por las personas

b) el exterior, de tal forma que se eviten infiltraciones, que produce entrada de polvo y corrientes de aire incontroladas

En caso de no adoptarse la ventilación mecánica en sistemas de calefacción, y a efectos del cálculo de la demanda térmica en proyecto, el número de renovaciones horarias a considerar no será inferior a uno.

- **Documento Básico “DB HS Salubridad” del Código Técnico de Edificación (CTE)**

Como se menciona en la instrucción técnica “Exigencia de calidad del aire interior” (IT 1.1.4.2) del RITE, la ventilación para la calidad de aire interior se rige

por el Documento Básico “DB HS Salubridad” del Código Técnico de Edificación (CTE). En este sentido, el CTE dice lo siguiente:

- **Artículo 13. Exigencias básicas de salubridad (HS)**

1. El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

2. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico “DB HS Salubridad” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad.

- **Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior**

1. Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

2. Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta

del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.

A continuación se detalla lo más importante de lo establecido en la Sección HS 3 Calidad del aire interior:

- **Caracterización y cuantificación de las exigencias**

1. El caudal de ventilación mínimo para los locales se obtiene en la tabla 5 teniendo en cuenta las reglas que figuran a continuación.

2. El número de ocupantes se considera igual,

a) en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble, a dos;

b) en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.

3. En los locales de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

	Caudal de ventilación mínimo exigido en l/s		
Locales	Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño			15 por local
Cocinas		2 (1)	50 por local (2)
Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

(1) En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

(2) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Tabla 5: Caudales de ventilación mínimos exigidos

[Fuente: Código Técnico de Edificación (CTE)]

CAPITULO 3

DESCRIPCION DE EQUIPOS Y METODOLOGIAS DE CÁLCULO

3.1. Equipos de medición

Para seleccionar la situación del equipo y planificar los sistemas de distribución de aire es necesario, además del análisis de la vivienda, obtener información acerca de:

1. Espacios disponibles: situación de los huecos de conductos y espacios para unidades de ventilación.
2. Posibles obstrucciones: situación de las conducciones eléctricas, cañerías o interferencias en general que puedan estar situadas en el trazado de los conductos.
3. Situación de las entradas de aire exterior: en relación con la calle, otros edificios, dirección del viento, suciedad y desvió de contaminantes nocivos.
4. Características arquitectónicas de la vivienda: para seleccionar las salidas de aire que se va a impulsar.

3.1.1. Termo anemómetro

El equipo utilizado para realizar las mediciones del flujo de aire que se infiltra por los intersticios de puertas y ventanas fue un anemómetro térmico. El instrumento consiste en una caja que permite visualizar la velocidad del flujo y regular la escala de medición. A un extremo de esta caja y mediante un cable está conectada una varilla con un filamento caliente. Este filamento consiste en un hilo calentado eléctricamente: la acción del viento tiene por efecto enfriarlo y hace variar así su resistencia; por consiguiente, la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento.

Figura: n°18: Termo Anemómetro térmico

[Fuente: Elaboración Propia]

3.1.2. Tubos de humo

Los tubos de humo pueden proporcionar una rápida visualización del flujo de aire (o camino que recorre) y, por tanto, nos ayudan a identificar las presiones diferenciales. Provocando pequeñas emisiones de humo se suele obtener mejor información que liberando una gran “nube” de humo. En áreas ocupadas, si el humo se dispersa en pocos segundos, sugiere que hay una buena circulación de aire. Los tubos de humo tienen una variedad de usos y deben ser un elemento básico en el diagnóstico del edificio. Se pueden utilizar:

- Cerca de las tomas de aire ya que proporcionan información acerca de la velocidad y dirección del aire de aportación.
- Cerca de las rejas de retorno para asegurar que el aire exhausto es dirigido al exterior de la zona.

- Cerca de la cámara de combustión, hornos, cocinas, etc. para asegurarse que no hay rebufo de los gases hacia el interior de la zona ocupada.
- En conductos para detectar pérdidas.
- A la entrada de un almacén o habitación de residuos o laboratorio, etc. Para comprobar que se halla a presión negativa respecto a las zonas ocupadas que tiene alrededor.
- A la entrada de salas limpias para asegurarse que estas zonas se halla a presión positiva.

3.1.3. Anemómetro

Un anemómetro pueden usarse para medir la velocidad del aire que pasa por un punto o superficie. Para hallar con precisión la velocidad a través de un conducto o apertura, se deben realizar múltiples lecturas. Es importante seguir las instrucciones del fabricante que se adjuntan con el equipo.

El caudal de aire a través del conducto o apertura se calcula multiplicando el área de

m2) m3 paso (por la velocidad de paso del aire (m/s) para obtener el caudal (/s).

Caudal de aire (m3/s) = Área libre de paso (m2) x velocidad promedio (m/s)

Cálculo del porcentaje de aire exterior utilizando mediciones de dióxido de carbono (CO2)

Como último recurso, si el aire exterior no puede medirse directamente, se puede medir indirectamente a través de mediciones de CO_2.

Medir el flujo total de aire aportado utilizando una cabina de captura de aire o un medidor de velocidad. De forma simultánea, medir el porcentaje de dióxido de carbono del aire aportado, del retorno y del exterior.

Figura n°19: Anemómetro con filamento caliente

[Fuente: Elaboración Propia]

3.1.4. Rangos de valores recomendados

El RITE en ITE 02.2.1, refiriéndose al bienestar térmico, establece que las condiciones interiores de diseño se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas y su grado de vestimenta y, en general, estarán comprendidas entre los siguientes límites:

Estación	**Temperatura**	**Humedad relativa**	**Velocidad med. Aire**
	ºC	**%**	**m/s**
Verano	23 a 25	40 a 60	0,18 a 0,24
Invierno	20 a 23	41 a 60	0,15 a 0,20

Tabla n°5: Valores aceptables de Temperatura, Humedad y velocidad del aire

[Fuente: El RITE en ITE 02.2.1 normativa española]

3.1.5. Sonda de Calidad de Aire

Los tubos de absorción son sencillos, fácilmente disponibles para medir CO_2 y muy baratos. Sin embargo, debido a que su precisión es de un 25%, no resultan indicados para evaluar parámetros de calidad de aire interior. Aunque son más caros, los instrumentos de medida directa que utilizan espectrometría de infrarrojos son mucho más apropiados.

Figura n°20 Anemómetro con sensor de CO2

[Fuente: Imagen de la web]

Categoria	PPI (%)	Concentracion de CO2 (ppm)	
		Sobre aire exterior	Absoluta
A	15	460	810
B	20	660	1010
C	30	1190	1540

Tabla n°6: Concentración de CO2 (ppm)

[Fuente: El RITE en ITE 02.2.1,]

3.1.5.1. Interpretación de las medidas de CO2 por encima de los valores límites

Los valores de CO_2 interiores deben medirse en los valores máximos. Los máximos usualmente se producen alrededor de las 11 de la mañana y a las 3 de la tarde en una oficina típica.

Si en la zona ocupada los valores están siempre por encima de los 1000 ppm:

Comprobar que no hay calderas, quemadores, hornos, etc. que a su vez estén produciendo monóxido de carbón Comprobar los niveles de CO2 exteriores; y comparar la diferencia entre la concentración interior y exterior con los valores adecuados (que deben estar entre 500 y 700 ppm).

Si ninguna de estas comprobaciones permite explicar porque el CO2 está en niveles por encima de 1000 ppm, puede resultar una suposición válida la de afirmar que la tasa de ventilación es demasiado baja

3.1.5.2. Interpretación de las medidas de CO2 por debajo de los valores límites

Si los niveles de CO2 están por debajo de las pautas marcadas, no significa que la relación de la ventilación o que la calidad de aire sea satisfactoria. Las medidas de CO2 por debajo de los límites establecidos no son indicadores ni de buena Calidad de aire interior ni de tasas de ventilación satisfactorias.

Por lo general, las medidas de CO2 no tienen en cuenta los contaminantes del ambiente, que pueden ser importantes, y se suponen debidas a las personas. Por otra parte el uso del CO2 como indicador de la tasa de ventilación generalmente tiende a sobreestimar la verdadera relación de la ventilación, a veces incluso entre un 100 y un 200%.

Eso se produce porque los valores límites se basan en la suposición de que el CO_2 ha llegado a un valor fijo en condiciones estacionarias, a que la gente que ocupa el edificio se ha estabilizado en número y a que el ratio de ventilación es constante, por lo que el nivel de CO_2 va creciendo hasta alcanzar las condiciones estables y ya no sube más. Sin embargo como el valor estacionario será mayor con mayor densidad de ocupación y menor ratio de ventilación. Desgraciadamente es poco probable de que el estado estacionario haya llegado.

3.2. Metodología de análisis

Se debe seleccionar la vivienda por medio de la jefatura de la constructora a cargo del proyecto en la cual se hará el ensayo, visualizando las características de materiales de la vivienda y observando las cantidades de ventanas y puertas y puntos de ingreso o salida de aire.

Identificados los puntos de ingreso de aire se deberá medir la velocidad de aire, humedad relativa, temperatura y dióxido de carbono.

Se registra los valores de velocidad del viento que ingresa a la casa a través de los puntos de acceso de aire (puertas, ventanas, perforaciones en las paredes), mediante un anemómetro. Las infiltraciones se calculan para la sala de estar- living comedor y el dormitorio principal. También se midió, con el mismo instrumento, la velocidad con la cual sale el aire por la rejilla de extracción del baño.

Luego de haber registrado los parámetros característicos de humedad relativa, dióxido de carbono, temperatura interior y exterior y velocidad de aire, se analizarán los resultados para compararlos con normas nacionales e internacionales terminando con alguna solución de mejora para la ventilación y renovación de aire para esta vivienda tipo 3 y asi mejorar la calidad de aire interior .

3.3 Característica de la vivienda

Las características de la vivienda tipo 3 de la obra Foresta 4 de la comuna de San Pedro de la Paz son las siguientes:

- La vivienda consta de 50 mt2 construidos y su materialidad en su primer nivel es de albañilería con vigas de hormigón,
- El piso un radier de 8 cm de hormigón,
- Los recintos del primer nivel que consta son un cuarto de servicios, cocina y living comedor
- En el segundo nivel consta de una losa de hormigón de espesor de 10 centímetros de diámetro, dos dormitorios uno principal y un dormitorio simple, y un baño y es estructuralmente de madera tabiquería y cerchas y revestimientos con yeso cartón con sus respectivas terminaciones de pintura y molduras,

En la tabla n°7 se observa la superficie de sus recintos en m^2 y su volumen respectivo y velocidad de aire en ductos de ventilación en muros.

Mediciones vivienda social tipo 3	LARGO	ANCHO	ALTO	MT2	VOLUMEN	VELOCIDAD DE AIRE EN DUCTOS DE VENTILACION
Descripción						
Primer nivel						
Living comedor	4,39	3,93	2,35	17,3	40,5	0,60 m/s
Cocina	2,22	2,27	2,35	5,0	11,8	0,39 m/s
Sala	2,22	1,69	2,35	3,8	8,8	0,02
Segundo nivel						
Dormitorio1	2,91	3,93	2,35	11,4	26,9	0,01
Dormitorio2	3,87	2,29	2,35	8,9	20,8	0,01
Baño	1,66	2,1	2,35	3,5	8,2	0

Tabla n° 7; Datos de medición de los recintos de la vivienda analizada

[Fuente: Elaboración Propia]

En cuanto a su orientación, la vivienda tiene vistas hacia el sureste y hacia el

suroeste. El lado sureste, que da a la calle, no presenta edificación que Impida el ingreso de luz, que dé sombra, ni que impida la entrada del viento. Para realizar el estudio de calidad de aire interior en la vivienda social, se realizó un estudio de las características de la vivienda, de cada uno de los recintos o ambientes que lo conforman, y también forman parte de este estudio los planos de detalles arquitectónicos.

En segundo lugar se visualiza las características de la vivienda, materialidad, y orientación con respecto a los puntos cardinales de los efectos viento, ubicación de ductos de ventilación celosías que posee la vivienda, cantidad de puertas y ventanas tanto en el primer nivel y segundo nivel , y las dimensiones de espacios de ambientes interiores, (largo, ancho, alto). Enseguida se comienza a realizar las mediciones de Humedad relativa, Dióxido de carbono, Temperatura Ambiente y velocidad del flujo de aire interior en cada recinto, con un Anemómetro calibrado

Figura 21: vivienda tipo 3 [Fuente: elaboración Propia]

CAPITULO 4

ANALISIS Y COMPARACION RESULTADOS

4.1 Comparación de Parámetros característicos de mediciones de humedad, Dióxido de carbono y Temperatura

Estos Parámetros característicos de medición se realizaron con el instrumento anemómetro térmico en la vivienda tipo 3 de la obra foresta 4 de la comuna de San Pedro de la Paz para ser analizados y comparados con normas chilenas e internacionales.

Cant	Parámetros	Método Experimental con anemómetro	Norma chilena	Norma española
1	Dióxido de carbono	1100 PPM	400-600ppm	500-700ppm
2	Temperatura interior	14 ºC	Invierno 18 a 22ºC Verano 23 a 25ºC	Invierno 20 a 23º C Verano 23 25ºC
3	Humedad relativa	70%	40 -60%	40 -60%

Tabla n° 8; Datos de medición de parámetros de calidad de aire interior.

[Fuente: Elaboración Propia]

Estos valores dan como resultados que esta vivienda tipo 3 de la obra Foresta no cumple con normas tanto nacionales como internacionales de parámetros de calidad de aire y confort habitacional.

Esto es debido mayor parte a que esta vivienda no está habitada por sus futuros dueños los niveles que se obtuvieron tanto como la humedad relativa y dióxido

de carbono están elevados debido a que no se abren las ventanas y puertas solo cuando hay reparaciones de pintura a causa de humedad.

4.2 Características de los Ambientes de la vivienda tipo 3 para ser analizados.

4.2.1 Living comedor

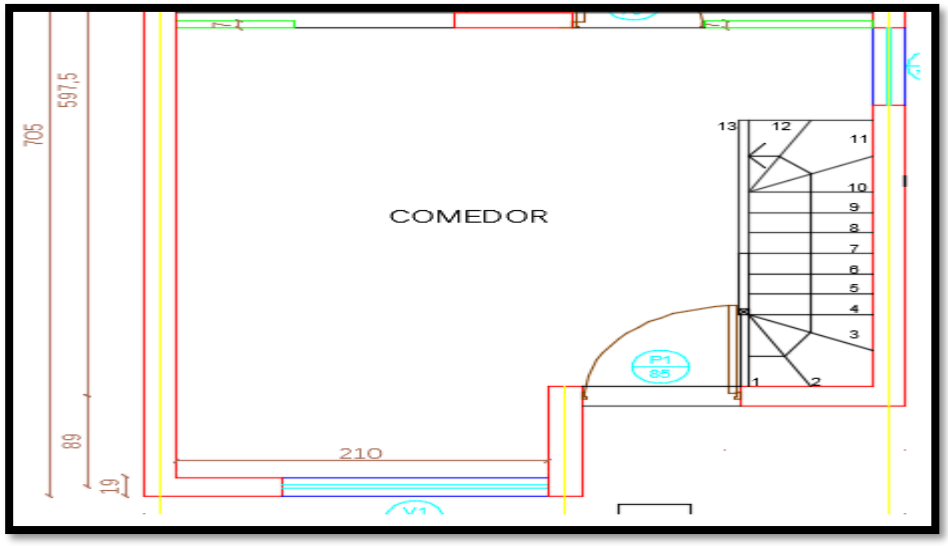


Figura n° 22: Planta del Living comedor (Dimensiones en cm)

Fuente Elaboración Propia

Según la figura 22, el volumen obtenido es el siguiente:

Altura de suelo a piso	Volumen
2.35 mt	40,5m3

Tabla n°7 mediciones de superficie y volumen living comedor

En la figura 22 el living comedor cuenta con una ventana y una puerta de acceso.

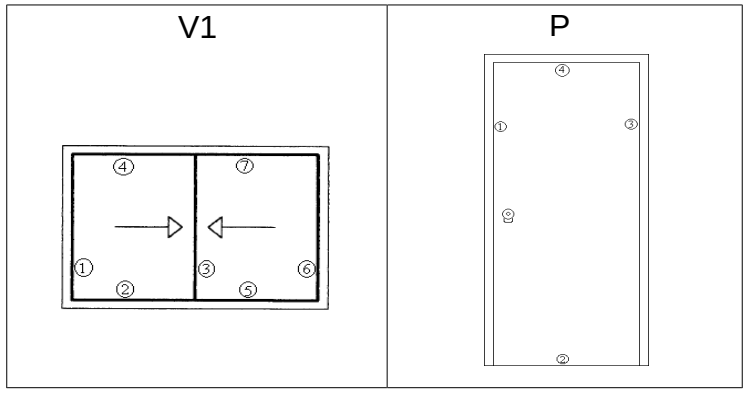


Figura 23**:** Esquema de ventanas del Living comedor y numeración de rendijas

Fuente: Elaboración Propia

Según figura 23, el detalle de la configuración del living comedor es el siguiente:

V1 y, que son ventanas de aluminio tipo corredera (deslizantes de guía horizontal), sin burletes. Ambas cuentan con 2 hojas, una de los extremos es fija y la del otro extremo es móvil. Las dimensiones (alto x ancho) son:

V1 :1,5 x 1,35 m (ventana)

P1 :1,98X 0,85 m (Puerta)

4.2.2 Dormitorio 1

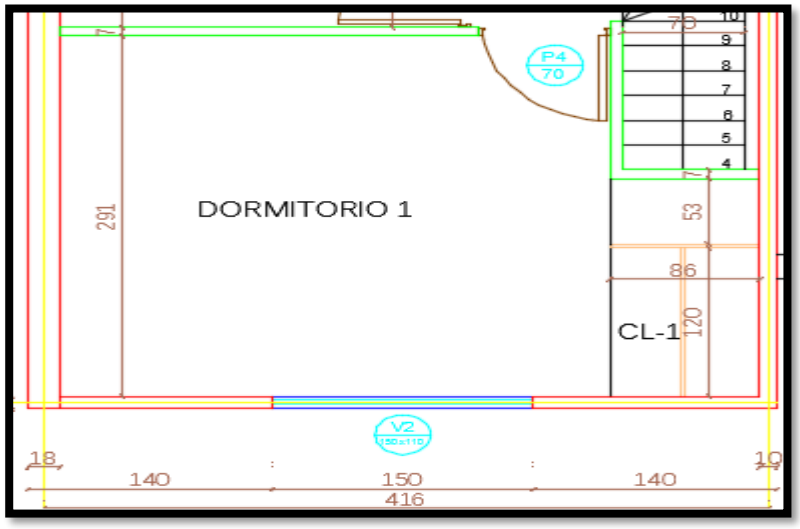


Figura 24 Planta del dormitorio1. (Dimensiones en cm)

[Fuente Elaboración Propia]

Según la figura 24 del dormitorio 1 el volumen obtenido es el siguiente.

Altura de suelo a piso	Volumen dormitorio 1
2,35mt	**26,9m3**

Tabla n°8 mediciones de superficie y volumen living comedor

El dormitorio cuenta con un ventanal, V2, de aluminio tipo corredera (deslizantes de guía horizontal), sin burletes. Esta ventana está compuesta por dos hojas, ambas móviles. También posee una puerta, que es de madera con marco de madera. Las dimensiones de estos elementos (alto x ancho) son:

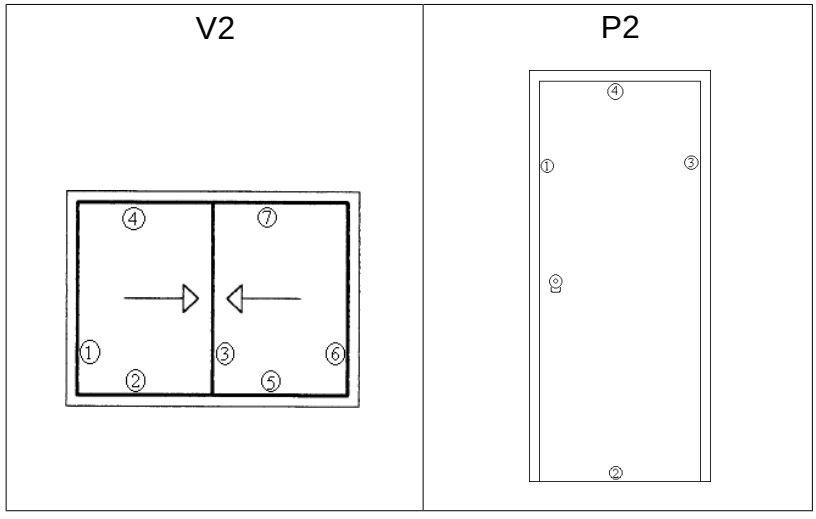


Figura n°25: Esquema de ventanas y puerta del dormitorio 1 comedor y numeración de rendijas

V2 :1,85 x 3,08 m (ventana)

P2 :1,98 x 0,79 m (puerta)

4.2.3 Baño

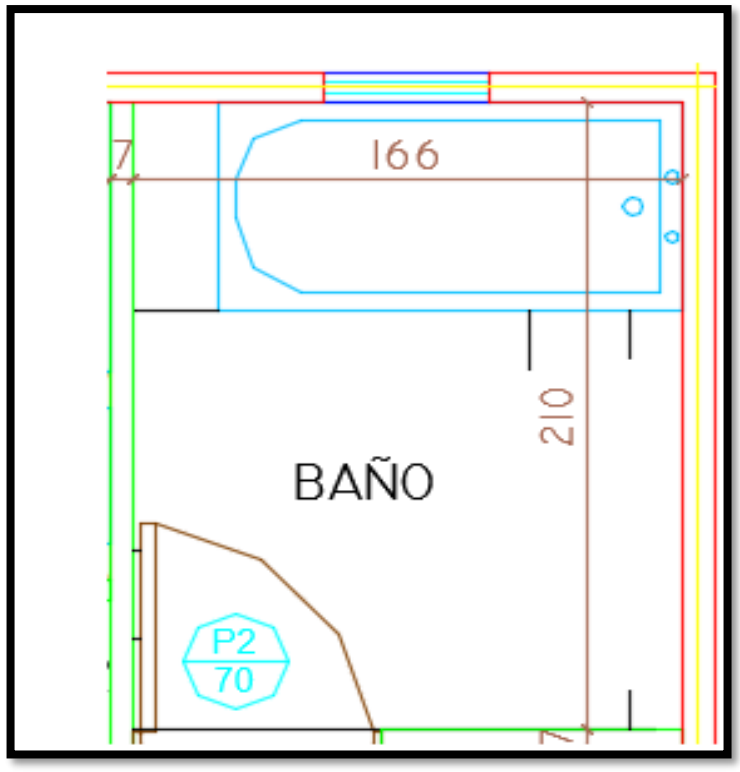


Figura 26 Planta del baño. (Dimensiones en cm)

[Fuente Elaboración Propia]

Altura de suelo a piso	Volumen dormitorio 1
2,35mt	**8,2m3**

Tabla n°9 mediciones de superficie y volumen living comedor

El baño cuenta con una rejilla de extracción, E1 (ver figura), que es una placa de dimensión:

E1: 0,30 x 0,30 m

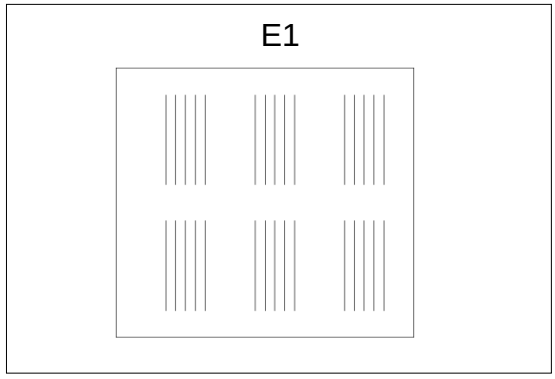


Figura 27: Esquema de rejilla de extracción del baño

[Fuente: elaboración Propia]

4.3 Cálculo y análisis de resultados

Los cálculos se separan en tres: infiltraciones en el living comedor, infiltraciones en el dormitorio y extracción en el baño. Los correspondientes a infiltraciones se dividen a su vez en infiltraciones por fórmula, por el método de las rendijas y por el método de las renovaciones (todos según la norma NCh1973) y finalmente se realiza el cálculo con las mediciones del anemómetro, denominado método experimental.

4.3.1 Explicación del método experimental.

Mediante el anemómetro térmico se midió la velocidad con que ingresaba el aire en tres puntos distintos, en cada uno de los lados de las hojas del ventanal. Luego se promediaron estas velocidades para obtener la velocidad con la que ingresa el aire en cada lado de las hojas de la ventana. Adicionalmente se mide el espesor de la rendija en cada punto y la longitud de rendija a considerar. Teniendo la velocidad del flujo y el "área" de rendija se obtiene el caudal de aire que ingresa al recinto.
Finalmente se suman las infiltraciones de todos los elementos del recinto para tener la infiltración real total del recinto.

4.4 Infiltraciones living comedor

4.4.1 Método por formula

- Volumen del recinto : 40.5 m³
- Masa de vapor de agua (3 personas) : 150 g/h
- Temperatura del aire exterior : 19ºC
- Se obtiene del equipo de anemómetro térmico digital diagrama de una humedad relativa en el exterior de un

90%.

- Temperatura del aire en el recinto θ_i : 16ºC
- Humedad absoluta del aire interior H_{is} : 8,4 g/kg

Se obtiene del anemómetro digital y da un 75% como la máxima humedad relativa permitida sin que se produzca condensación superficial.

$$N > \frac{0{,}83 \cdot m_v}{(H_{is} - H_e)V} \qquad \text{(Ecu 2)}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 2, el número mínimo de renovaciones resulta: n = 0,8

Según el resultado de renovación de aire de la ecuación 2 dio como resultado N = 0,8 m3/h con este valor podemos comparar con el método experimental si están en los rangos mínimos de exigencia.

4.4.2 Método de las rendijas living comedor:

Como la sala posee dos paredes exteriores, entonces la cantidad de aire infiltrado será el total de la pared que tenga mayor infiltración.

Como el tipo de ventana es igual para las dos ventanas existentes en cada una de las paredes exteriores, la mayor infiltración está dada por la mayor longitud de rendija. Por consiguiente, el metro lineal de rendija se rige por la ventana V1 tiene un perímetro de (7,05 m).

Considerando la mínima velocidad del viento en la **tabla 3** y como elemento una ventana de guillotina con marco metálico sin burlete se tiene que la infiltración es de 1,8 m3/h por metro lineal.

Infiltración total: 7,05 x 1,8 = 12,69 m3/h

Considerando la mínima velocidad de la tabla de manera sin burlete es de 2,5m3/h

Infiltración ventana = 7,05 ·x 1,8 = 12,7 m³/h

Infiltración Puerta = 5,66 x 2,5 = 14,2m³/h

Infiltración total = 12,7+ 14,2 = 27 m³/

Los lados de la ventana miden 2,02; 1.5 metros sumando todos los lados el perímetro lineal de rendijas es de 7,05 ml

La puerta mide 1,98; 0,85 metros sumando todos los lados el perímetro lineal de rendijas es de 5,66ml esto se multiplica por el valor de la tabla.

4.4.3 Método de las renovaciones living comedor:

Según la **tabla 4** y como el living comedor es una habitación con tres lados expuestos al exterior, el número de renovaciones por hora es

N=2

4.4.4 Método experimental living comedor:

Mediciones de infiltraciones con anemómetro térmico en las 7 rendijas de la ventana 1 (V1)

Nº DE Rendijas	Velocidades				Rendija			Q=Caudal (m3/h)
	Medidas (m/s)			Promedio (m/s)	Metro lineal (m)	Espesor (mm)	Area (m2)	
1	0,3	0,3	0.32	0,31	1,35	2	0,0027	3,0
2	0,36	0,18	0,3	0,28	0,75	5	0,00375	3,8
3	0,28	0,42	0,18	0,29	1,35	2	0,0027	2,8
4	0,08	0,14	0,06	0,09	0,75	5	0,00375	1,2
5	0,32	0,32	0,34	0,33	0,75	5	0,00375	4,5
6	0,15	0,11	0,16	0,14	1,35	2	0,0027	1,4
7	0,22	0,32	0,28	0,27	0,75	5	0,00375	3,6
Q=m3/h								**20,3**

Tabla 10 Caudal de infiltración tomados en vivienda tipo 3 por ventana V1

[Fuente: elaboración Propia]

Mediciones de infiltraciones con anemómetro térmico en las 4 rendijas de la puerta 1 (P1)

Nº DE Rendijas	Velocidades				Rendija			Q=Caudal (m3/h)
	Medidas (m/s)			Promedio (m/s)	Metro lineal (m)	Espesor (mm)	Area (m2)	
1	0,12	0,07	0,1	0,1	1.98	3	0,0059	2,1
2	0,02	0,02	0,05	0.03	0.85	2	0,0017	0,2
3	0	0	0	0	0	0	0	0,0
4	0,16	0	0	0,16	0,85	3	0,0026	1,5
Q=m3/h								3,8

Tabla 11 Caudal de infiltración Puerta acceso P1

[Fuente: elaboración Propia]

- **Calculo de caudal de infiltración del ducto de ventilación que está en el living comedor**

- El caudal de renovación Q se suele introducir por huecos, dependiendo de la:

Superficie abierta S (m^2): 0,0019 m2 y de la

Velocidad del aire V (m/s), 0,6 m/s

Utilizando la siguiente formula de caudal da como resultando:

$$Q = S \cdot V \cdot 3600 \ (m^3/h)$$

Ducto de ventilación Q=0,019 * 0,6 * 3600 = 41m3/h, sumando las anteriores infiltraciones de la ventana y puerta el resultado del caudal del living comedor es:

Caudal total = 20,3 +3,8 +41 = 65,1 m3/h

4.5 Infiltraciones dormitorio principal

4.5.1 Método de la Fórmula dormitorio 1:

- Volumen del local : 26,9 m³
- Masa de vapor de agua (2 personas) : 100 g/h
- Temperatura del aire exterior :19ºC
  Corresponde a la mínima promedio del mes de Junio en concepción.
- Se obtiene del anemómetro térmico digital suponiendo una humedad relativa en el exterior de un 90%.
- Temperatura del aire en el local θ_i : 16ºC
- Humedad absoluta del aire interior H_{is} : 8,4 g/kg
- Se obtiene del anemómetro térmico digital considerando un 75% como la máxima humedad relativa permitida sin que se produzca condensación superficial.

Reemplazando estos valores en la ecuación 1, el número mínimo de renovaciones resulta: n = 0,75

4.5.2 Método de las rendijas dormitorio 1:

Como el dormitorio posee tres paredes exteriores, entonces la cantidad de aire infiltrado será el total de la pared que tenga mayor infiltración.
La ventana V2 tiene una longitud de rendija de 6,3 m y la puerta P1 posee 5,36 m lineal de intersticio.
Considerando la mínima velocidad del viento en la tabla 1 y como elementos una ventana de guillotina con marco metálico sin burlete y una puerta común de madera bien ajustada, se tiene que las infiltraciones son 1,8 m³/h por metro lineal para la ventana y 2,5 m³/h por metro lineal para la puerta.

Infiltración total ventana V2 = 1,8 · 6,3 = 11,34 m³/h

Infiltración total puerta P2 = 2,5· 5,36 = 13,4 m³/h

Infiltración total = 11,34+13,4 = **Q= 24,7 m³/h**

4.5.3 Método de las renovaciones dormitorio 1:

Según la tabla 4 y como el dormitorio es una habitación con tres lados expuestos al exterior, el número de renovaciones por hora es 2.

Renovaciones de aire por hora N = 2

4.5.4 Método experimental dormitorio 1:

Mediciones de infiltraciones con anemómetro térmico y ocupando la ecuación 1 del caudal en las 7 rendijas de la ventana $Q = S \cdot V \cdot 3600\ (m^3/h)$

Nº de Rendija	Velocidades				Rendija			Q =
	Medidas [m/s]			Promedio [m/s] *	Metro lineal [m]	Espesor [mm]	Área [m²]	Caudal [m³/h]
1	-	-	-	0,00	-	-	-	0,0
2	0,13	0,10	0,12	0,12	0,75	3,0	0,0023	0,99
3	-	-	0,18	0,18	1,10	2,0	0,0022	1,4
4	0,08	0,10	0,08	0,09	0,75	3,0	0,0023	0,99
5	-	0,07	0,09	0,08	0,75	2,0	0,0015	0,43
6	-	-	-	0,00	-	-	-	0,0
7	0,04	0,04	0,06	0,05	0,75	4,0	0,003	0,54
							Q[m³/h] =	**4,35**

Tabla 12: Caudal de infiltración por ventana V2 [Fuente: elaboración propia]

Mediciones de infiltraciones con anemómetro térmico en las 4 rendijas ocupando la ecuación 1 del caudal de la puerta 2 (P2) $Q = S \cdot V \cdot 3600\ (m^3/h)$

Nº de Rendija	Velocidades				Rendija			Caudal [m³/h]
	Medidas [m/s]			**Promedio [m/s] ***	Metro lineal [m]	Espesor [mm]	**Área [m²]**	
1	0,12	0,07	0,10	0,10	1,98	3,0	0,0059	2,1
2	0,02	0,02	0,05	0,03	0,70	1,0	0,0007	0,08
3	-	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4	0,16	-	-	0,16	0,70	3,0	0,0021	1,2
							Q[m³/h] =	**3,4**

Tabla 13: Caudal de infiltración por rendijas de puerta

[Fuente: elaboración propia]

Infiltración tota = 4,35 + 3,4

Q = **7,75 m³/h**

4.6 Extracción en el baño

4.6.1 Método experimental:

La rejilla de extracción del baño es una placa de 30x30 cm, que presenta 30 rendijas de dimensión 0,5x10 cm cada una. Esto da como resultado un área total de rendija de 0,015 m².

El aire es extraído con una velocidad promedio de 0,08 m/s medida con el anemómetro térmico.

Entonces el caudal total de aire extraído es.

Q = 4,3 m³/h

4.7 Cálculos según normas extranjeras

España

Los caudales de ventilación mínimos exigidos por la norma española se obtienen según la **tabla 5** y considerando que 1l/s = 3,6 m³/h.

q_v

4.7.1 Living comedor

Se consideran 3 ocupantes y 3 l/s por ocupante. Q = 3 · 3 l/s = 9 l/s = 32,4 m³/h

4.7.2 Dormitorio

Se consideran 2 ocupantes y 5 l/s por ocupante. Q = 2 · 5 l/s = 10 l/s = 36,0 m³/h

4.7.3 Baño

Se consideran 15 l/s por recinto

. Q = 15 l/s = 54,0 m³/h

4.8 Resumen de resultados de los cuatro métodos

Método	Living comedor (V = 40,5 m³)		Dormitorio (V = 26,9 m³)		Baño (V = 8,2 m³)	
	Q [m³/h]	n [veces/h]	Q [m³/h]	n [veces/h]	Q [m³/h]	n [veces/h]
Fórmula	37	0,75	20,2	0,6	-	-
M. de las rendijas	26,9	0,8	24,7	0,6	-	-
M. de las renovaciones	37	2	51,8	2	-	-
M. experimental	65,1	2,2	7,75	0,4	4,3	0,4

Tabla 14: Resumen de resultados obtenidos según norma chilena
[Fuente: elaboración propia]

Norma	Living Comedor (V = 40,5 m³)		Dormitorio (V = 26,9 m³)		Baño (V = 8,2 m³)	
	Q [m³/h]	n [veces/h]	Q [m³/h]	n [veces/h]	Q [m³/h]	n [veces/h]
Española	32,4	0,9	36,0	1,0	54,0	5,4

Tabla 15: Resumen de resultados obtenidos según norma extranjera
[Fuente: elaboración propia]

Antes de realizar un análisis de los resultados obtenidos se analizara primeramente la forma de calcular que exige cada norma.

Los métodos de cálculos de la norma chilena se basan en infiltraciones en los recintos, es decir, en ventilación natural. Adicionalmente, el método experimental consiste en mediciones de infiltraciones. Por su parte, la fórmula teórica es la que determina si se requiere implementar algún sistema de ventilación adicional, al entregar el caudal mínimo de renovación.

La norma española exige un sistema general de ventilación para las viviendas, que puede ser de ventilación híbrida o mecánica. Para los recintos del living comedor y el dormitorio impone caudales mínimos de ventilación por persona que los ocupe, en cambio para el baño impone un caudal mínimo por el tipo de recinto de la vivienda.

Gráfico con resultados obtenidos por los cuatro métodos

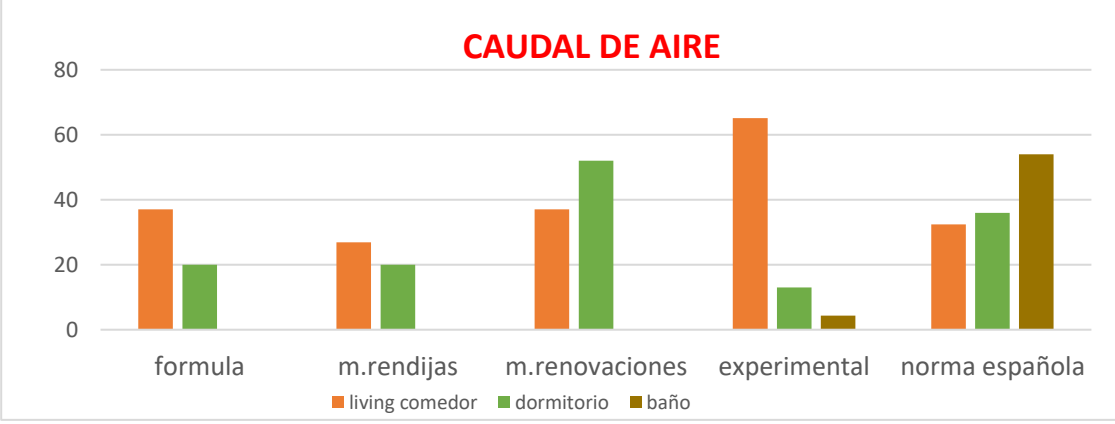


Grafico 2: comparación de los resultados

4.9 Conclusiones y Recomendaciones:

Este trabajo de título pretende dirigir el foco de atención al problema de la ventilación, ya que con el análisis y estudio nos hemos dado cuenta que es un problema que ha sido considerado como insignificante durante mucho tiempo en Chile donde no hay una ley que exija una buena calidad de aire y confort habitacional y conociendo que este proyecto es de viviendas sociales DS19. Es un problema que requiere de atención, ya que tiene efectos negativos, no sólo sobre el deterioro de las viviendas sino sobre la salud de las personas que las ocupan. Esto es lo que se ha buscado demostrar aquí y al lograr hacerlo satisfactoriamente es que este estudio adquiere relevancia.

Viendo los caudales de ventilación obtenidos por el método de las rendijas se aprecia que son muy parecidos a los de la fórmula teórica y además son mayores que estos. Los caudales del método de las renovaciones son ampliamente mayores que los de la fórmula, debido a que este método es más general. Como ambos métodos entregan valores superiores a los mínimos, entonces no se recomienda contemplar algún sistema de ventilación adicional en el living comedor ya que con las infiltraciones se estaría renovando de manera suficiente el aire en este recinto de la vivienda. Y en el dormitorios incorporarle un ducto de ventilación mecánica con su respectivo filtro ya que no está cumpliendo con la norma Chilena y menos la norma Española. ,

Pero el método experimental da resultados variados: una ventilación y renovación que supera ampliamente el valor mínimo en el living comedor, pero que es inferior a lo que exige la norma en el dormitorio. Esta diferencia se puede explicar por varias razones y para ello se analizará cada recinto en particular.

La vivienda al estar en etapa de post venta recién construida, el living comedor consta con un ducto de ventilación con su rejilla hacia el exterior que aporta en gran medida la renovación de aire en forma natural, y las ventanas y puerta al no

tener burlete poseen infiltraciones en algunos puntos. Por estas razones es que el caudal de infiltración es exagerado en este ambiente o recinto. Por otro lado, el dormitorio tiene una ventana que permite el ingreso de las infiltraciones, de características similares a las otras. El principal motivo para los distintos resultados del método experimental recae en la poca ventilación que presenta en verano en la ciudad de concepción, con velocidades del aire bajas y cambiantes, y una dirección del viento inestable que hacen que la entrada de aire a los recintos sea por tiempos cortos y por lugares distintos. Seguramente hubo más movimiento del aire exterior cuando se realizaron las medidas en el living comedor que cuando se midió en el dormitorio. También hay que notar que el anemómetro térmico utilizado para las mediciones es bastante sensible a la velocidad del aire y cambios de temperatura, y su lectura no es tan precisa como lo fuera en un instrumento digital. Pero a pesar de estas posibles irregularidades, el caudal del dormitorio podría aumentar en algún momento determinado, lo que no impide afirmar que este recinto precisa de un sistema o técnica de ventilación adicional para lograr la renovación de aire necesaria.

Para el baño, que presenta una pared expuestas al exterior, es necesaria la contemplación de un sistema de extracción de aire Al haber muy poco viento en la época de verano se logró una extracción demasiado baja. La norma chilena no presenta exigencias para la extracción de aire en estos recintos, por lo que se analizará con respecto a las normas extranjeras.

Al ver las normas extranjeras en el gráfico de comparación, se aprecia que ambas son más exigentes que la normativa nacional. La norma española le impone un caudal de ventilación mayor al ocupante de un dormitorio que al ocupante del living comedor, es por eso que para este caso de estudio resulta un caudal de ventilación mayor para el dormitorio que para el living comedor.

El caudal obtenido por la medición experimental en el baño es demasiado bajo en comparación con las exigencias extranjeras, Se recomienda la extracción de aire localizada por lo que este recinto necesita la implementación de un dispositivo mecánico que extraiga más aire ejemplo un extractor de aire que son bastante económico en el mercado y es primordial para expulsar el aire contaminado y para mantener estos recintos y el resto de la vivienda en condiciones aceptables de habitabilidad.

En el proceso de diseño de las edificaciones, lo ideal es aplicar ciertas normas y criterios que permitan conseguir los objetivos de ventilación, aprovechando al máximo la ventilación natural y complementarlo con unidades de tratamiento de aire que produzcan renovaciones y acondicionamiento de aire

4.9.1 Recomendaciones y mejoras constructivas según resultados obtenidos.

Teniendo los resultados en cada uno de los recintos se puede concluir con el método experimental que solo en el living comedor cumple con una exigencia de caudal ya que en el dormitorio 1 y la extracción del baño los resultados están por debajo de lo requerido según normas nacionales e internacionales además los niveles de parámetros de calidad de aire interior de la vivienda estás no cumplen con los resultados mínimos exigidos para confort habitacional. Las soluciones de mejora constructiva seria:

- En primer lugar se debe estudiar la dirección de los vientos para iniciar un proyecto habitacional, ya que ayudaría bastante en la ventilación de las viviendas en forma de ventilación natural.
- Las infiltraciones que se originan en ventanas y puertas para los recintos del living comedor y dormitorio 1, se debe instalar un burlete de goma para disminuir y evitar infiltraciones innecesarias donde se

deja escapar calor de los recintos ocasionando un mayor gasto de calefacción en época de invierno.

- Instalar un ducto de ventilación con su respectivo extractor y rejilla correspondiente así aumentaría la renovación de aire y mejora la ventilación y calidad de aire interior disminuyendo los niveles de dióxido de carbono, humedad relativa como muestra la figura 28.

Figura 28 Instalación de ductos de ventilación
[Fuente: sitio web]

- Para el baño se debe colocar un extractor de aire con su ducto recomendado para el exterior y así solucionar la renovación de aire que se exige la norma internacional.

4.9.1 Bibliografía

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. MINVU. 2016.

- NCh446.Of2000, Arquitectura y construcción - Puertas y ventanas - Terminología y clasificación. 2000, Santiago, Chile.

- NCh1079.Of1977, Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. 1977, Santiago, Chile.

- NCh1960.Of1989, Aislación térmica - Cálculo de coeficientes volumétricos globales de pérdidas térmicas. 1989, Santiago, Chile.

- NCh1973.Of1987, Acondicionamiento térmico - Aislación térmica - Cálculo del aislamiento térmico para disminuir o eliminar el riesgo de condensación superficial. 1987, Santiago, Chile.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).SWSX, España.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Instrucciones Técnicas Complementarias. España.

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS: Salubridad, Exigencia básica HS 3: Calidad del Aire Interior. , España.