Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

“Evaluación de la climatización en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso y valorización de posibles propuestas de mejoras”

Por

Pablo Eduardo Pérez Navarro

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Construcción y al Título de Ingeniero Constructor.

Profesor Guía: Nelson Valdés Moya

Agosto, 2023

"Todos los hombres sueñan pero no de igual manera, los que sueñan de noche se despiertan al día siguiente y se dan cuenta que todo fue vanidad, pero los que sueñan de día son hombres peligrosos porque pueden actuar en sus sueños con los ojos abiertos para hacerlo realidad"

T.E Lawrence (Lawrence de Arabia)

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que me apoyaron y brindaron su ayuda, no sólo durante la realización de esta investigación, sino a lo largo de toda mi carrera y vida. Agradezco a mi familia por su amor y presencia incondicional durante los momentos de felicidad, emoción y tristeza.

A mi madre Lorena, a quien siempre me encantó molestar y bromear (espero que sea una costumbre que nunca acabe), in su análisis crítico, atención y preocupación no creo que hubiera estado en esta etapa de mi vida. A mi padre Pablo, quien hizo lo imposible (e improbable) para estar presente en uno de los días más importante para mí. Siempre me brindó su atención, tiempo, amor y sabiduría las cuales me sirvieron para ser la persona que soy ahora. Por esto, muchas gracias a mis padres por todo el amor y cariño entregado, por la confianza y los valores entregados durante toda mi vida, los cuales me han hecho la persona que soy hoy.

Agradezco a mi querida hermana Damelis quien siempre me ha animado a seguir adelante y me ha ofrecido su desinteresada ayuda, y sin importar que tan lejos te lleven tus viajes puedes estar segura de que siempre nos mantendremos unidos como siempre. Te amo bro, sigue así.

A mis compañeras perrunas/conejiles, Chiqui y Maiqui, quienes siempre me brindaron su amor incondicional.

Quiero agradecer a mis amistades, ya que ellos siempre me brindaron su ayuda, apoyo, recomendaciones y tranquilidad. Gracias a ellos pude llegar al punto en donde me encuentro hoy.

Además quiero agradecer al profesor Nelson Valdés, quien nunca puso ningún problema para ayudarme a lo largo de mi experiencia en esta carrera y al momento de realizar esta investigación, brindándome su apoyo, entendimiento y sabiduría.

También quiero agradecer al profesor Andrés Jamet por toda su ayuda y entendimiento a lo largo de la carrera. Sobre todo por su paciencia al momento de realizar esta investigación.

De igual manera, quiero agradecer a Raúl Pizolti y a Bárbara Carrera, quienes me entregaron consejos y herramientas para afrontar mis miedos y problemas, y poder afrontar el futuro de una mejor manera.

Y finalmente, me gustaría agradecerme a mí mismo. Por haber superado los miedos, retos e incertidumbres al momento de realizar esta investigación.

¡Gracias totales!

Índice

Glosario 7
Lista de abreviaturas 8
Índice de Figuras 9
Índice de Tablas 12
Resumen 13
1. Capítulo 1: Antecedentes Generales 15
1.1. Planteamiento del problema 15
1.2. Objetivos 16
1.2.1. Objetivo general. 16
1.2.2. Objetivos específicos: 16
1.3. Alcances y Limitaciones 17
1.3.1. Alcances 17
1.3.2. Limitaciones 17
2. Capítulo 2: Climatización en Edificaciones 18
2.1. Climatización en bibliotecas y salas de archivo 18
2.1.1. Agentes de degradación 19
2.1.1.1 Temperatura 19
2.1.1.2 Humedad 19
2.1.1.3 Ventilación 19
2.1.1.4 Agentes biológicos 19
2.1.1.5 Personas 19
2.1.2. Medidas preventivas 20
2.1.3. Parámetros que influyen en la Ventilación 22
2.1.4. Planeación 22
2.1.5. Climatización natural 23
2.1.6. Calidad de aire interior 24
2.1.7. Problemas frecuentes de los edificios con aire acondicionado y bajo nivel de renovación del aire interior 26
2.1.8. Sistemas, componentes, materiales, criterios de diseño y dimensionado 26
2.1.8.1 Sistemas, componentes y materiales 26
2.1.8.2 Criterios de diseño y dimensionado 27
2.1.8.3 Sistemas pasivos 27

2.1.8.4 Sistemas de enfriamiento pasivos 28
2.1.8.5 Sistemas de calefacción pasivos 29
2.1.8.6 Simbología y representación 30
2.1.9. Diseño de Ductos y Elección de equipos de Ventilación 31
2.1.9.1 Diseño de Ductos 31
2.1.9.2 Elección de equipos de Ventilación 31
2.2. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso 32
2.2.1. Ubicación de la investigación 33
2.2.2. Situación actual y motivo de estudio de la Biblioteca 35
2.2.3. Interior de la Biblioteca 36
2.2.4. Exterior de la Biblioteca 42
2.2.5. Materialidad de la Biblioteca 46
2.3. Comparación de bibliotecas de otras Universidades 47
2.3.1. Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso 47
2.3.2. Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 49
2.3.3. Casa central de la PUCV, Biblioteca de Teología 50
2.4. Dirección del Viento en las cercanías de la FACING UV 53
2.5. Velocidad del Viento en las cercanías de la FACING UV 58
2.6. Carga ocupacional de la biblioteca 59
2.6.1. Cantidad de personas atendidas 59
2.6.2. Cálculo de carga de ocupación según la OGUC 61
2.7. Métodos de cálculo del Caudal de aire necesario para la biblioteca 64
3. Capítulo 3: Metodología de la investigación 68
3.1. Programa experimental de la investigación 68
3.2. Etapas de Investigación 69
3.2.1. Etapa I: Recopilación de antecedentes para la investigación 69
3.2.2. Etapa II: Desarrollo del proyecto, toma de datos y análisis de resultados 69
3.2.2.1 Estado actual de la ventilación de la biblioteca 70
3.2.2.2 Motivos de análisis de la ventilación de la biblioteca 73
a) Según normativa 73
b) Según orientación de ventanas 75
c) Según experiencia del estudiante y de los funcionarios de la biblioteca 76

d) Según encuesta realizada sobre la ventilación de la biblioteca de la Carrera de Ingeniería en Construcción 77
3.2.2.3 Medición de la Humedad y Temperatura en la biblioteca de la FACING UV 80
a) Medición de Humedad 81
b) Medición de Temperatura 82
c) Extrapolación de datos anteriores de Humedad y Temperatura. 83
3.2.3. Etapa III: Propuestas de Mejoras y determinación de costos 86
3.3. Propuesta de sistema de ventilación 86
4. Capítulo 4: Desarrollo de la metodología 87
4.1. Cálculo del caudal de aire necesario para la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso 87
4.1.1. Cálculo de caudal de aire necesario en la zona de uso de la biblioteca (zona de estanterías, zona de mesas de estudio, recepción y mesa de atención) 87
4.1.2. Cálculo de caudal de aire necesario en la Oficina de la Encargada de la Biblioteca 88
4.1.3. Cálculo de caudal de aire necesario para la bodega de la biblioteca 89
4.1.4. Cuadro Resumen Cálculo de Caudal de Aire 90
4.1.5. Equipos a utilizar 91
4.1.5.1 Extractores a utilizar en el sistema de ventilación 92
4.1.5.2 Impulsores a utilizar en el sistema de ventilación 92
4.1.5.3 Filtros a utilizar en el sistema de ventilación 92
4.1.6. Ductos a utilizar en el sistema de ventilación 94
4.1.7. Modelo de la Propuesta de Ventilación 95
4.1.7.1 Sistema de impulsión de aire 95
4.1.7.2 Sistema de extracción de aire 99
4.1.7.3 Sistema de ventilación completo 106
4.2. Especificaciones Técnicas de la propuesta 107
4.2.1. Extractores 107
4.2.2. Impulsores 108
4.2.3. Filtros 108
5. Capítulo 5: Análisis de Resultados 109
5.1. Primera recomendación 113
5.2. Segunda recomendación 115
6. Capítulo 6: Conclusiones y Comentarios 117
6.1. Conclusiones 117

6.2. Comentarios 118
Bibliografía.....119
Citas 119
Sitios Web 120
Anexos.....122
Anexo 1: Documentación patrimonial Edificio Hucke 122
Anexo 2: Resumen de datos de dirección del viento de 2022 en las cercanías del edificio Hucke. 124
Anexo 3: Resumen de datos de velocidad del viento de 2022 en las cercanías del edificio Hucke.....130
Anexo 4: Encuesta de satisfacción de usuarios respecto a la ventilación de la biblioteca de la FACING UV. 135

Glosario

Climatización: Consiste en crear condiciones de Humedad, Temperatura y Ventilación apropiadas para el confort de los usuarios.

Higrómetro: Instrumento que mide la humedad y temperatura de un ambiente en concreto.

Anemómetro: Instrumento que mide la velocidad del viento y temperatura de una zona en concreto.

Humedad por capilaridad: Humedad que ingresa desde el subsuelo.

Preservación: Protección o cuidado respecto a alguien o algo para conservar su estado y evitar que sufra algún daño o peligro.

Confort térmico: Estado mental de una persona en términos de percibir un ambiente perfectamente temperado.

Lista de abreviaturas

UV: Universidad de Valparaíso

FACING UV: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso

QR: Código QR (Quick Response)

DGAC: Dirección General Aeronáutica Civil

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

PUCV: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

ASHRAE: American Society of Healing, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)

Índice de Figuras

Figura 2.1: Pautas generales para una buena calidad de aire interior. 25
Figura 2.2: Enfriamiento pasivo por movimiento de aire. 28
Figura 2.3: Enfriamiento pasivo por tratamiento de aire.....28
Figura 2.4: Calefacción pasiva por radiación solar entrante por ventanas.....29
Figura 2.5: “Edificio Hucke” 32
Figura 2.6: Distribución en planta Subterráneo-Biblioteca de la Facultad de Ingenieria UV 33
Figura 2.7: Vista de elevación de la biblioteca de la FACING UV. 34
Figura 2.8: Ubicación y delimitación de la zona de estudio. Ciudad de Valparaíso 34
Figura 2.9: Biblioteca Facultad de Ingeniería Universidad de Valparaíso 35
Figura 2.10: Plano de Arquitectura de la Biblioteca de Facultad de Ingeniería 36
Figura 2.11: Área de recepción de la Biblioteca 37
Figura 2.12: Mesa de atención de la Biblioteca.....38
Figura 2.13: Área de estanterias de la Biblioteca de la Facultad 38
Figura 2.14: Área de mesas de estudio de la Biblioteca de la Facultad 39
Figura 2.15: Oficina de la Encargada de la Biblioteca de la Facultad 40
Figura 2.16: Bodega de la Biblioteca de la Facultad.....41
Figura 2.17: Hall – zona de estar afuera de la biblioteca 42
Figura 2.18: Estacionamiento de la Facultad de Ingeniería 43
Figura 2.19: Bodega de archivos del Decanato 44
Figura 2.20: Espacio entre tabiqueria de la biblioteca y muro del Edificio Hucke 45
Figura 2.21: Edificio administrativo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso. .47
Figura 2.22: Biblioteca de la Facultad de Arquitectura UV, zona de estanterias. 48
Figura 2.23: Biblioteca de la Facultad de Arquitectura UV, sala de estudio 48
Figura 2.24: Biblioteca de la Facultad de Ingeníeria de la PUCV, zona de estudio. 49
Figura 2.25: Biblioteca de Teología de la casa central de la PUCV, zona de estudio. 50
Figura 2.26: Biblioteca de Teología de la PUCV, termopaneles. 51
Figura 2.27: Biblioteca de Teología de la PUCV, sistema de ventilación. 51
Figura 2.28: Biblioteca de Teología de la PUCV, paneles de espuma acústicos. 52
Figura 2.29: Zona de muestreo de dirección de viento, calle Yungay, Valparaíso. 53
Figura 2.30: Explicación de interpretación de figuras de dirección de viento.....54
Figura 2.31: Registro de dirección de viento de enero y febrero de 2022. 55
Figura 2.32: Registro de dirección del viento de marzo, abril y mayo de 2022. 55
Figura 2.33: Registro de dirección del viento de junio, julio y agosto de 2022. 56

Figura 2.34: Registro de dirección del viento de septiembre, octubre y noviembre de 2022. 56
Figura 2.35: Registro de dirección del viento de septiembre, octubre y noviembre de 2022. 57
Figura 2.36: Resumen de cantidad mínima de personas atendidas en la bibliteca. 60
Figura 2.37: Resumen de cantidad máxima de personas atendidas en la bibliteca.....60
Figura 2.38: Renovaciones de aire para zonas de biblioteca.....64
Figura 2.39: Fórmula del cálculo del caudal necesario según el RITE.....65
Figura 2.40: Fórmula de carga contaminante de CO_2 67
Figura 3.1: Diagrama de flujo de la investigación.....68
Figura 3.2: Ventana tipo oscilante de la Biblioteca.....70
Figura 3.3: Ventanas oscilantes muro norte de la Biblioteca.....71
Figura 3.4: Ventanas oscilantes muro este de la Biblioteca 71
Figura 3.5: Bodega de archivos del Decanato 72
Figura 3.6: Respiradores de la Facultad de Ingeniería, vereda de calle Yungay, Valparaíso. 73
Figura 3.7: Respiradores de la Facultad de Ingeniería, vereda de calle Yungay, Valparaíso. 74
Figura 3.8: Vista exterior de ventanas de la biblioteca de la FACING UV.....74
Figura 3.9: Orientación favorable de entradas y salidas de aire para ventilación natural 75
Figura 3.10: Orientación de entradas y salidas de aire actuales de la biblioteca 76
Figura 3.11: Universo de muestra de la encueta realizada. 78
Figura 3.12: Gráfico de la segunda pregunta de la encuesta realizada. 78
Figura 3.13: Grafico de la tercera pregunta de la encuesta realizada.....79
Figura 3.14: Higrómetro utilizado para la medición de datos en la biblioteca 80
Figura 3.15: Archivo metereológico de Humedad y Temperatura de 2022 en Valparaíso 83
Figura 4.1: Sistema de impulsión de aire para las zonas de oficina y bodega, vista de planta.....93
Figura 4.2: Sistema de impulsión de aire para las zonas de oficina y bodega, detalle 3D 93
Figura 4.3: Sistema de impulsión de aire, zonas de oficina y bodega, detalle de rejillas.....94
Figura 4.4: Ubicación del sistema de impulsión de aire.....95
Figura 4.5: Detalle del sistema de impulsión de aire 3D con cotas. 96
Figura 4.6: Detalle del sistema de impulsión de aire, zona de estanterias – detalle isométrico. 97
Figura 4.7: Detalle del sistema de impulsión de aire, zona de estanterias – detalle del impulsor y filtros. 98
Figura 4.8: Ubicación del sistema de extracción de aire 99
Figura 4.9: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias. 100
Figura 4.10: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias - vista isométrica. 101
Figura 4.11: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias - detalle extractor.....102

Figura 4.12: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina. 103
Figura 4.13: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina - vista isométrica. ..104
Figura 4.14: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina – detalle extractor. .105
Figura 4.15: Detalle del sistema de ventilación completo.....106
Figura 5.1: Tabiqueria de cristal. 112
Figura 5.2: Primera recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV, vista en planta. 113
Figura 5.3: Primera recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV. 114
Figura 5.4: Segunda recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV. 115
Figura 5.5: Segunda recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV, vista en planta. 116

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Simbología y representación de ventilación 30

Tabla 2.2: Tabla resumen de cálculo de porcentaje de las direcciones del viento mensual de 2022 en Valparaíso.....57

Tabla 2.3: Cálculo de la velocidad del viento promedio mensual de 2022 en Valparaíso 58

Tabla 2.4: Cantidad de personas atendidas Marzo-Noviembre 2022 59

Tabla 2.5: Tabla de carga de Ocupación 61

Tabla 2.6: Tabla resumen de la cantidad máxima de personas 63

Tabla 2.7: Comparación entre métodos de cálculo de caudal necesario. 64

Tabla 2.8: Categorías del aire interior en función del uso de los edificios. 66

Tabla 2.9: Carga sensorial en olf/ocupante y emisiones de Co2 en litros/horas por ocupante en función de la actividad metabólica realizada. 66

Tabla 2.10: Concentración (partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.....67

Tabla 3.1: Humedad medida en la biblioteca de la FACING UV.....81

Tabla 3.2: Temperatura medida en la biblioteca de la FACING UV.....82

Tabla 3.3: Cálculo de los delta de Humedad y Temperatura. 83

Tabla 3.4: Extrapolación de datos de Humedad en la biblioteca de la FACING UV. 84

Tabla 3.5: Extrapolación de datos de Temperatura en la biblioteca de la FACING UV. 84

Tabla 4.1: Cuadro resumen cálculo caudal de aire necesario en la biblioteca.....90

Tabla 4.2: Curvas NC y equivalencia en dBA, para distintos tipos de recintos 91

Tabla 4.3: Extractores a utilizar en la biblioteca 92

Tabla 4.4: Impolsores a utilizar en la Biblioteca.....92

Tabla 4.5: Filtros a utilizar en la Biblioteca 92

Tabla 4.6: Elementos usados en la propuesta de ventilación 94

Tabla 4.7: Especificaciones Técnicas de extractores de la zona de estanterias. 107

Tabla 4.8: Especificaciones Técnicas de extractores de la zona de bodega y oficina. 107

Tabla 4.9: Especificaciones Técnicas de impulsores de la zona de estanterias. 108

Tabla 4.10: Especificaciones Técnicas de filtros de la zona de estanterias. 108

Tabla 5.1: Análisis de Precio Unitario de la propuesta de sistema de ventilación para la biblioteca de la FACING UV 111

Tabla 5.2: Análisis de Precio Unitario de la primera recomendación.....114

Tabla 5.3: Análisis de Precio Unitario de la segunda recomendación.....116

Resumen

El ser humano obtiene la mayor información a través de los sentidos, y para poder procesar dicha información de una manera eficiente es necesario cumplir ciertos factores, entre los cuales destacan el aislamiento acústico, la iluminación, la temperatura, la humedad y la ventilación del recinto en el cual se encuentre. Estos últimos tres factores mencionados forman el concepto de climatización. Centrándose en el factor de la ventilación, hay diferentes formas de poder estudiar si ésta, al momento de realizar una acción, es la adecuada.

Actualmente existen numerosos análisis sobre las diversas sedes de la Universidad de Valparaíso respecto a distintas áreas temáticas, pero ninguno de estos análisis se enfoca en la climatización de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso (FACING UV), ubicada en el "nivel subterráneo" del edificio patrimonial Hucke. Espacio que permite acceder al conocimiento e información especializada a cada carrera perteneciente a la Facultad de Ingeniería y proporciona un lugar para que los estudiantes puedan estudiar de manera adecuada. Tomando en cuenta el punto anterior, y debido a que no existen antecedentes sobre el comportamiento de climatización en la biblioteca de la FACING, se toma este recinto como caso de estudio bajo este parámetro para evaluar su situación. Para llevar a cabo la investigación, se buscó información en base de datos de la Universidad de Valparaíso y en la normativa sobre climatización. También se realizan visitas a la biblioteca de la FACING UV, para toma de datos de temperatura, humedad y ventilación. De igual manera se visitó otras bibliotecas académicas con el fin de conocer su contexto en el tema y como han enfrentado o resuelto este espacio.

Según el análisis de los resultados obtenidos, la biblioteca de la FACING UV no cumple con todos los requisitos de temperatura, humedad y ventilación. Dado que la temperatura y la humedad gravita en la ventilación, para corroborar los resultados obtenidos se realizó una encuesta a nivel de la escuela de Construcción Civil, con la finalidad de saber la opinión de los usuarios de la biblioteca (estudiantes, exestudiantes, funcionarios y profesores) sobre la ventilación en este espacio de estudio. La encuesta fue respondida por 34 personas, de las cuales el **76,5%** se encuentra **insatisfecho** con la ventilación existente en la biblioteca. El resultado de la encuesta sumado a lo obtenido con las mediciones in situ dan pie a la necesidad de proponer

un sistema de ventilación para la biblioteca de la FACING UV, además, permitiría dar solución en parte a los problemas de humedad y temperatura.

Para la propuesta del sistema de ventilación, se utilizó la normativa española RITE. Se zonificó el recinto por zonas (zona de estanterías, zona de mesas de estudio, zona recepción, zona de archivos, etc.) con el fin de dar respuesta a la ventilación según la prestación especifica de cada lugar, dado que los requerimientos de climatización no son exactamente los mismos para las personas que para el acervo bibliotecario (material de archivo como libros, manuales, tesis, fotografías, etc.).

La solución propuesta para el sistema de ventilación se basa en un sistema forzado (dado que la ubicación de la biblioteca está en el subterráneo dificultando el uso de un sistema natural) de doble flujo, por medio de tres extractores, dos impulsores y todo el material necesario, en acero galvanizado (ductos, rejillas, piezas especiales), para el correcto funcionamiento del sistema.

El costo de la propuesta es de **276,34 UF**, incluyendo los gastos de operación, materiales, equipos y transporte. (Referencia, empresa MT Ingeniería). Agregando los costos de mantención (**21,41 UF** por 5 años después del año 0), el costo total de la propuesta de ventilación es de **297,76 UF**.

Si bien, al implementar un sistema de ventilación en la biblioteca se espera que las variables de humedad y temperatura mejoren, no es posible saber con exactitud cuanto será este índice de mejora. Esto se debe a que esta investigación es solamente teórica. En caso de que las variables de humedad y temperatura no muestren una mejora que haga que cumplan con estándares mínimos, se decidió proponer 2 recomendaciones. Estas recomendaciones consisten en crear espacios cerrados dentro de la biblioteca mediante tabiquerías de cristal, enfocándose en las zonas de estanterías y de estudio. El motivo de esto es crear espacios cerrados tanto para los acervos bibliográficos como para los usuarios de la biblioteca, de esta manera el material de estudio no estará expuesto a las mismas condiciones de humedad y temperatura que los usuarios. El costo de implementación de la primera propuesta es de **$2.682.777**, mientras que el costo de implementación de la segunda propuesta es de **$3.160.824**.

Palabras claves: Evaluación, medición, climatización, humedad, temperatura, ventilación, preservación, confort térmico.

1. Capítulo 1: Antecedentes Generales

1.1. **Planteamiento del problema**

La importancia de una ventilación adecuada dentro de los establecimientos educacionales es un tema importante e infaltable a la hora de diseñarlos. Ya que existe la oportunidad de aprovechar la ventilación natural, si las condiciones lo permiten, tales como la orientación, ubicación, altura del área a trabajar. En el caso del que la ventilación natural no se pueda aprovechar, será necesario el uso de otras prácticas de ventilación, entre las cuales destacan la ventilación forzada o artificial, ventilación hibrida, y los distintos sistemas dentro de estos tipos de ventilación. *(Bonilla, 2020)*

Uno de los motivos de investigar sobre la climatización actual de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso, es sobre las numerosas quejas de los usuarios que regularmente asisten a este espacio, tanto por estudiantes como trabajadores de la biblioteca. Las cuales se centran más que nada en el acondicionamiento de esta misma, exactamente sobre la ventilación, por lo que se realizará los análisis pertinentes para comprobar si se están llevando a cabo de forma correcta. Cabe destacar que originalmente la biblioteca (por su ubicación a nivel de subterráneo) sólo funcionaría como bodega para el material de estudio, y gracias a la encargada de la biblioteca, Olga Miranda, se incluyeron mesas y sillas, añadiendo a este espacio un área de estudio para los estudiantes.

Sobre el tema de la humedad, contaminación acústica y temperatura dentro de la biblioteca, no se ha recibido quejas ni comentarios, de todas formas, se incorporará un análisis para determinar si la humedad presente es la adecuada para las personas y los elementos de lectura dentro de la biblioteca. También cabe destacar que las posibles soluciones puedan verse limitadas, esto es debido a que la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso se encuentra en el Edificio Hucke, el cual es un edificio patrimonial (Revisar anexo 1). Por lo tanto, existen limitaciones a la hora de querer modificar estructuralmente la biblioteca de dicha facultad.

1.2. **Objetivos**

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la climatización interior de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso y valoración de costos de propuestas de mejoras.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Establecer un diagnóstico de la climatización existente en la Biblioteca de la Facultad de ingeniería de la Universidad de Valparaíso.
- Proponer un sistema de ventilación para la biblioteca.
- Determinar los costos de la propuesta de mejoras.

1.3. **Alcances y Limitaciones**

1.3.1. Alcances

- Se empleará el uso de los planos, entregados de primera mano por el director de escuela de construcción civil, Andrés Jamet, de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso para su análisis completo, en el ámbito de espacios, distribución, entradas, salidas, entre otros.
- Se hará uso de normativas nacionales sobre ventilación tales como el DS594 y RITCH. De igual manera, se consultará normativa internacional como el, RITE (España), y VDI6022 parte IV (Alemania). También se consultará las normas SMACNA, ARI y DITARCHILE sobre diseño de ductos de ventilación.

1.3.2. Limitaciones

- Al tratarse de un edificio patrimonial, existen dificultades a la hora de querer modificar parte de la infraestructura del edificio Hucke.
- La medición de datos de Humedad y Temperatura en la biblioteca se hará mediante un higrómetro de modelo NT-311 “Pro´sKit®”

2. Capítulo 2: Climatización en Edificaciones

2.1. **Climatización en bibliotecas y salas de archivo**

El acervo que resguardan las bibliotecas o salas de archivo es parte de la identidad de la región donde se localizan los inmuebles y de los propios usuarios. Esto motiva a que se elijan los recursos de climatización que permitan su conservación. Para ello, es imprescindible recurrir a ciertas medidas que idealmente deberían contemplarse desde la concepción de un proyecto *(Revista mundohvacr, 2018).*

Debido a la importancia de los materiales que albergan, la climatización en bibliotecas o salas de archivo es necesaria para mantener el acervo en óptimas condiciones. De los diversos sistemas de control climático que se emplean se espera que permitan la conservación del acervo en buenas condiciones por un largo periodo *(Revista mundohvacr, 2018).*

Entre los aparatos que suelen utilizarse, se encuentran humificadores, deshumificadores, equipos de ventilación forzada y calefacción, entre otros. Es necesario resaltar que la climatización debe considerar a los usuarios de estos inmuebles con el fin de ofrecerles comodidad para el desarrollo de sus actividades *(Revista mundohvacr, 2018).*

En opinión de Ricardo Paquini, responsable del Laboratorio de Restauración y Conservación de la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM, "es necesario procurar que la recirculación del aire y la ventilación de los espacios arquitectónicos que albergan los acervos permitan condiciones favorables de temperatura y humedad relativa para la conservación de las colecciones; esto, con el objetivo de mantener un control óptimo de dichas condiciones y tomando en cuenta las necesidades específicas de conservación de los materiales". Dichas precauciones se deben tomar en cuenta, debido a que la temperatura, la humedad, la ausencia de ventilación adecuada, la iluminación y los agentes biológicos pueden causar daños sobre el acervo *(Revista mundohvacr, 2018).*

2.1.1. Agentes de degradación

De acuerdo con Ricardo Paquini, existe una serie de factores comunes que ponen en riesgo el acervo que resguardan estos inmuebles:

2.1.1.1 Temperatura

Los cambios repentinos de temperatura alteran las cualidades de los componentes del material en sí.

2.1.1.2 Humedad

Un ambiente húmedo o seco es bastante dañino, sobre todo los cambios bruscos.

2.1.1.3 Ventilación

Contar con una ventilación inadecuada o no contar con ella incide en la proliferación de hongos y moho.

2.1.1.4 Agentes biológicos

Insectos, roedores, hongos, moho, entre otros. Estos agentes pueden generar plagas y daños sobre el material.

2.1.1.5 Personas

Las personas también son, en cierta forma, agentes de degradación. El ser humano libera en promedio 4 toneladas de CO_2 anuales. Esto depende de varios factores tales como, la alimentación, las actividades realizadas, el método de transporte, entre otras. De la misma manera, el ser humano también libera calor dependiendo de la actividad que se esté realizado.

A esto se le conoce como Calor Metabólico. La producción global de calor metabólico se deriva tanto del metabolismo basal como del metabolismo muscular. El primero está relacionado con la energía empleada en las reacciones químicas intracelulares para la realización de las funciones metabólicas esenciales, como la respiración y la digestión. En otras palabras, representa la producción de calor en los procesos automáticos, continuos e inconscientes del cuerpo humano. El metabolismo muscular, por otro lado, se relaciona con la producción de calor en los tejidos musculares mientras se lleva a cabo algún tipo de actividad física *(seiscubos, 2023).*

Lamentablemente el cálculo del calor liberado por persona es demasiado variable, ya que, mayoritariamente, depende de la estatura de la persona, su dieta, la actividad física realizada, el método de transporte utilizado, la cantidad y tipo de ropa utilizada, entre otros.

2.1.2. Medidas preventivas

Para lograr la conservación, en primera instancia hay que recurrir a la preservación, la cual está sujeta al control de los agentes biológicos y resulta sumamente necesaria para el cuidado del material que resguardan las bibliotecas y las salas de archivo. Sin embargo, pocas veces se contempla la adquisición del equipo necesario para lograr este objetivo, sobre todo porque en la ciudad muchos de los espacios que albergan las colecciones son bastante antiguos. Por este motivo, se requiere pensar en proyectos donde sea posible lograr la modificación del ambiente que, en el caso ideal, debería concebirse desde la fase de planificación *(Revista mundohvacr, 2018).*

En las salas donde se ubiquen las colecciones se deben evitar los cambios bruscos de temperatura. Para ello, será necesario que se acondicionen correctamente. Por ejemplo, en el caso de los libros, la temperatura ideal debe oscilar entre 15 y 21 grados centígrados, con una humedad relativa de entre 45 y 65 por ciento. En el caso de las fotografías en blanco y negro, la temperatura oscilará entre 15 y 20 grados, con una humedad relativa de entre 30 y 55 por ciento; en el de las fotografías a color, la temperatura rondará entre 10 y 18 grados, con una humedad relativa de entre 25 y 35 por ciento. A la par, será necesario instalar un sistema que permita la ventilación, junto con filtros dimensionados adecuadamente que impidan la entrada de polvo *(Revista mundohvacr, 2018).*

En el caso de las personas, la temperatura de confort debe oscilar entre 19°C y 21°C en condiciones de invierno, y en torno a 26°C en condiciones de verano. Con una humedad relativa de entre 40 y 60 por ciento. (*www.solerypalau.com, 2022).*

Respecto de los sistemas de climatización que pueden utilizarse, el especialista recomienda aquellos que cuentan con filtros de carbón activado o filtros cerámicos, e incluso el aire lavado; sin embargo, ese tipo de especificaciones deben acordarse por un grupo colegiado, en el que intervengan las autoridades administrativas de la institución, los responsables de la colección, el conservador o conservadores, y especialistas en estos sistemas *(Revista mundohvacr, 2018).*

Por otro lado, asegura que "la mayoría de las bibliotecas y archivos carecen de recursos económicos suficientes para la instalación idónea de sistemas específicos, por no decir sofisticados; aunque una opción sería la colocación de humidificadores y deshumidificadores, además de un sistema de aire acondicionado que regule la temperatura del área. No obstante, debe considerarse que antes de tomar estas medidas es necesario monitorear las condiciones climáticas de dicha área, al menos durante un año, con la ayuda de aparatos de medición, como termohigrómetros con lectura automatizada a lo largo de este periodo, de manera que se conozcan las variaciones que pueden presentarse en el interior del edificio en las distintas épocas del año" *(Revista mundohvacr, 2018).*

También resalta algunas de las desventajas que conlleva no implementar un sistema de climatización, donde una ventilación nula o deficiente, aunada a la combinación adversa de niveles de temperatura y humedad relativa, ocasiona el deterioro y la desestabilización de los soportes documentales y la proliferación de colonias de microorganismos, o aceleración del envejecimiento natural de los materiales constitutivos de las colecciones *(Revista mundohvacr, 2018).*

Por este motivo, los aspectos indispensables para el diseño y funcionamiento correctos de un sistema de climatización en estos espacios "deben permitir la regulación independiente de las condiciones variables de temperatura y humedad relativa en el ambiente, además de una ventilación adecuada; es decir, que sea posible separar las colecciones de acuerdo con el tipo de materiales utilizados en su técnica de manufactura, ya que de esto dependerán los distintos niveles que se requieran en cada área del edificio. También es necesario que soporten un

funcionamiento constante e ininterrumpido (24/7), con el propósito de asegurar que los niveles óptimos de climatización conseguidos permanezcan de ese modo para evitar cambios bruscos que afecten la estabilidad material de las colecciones", indica Paquini. *(Revista mundohvacr, 2018).*

2.1.3. Parámetros que influyen en la Ventilación

Existen varios parámetros que pueden afectar de manera directa e indirectamente a la ventilación de un espacio o establecimiento. Entre estos destacan los siguientes:

- Volumen del espacio o establecimiento
- Cantidad de personas
- Ubicación del espacio o establecimiento
- Materialidad del espacio o establecimiento
- Equipos electrónicos cercanos (Fuentes de Calor)

2.1.4. Planeación

Es necesario recordar que tanto la temperatura como el aire pueden modificarse mediante adecuaciones a los inmuebles; sin embargo, la humedad es posible erradicarla únicamente a través de un sistema de climatización o de la climatización natural *(Revista mundohvacr, 2018).*

Además, señala, es primordial conocer los materiales que integran las colecciones, porque de eso dependen los niveles específicos de temperatura y humedad relativa para su conservación. "Por este motivo, lo ideal es mantenerlo en áreas independientes climatizadas de acuerdo con el tipo de material que albergan" *(Revista mundohvacr, 2018).*

Respecto del aire acondicionado, debe ser posible seccionar su funcionamiento por áreas, a fin de garantizar que el equipo no se sobrecaliente o provoque condensaciones en las salas que precisan apoyo ininterrumpido. Para la instalación, siempre hay que tener presente que es

esencial brindar mantenimiento a todos los equipos por instalar para que su funcionamiento sea constante y esté libre de condensaciones o filtraciones que deriven en escurrimientos. Estos problemas podrían deteriorar las colecciones, ya sea por contacto directo con fuentes de humedad o por alteraciones en los ciclos previstos para los niveles de temperatura y humedad relativa *(Revista mundohvacr, 2018).*

Paquini aconseja: "Si se trata de un inmueble cuya construcción está destinada a albergar una biblioteca o sala de archivo (ex profeso) no hay tantos problemas, siempre y cuando se cuente con la asesoría adecuada durante su planeación. En el caso de los inmuebles adaptados, la dificultad a la que puede enfrentarse una instalación de estos sistemas radica en que, en muchas ocasiones, el edificio no cuenta con la capacidad de carga para soportar el peso de los equipos, no posee las condiciones para adaptar las entradas y salidas de los ductos, o se trata de inmuebles que se consideran patrimonio de la humanidad y están protegidos por una normatividad que imposibilita las modificaciones arquitectónicas necesarias para instalar un sistema de climatización" *(Revista mundohvacr, 2018).*

2.1.5. Climatización natural

Debido a los inconvenientes de adaptación en muchos edificios antiguos o cuando no se cuenta con los recursos para instalar los sistemas necesarios, se suele recurrir a la climatización natural. Dicho esquema debe lograrse mediante ventilación adecuada por medio de ventanas, ventilas y puertas, las cuales permitirán el acceso de aire; no obstante, se debe considerar que con estos esquemas se suscitan intercambios de gases entre el interior y el exterior, lo que implica la entrada de contaminantes *(Revista mundohvacr, 2018).*

Por tal motivo, todos los accesos que permitan el paso de aire deberán contar con sistemas de filtración de partículas o, en su defecto, limitar la entrada de aire a cortos periodos y siempre tener en observación las condiciones ambientales del exterior. En relación con el clima que circunda el lugar, es posible aprovecharlo para implementar otras medidas, como la construcción con materiales higroscópicos o el uso de los espesores de los muros para regular las condiciones ambientales interiores *(Revista mundohvacr, 2018).*

La importancia de la climatización en estos inmuebles “estará ligada al grado de prevención que se desee durante la planeación de la conservación de las colecciones; aunque, dependerá de los recursos económicos de cada institución”, lamenta Paquini *(Revista mundohvacr, 2018).*

En el país existen diversas instituciones conscientes de la importancia de conservar el patrimonio que albergan bibliotecas y archivos, lo que las ha impulsado a acercarse a especialistas. “Cada vez más se avanza en la implementación de sistemas de conservación que involucren una climatización adecuada, incluyendo la capacitación del personal que queda a cargo del acervo, porque de nada sirve tener el mejor y posiblemente más caro sistema de climatización artificial si éste se manipulará a libre albedrío obedeciendo sólo al confort humano”, concluye el experto *(Revista mundohvacr, 2018).*

2.1.6. Calidad de aire interior

En las últimas décadas se descubrió que el microclima de los edificios puede enfermar a sus ocupantes y si se tiene en cuenta que el 80% al 90 % de nuestro tiempo transcurre en locales cerrados con ambientes contaminados en mayor o menor grado, es fundamental adecuar los diseños de los sistemas de climatización y ventilación conforme a los últimos resultados de las investigaciones científicas en esta materia *(Mermet & Yarke, 2005).*

Muchos de esos recintos disponen de sistemas de ventilación y/o climatización forzada del aire y se trata, por lo general, de edificios herméticos cuyas ventanas no están previstas para la ventilación natural sino para la iluminación. La toma de aire se realiza desde el exterior y se distribuye hacia el interior por conductos, lo que permite regular los caudales de renovación en niveles generalmente muy bajos en relación con los volúmenes interiores *(Mermet & Yarke, 2005).*

Por lo general, se trata de edificios meramente funcionales que se destinan habitualmente a oficinas y comercios, con grandes superficies en planta para un uso empresarial. Pero esta moda del acondicionamiento artificial no quedó confinada en los edificios corporativos, sino que también se extendió allí donde las condiciones económicas lo permitieron, incluyendo a escuelas, guarderías, residencias particulares, hoteles, etc. La mayoría de estos edificios son actualmente construcciones livianas y de ejecución acelerada, con las superficies interiores

recubiertas de materiales textiles o sintéticos adheridos con pegamentos especiales de características volátiles *(Mermet & Yarke, 2005)*

La mala calidad del aire interior ocurre cuando la ventilación no es lo suficientemente adecuada para mantener las concentraciones de contaminantes a niveles que no produzcan problemas para la salud a los ocupantes. El sistema de climatización no sólo debe controlar los contaminantes, sino que debe proveer un entorno cómodo. La percepción de aire quieto o estancado, olores, corrientes de aire o temperatura y humedad incorrectas conducen a la incomodidad, la cual es el comienzo de las quejas sobre la calidad de aire interior.

Existen pautas generales que se deben tomar en cuenta para lograr una buena calidad del aire interior, tales como las que están establecidas por la Asociación de Higiene Industrial de Estados Unidos (AIHA), estas pautas se muestran en la figura 2.1.

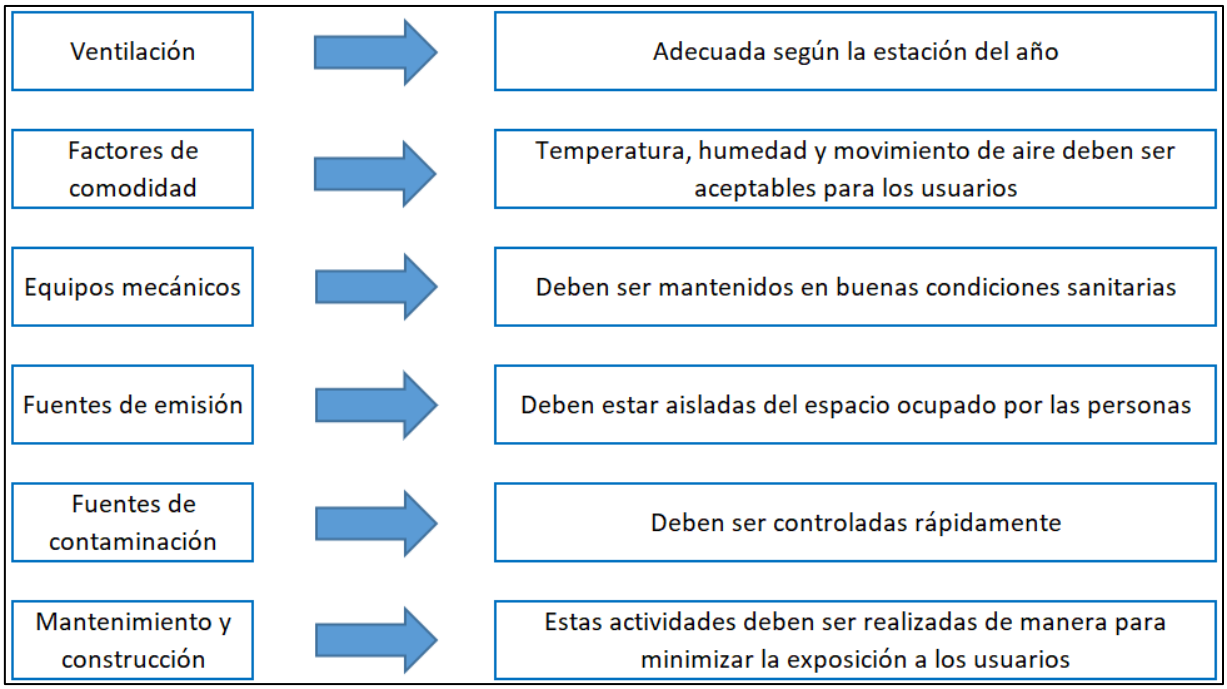


Figura 2.1: Pautas generales para una buena calidad de aire interior.

Fuente: Asociación de Higiene de Estados Unidos (AIHA, 2004).

2.1.7. Problemas frecuentes de los edificios con aire acondicionado y bajo nivel de renovación del aire interior

- Contaminantes procedentes del exterior que ingresan por las tomas de aire.
- Contaminación generada por los ocupantes: tabaco, fotocopiadoras, operaciones de pintura, limpieza, reparación cuya renovación es insuficiente.
- Contaminantes que provienen de zonas especiales: cocina, imprenta, laboratorio y que distribuyen al resto del edificio por los conductos.
- Olores permanentes.
- Diferencias de calidad del aire entre zonas próximas.
- Presencia elevada de contaminantes biológicos (virus y bacterias) que se depositan en los conductos e instalaciones.

2.1.8. Sistemas, componentes, materiales, criterios de diseño y dimensionado

2.1.8.1 Sistemas, componentes y materiales

La ventilación se puede dividir en:

- Ventilación natural: La ventilación natural se produce cuando se aprovecha aire natural, a partir de la velocidad del viento y de la diferencia de temperatura, por medio de huecos en la envolvente de la edición. *(Pecoraio, S. ,2017).*
- Ventilación mecánica o forzada: La ventilación mecánica se produce cuando se extrae el aire mediante equipos electromecánicos, conduciéndolo al exterior por una red de conductos, y se puede dividir en:
    - Ventilación mecánica controlada: por extracción del aire.
    - Ventilación regulada higrométricamente: por extracción de la humedad relativa.
    - Ventilación controlada de doble flujo: por extracción e impulsión del aire.

2.1.8.2 Criterios de diseño y dimensionado

También para la ventilación, el Documento Básico HE (Ahorro de energía) establece los criterios de diseño y dimensionado. En particular, respecto a los huecos, añade que:

- Deben considerarse las características geométricas de los huecos y el espacio al que pertenecen, al igual que las protecciones solares, sean fijas o móviles, y otros elementos que puedan producir sombras o disminuir la captación solar de los huecos.
- Para los huecos, es necesario definir la transmitancia térmica del vidrio y el marco, la superficie de ambos, el factor solar del vidrio y la absortividad de la cara exterior del marco. En el caso de puertas cuya superficie semitransparente sea inferior al 50% es necesario considerar exclusivamente la transmitancia térmica y, cuando sea preciso, la absortividad.
- Debe considerarse la permeabilidad al aire de los huecos para el conjunto marco vidrio incluyendo el efecto de aireadores de ventilación en su caso.
- Deben tenerse en cuenta las sombras que puedan arrojar los obstáculos de fachada, incluyendo retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior que figure explícitamente en la memoria del proyecto y con efecto de sombra sobre los huecos.

2.1.8.3 Sistemas pasivos

Como ya se ha mencionado anteriormente, para mantener las condiciones térmicas adecuadas al bienestar de los ocupantes de un edificio frente una temperatura externa más fría, se puede pensar el edificio como un sistema pasivo que modifica la acción de los agentes climáticos. También se ha mencionado que las estrategias pasivas se pueden utilizar básicamente para alcanzar dos objetivos principales:

- Enfriamiento
- Calefacción

En este apartado, se describirán los sistemas pasivos para el enfriamiento natural de un edificio, que funcionan gracias a la ventilación natural, a la protección y a la expulsión del calor indeseado hacia disipadores de calor ambiental (aire, tierra, agua). Las principales técnicas

empleadas en este caso prevén sobre todo el uso de conductos de aire enterrados, de chimeneas solares, de una buena masa térmica, de la ventilación inducida, de protección de la radiación directa y de sistemas para la deshumidificación o para la evaporación del agua.

2.1.8.4 Sistemas de enfriamiento pasivos

Los sistemas de ventilación y tratamiento del aire son componentes o conjuntos de componentes de un edificio que tienen como objetivo, por un lado, favorecer el pasaje del aire en su interior, y por otro, el tratamiento del aire para mejorar sus condiciones de temperatura y humedad. Generalmente tales sistemas se pueden clasificar en:

- De movimiento de aire: son componentes que fuerzan el pasaje del aire mediante el efecto de las presiones y sobrepresiones que se generan. Representado en la figura 2.2.

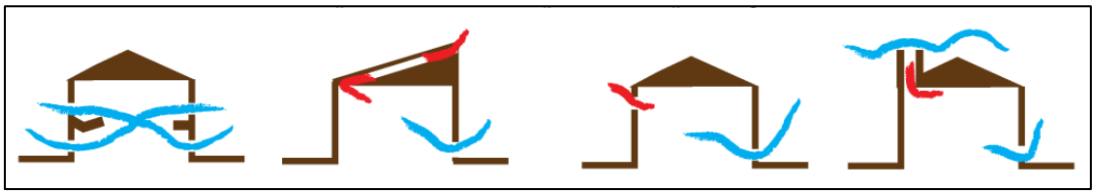


Figura 2.2: Enfriamiento pasivo por movimiento de aire.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2010

- De tratamiento de aire: son componente que permiten que una determinada cantidad de aire de ventilación pueda mejorar sus condiciones iniciales. Son sistemas que se caracterizan por el cambio que producen sobre las condiciones del aire que entra en el ambiente interno, generalmente temperatura y humedad. Representado en la figura 2.3.

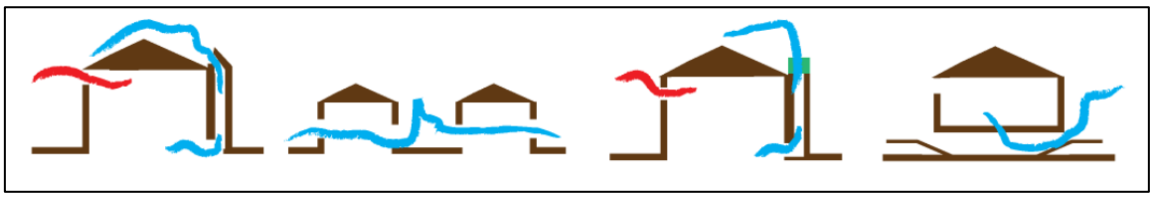


Figura 2.3: Enfriamiento pasivo por tratamiento de aire.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2010

2.1.8.5 Sistemas de calefacción pasivos

Los sistemas de calefacción pasivos radican en la utilización de energía natural del sol. Para ser más preciso, utiliza la radiación solar. Para utilizar este sistema pasivo de calefacción existen 2 métodos:

- Radiación solar entrante por ventanas: Radica en la utilización de ventanas de grandes dimensiones, cortinas o persianas aislantes y el uso de material absorbente con masa térmica en piso y techos. Representado en la figura 2.4.

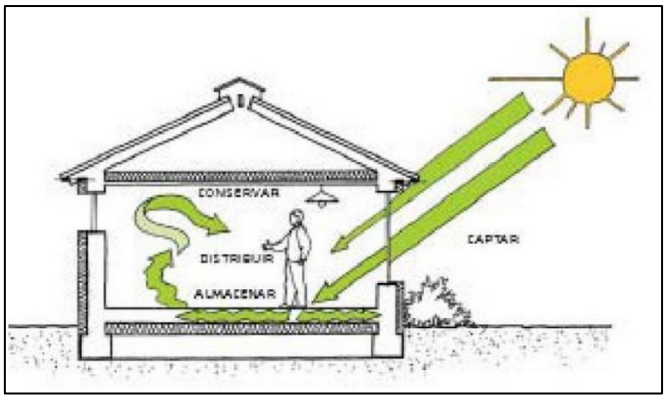


Figura 2.4: Calefacción pasiva por radiación solar entrante por ventanas

Fuente: Universidad Mayor, 2011.

- Calor generado por electrodomésticos: Se enfoca en aprovechar el calor generado por los electrodomésticos existentes para mantener el ambiente temperado y adecuado según el tipo de uso del lugar a ambientar.
- Calor corporal: El ser humano también genera energía térmica, llamada calor corporal. Si bien la potencia de este tipo de calor no se asemeja con los otros tipos de calor previamente mencionados, hay que destacar que a mayor cantidad de personas dentro de un espacio determinado, mayor será la cantidad de calor corporal liberado.

2.1.8.6 Simbología y representación

En la ventilación se utilizan distintos símbolos para representar los diferentes elementos, como por ejemplo:

Tabla 2.1: Simbología y representación de ventilación

	Conducto vertical de ventilación de sección circular de chapa galvanizada
	Conducto horizontal de ventilación de sección circular de chapa galvanizada
	Conducto flexible de ventilación de sección circular
	Abertura de admisión
	Abertura de paso
	Abertura de extracción
	Rejilla de extracción higrorregulable
	Rejilla de admisión higrorregulable
	Extractor de cubierta higrorregulable
	Rejilla de extracción
	Rejilla de impulsión
	Ventilador helicocentrífugo *inline*

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2010.

2.1.9. Diseño de Ductos y Elección de equipos de Ventilación

2.1.9.1 Diseño de Ductos

La dimensión de los conductos está condicionada por la geometría del establecimiento o zona, el caudal de aire a transportar, la velocidad deseada y el ruido que se puede producir. De igual manera se tiene que considerar que una sección de ductos reducida aumentará la velocidad, ruido y vibración.

Comúnmente los ductos se construyen en plancha de acero galvanizado, ya que es resistente al fuego y a la corrosión, además su superficie es lisa y fácil de limpiar.

En términos de dimensión, los ductos de sección rectangular poseen mayores pérdidas de presión que los ductos de sección circular y cuadrados. Pero a su vez, tienen una mejor adaptación en el montaje, lo cual representa una mayor facilidad de aplicación. De todas maneras, la selección del tipo de sección depende del mandante.

Para la determinación de la sección de los ductos en cada tramo del sistema de ventilación, se utiliza el método de igual velocidad, es decir, se mantiene constante la velocidad máxima recomendada. Por lo general, la velocidad máxima recomendada suele ser de 5 m/s según la norma chilena DITARCHILE.

2.1.9.2 Elección de equipos de Ventilación

Para la elección de equipos de ventilación se necesita previamente cierta información de la zona o establecimiento a ventilar, estos son:

- Caudal de aire necesario de la zona a ventilar
- Ubicación de la zona a ventilar
- Dimensiones de la zona a ventilar
- Ocupación de la zona a ventilar

2.2. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso se encuentra desde el año 2015 en el Edificio Hucke. Este edificio, con su estructura metálica a la vista, es un testimonio de la gran época industrial en Valparaíso. en la primera parte del siglo XX (1900-1919), perteneció a la fábrica de galletas Hucke, perteneciente a los hermanos George y Otto Hucke; luego, fue comprado por la Empresa Chilquinta Energía, convirtiéndose en la sede institucional de uno de los distribuidores de electricidad más importantes en Sudamérica, la que recuperó el edificio, su entorno, y la plaza (Balmes, 2005). Debido al terremoto del año 2010, el edificio fue puesto en venta y la Universidad de Valparaíso lo adquirió y empezó el año 2012 con los trabajos de restauración, los cuales terminaron en el año 2014 *(mapa.valpo.net, 2016).* Referencia en la figura 2.5.



Figura 2.5: "Edificio Hucke"

Fuente: Guía de Arquitectura MINVU página 240, 2005

2.2.1. Ubicación de la investigación

La comuna de Valparaíso está ubicada en la V región de Valparaíso – Chile, en la costa suroeste de Sudamérica, en las coordenadas 33° latitud Sur, 71° longitud Oeste. El proyecto de investigación se enfocará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso, ubicada en el nivel-1 (subterráneo). Representado en rojo en la figura 2.6.

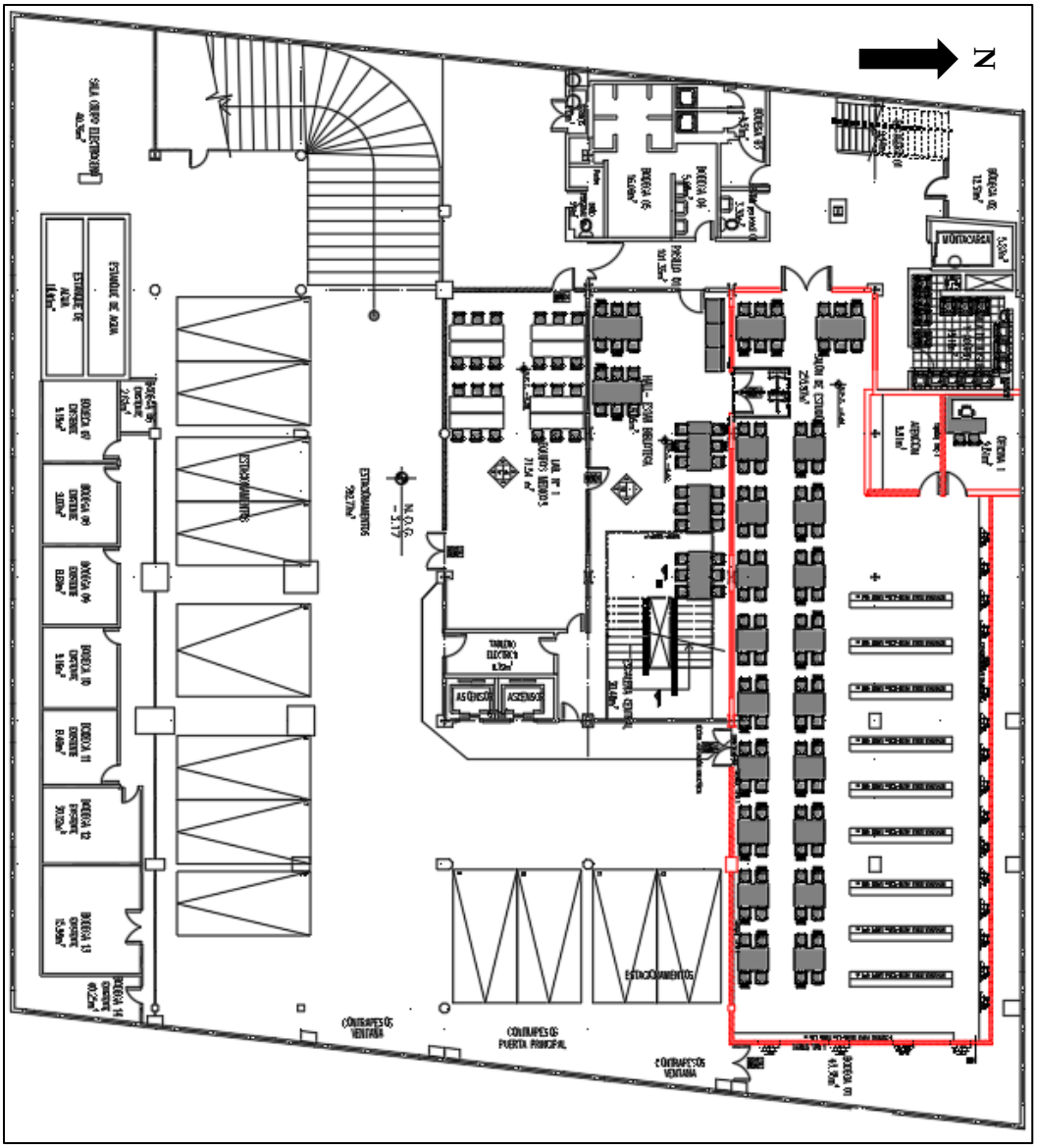


Figura 2.6: Distribución en planta Subterráneo-Biblioteca de la Facultad de Ingenieria UV

Fuente: Dirección de Infraestructura, 2020.



Figura 2.7: Vista de elevación de la biblioteca de la FACING UV.

Fuente: Propia, 2023.

La Facultad de Ingeniería se encuentra en General Cruz 222, ciudad de Valparaíso, comuna de Valparaíso, región de Valparaíso, esto se ve representado en la Figura 2.8 marcado con rojo.

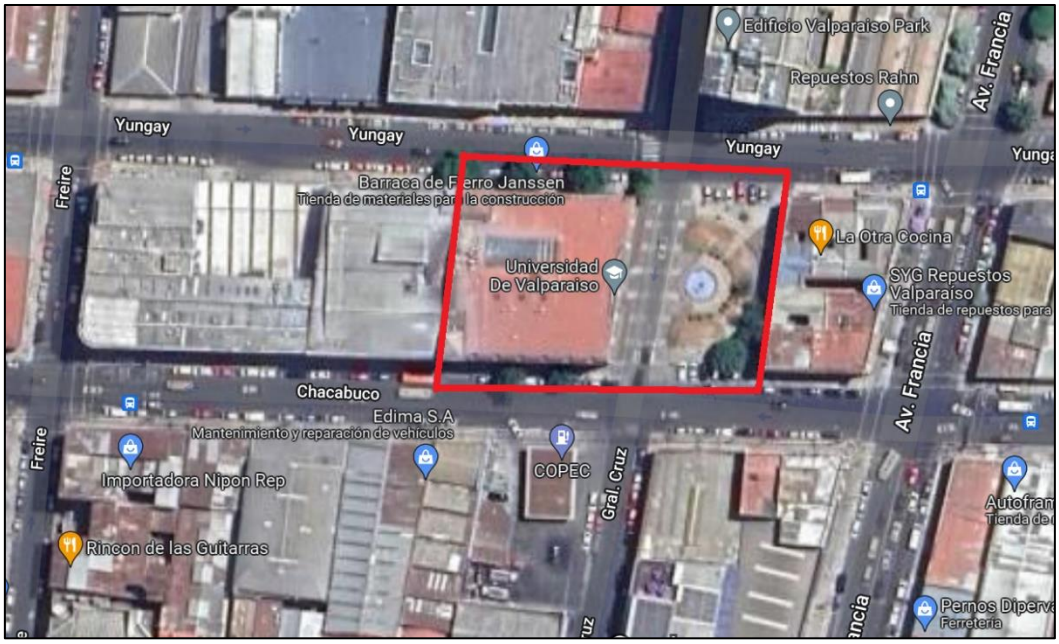


Figura 2.8: Ubicación y delimitación de la zona de estudio. Ciudad de Valparaíso

Fuente: Google Maps, Elaboración propia, 2023.

2.2.2. Situación actual y motivo de estudio de la Biblioteca

Actualmente, se ha estado llevando a cabo un proceso de “recuperación de la normalidad”, debido a la pandemia ocasionada por el brote de COVID-19 a nivel mundial a fines del año 2019, llegando ésta a Chile en marzo de 2020. Lo cual significó la reapertura de ciertos lugares y áreas que antes se mantenían completa, o parcialmente cerradas. Tal como es el caso de la Biblioteca previamente mencionada.

El motivo de investigar si la Biblioteca cumple con una Ventilación adecuada, es debido a la experiencia propia del estudiante en cuestión. Desde el año 2015 los estudiantes han experimentado bajas temperaturas y la ausencia de un aire renovado en la biblioteca a la hora de realizar estudios, investigaciones o trabajos respecto a la Universidad. Otro motivo es que la última revisión a la biblioteca, respecto a su funcionamiento en general, fue efectuada en el año 2014, ya han pasado 7 años desde su apertura el año 2015. Por lo cual es importante saber si su ventilación funciona de forma adecuada. También vale la pena incluir de que originalmente la biblioteca sólo funcionaría como bodega para material de lectura, y gracias a la encargada de la biblioteca, Olga Miranda, incluyeron las mesas y sillas, añadiendo a la biblioteca un área de estudio para los estudiantes.



Figura 2.9: Biblioteca Facultad de Ingeniería Universidad de Valparaíso

Fuente: Propia, 2023.

2.2.3. Interior de la Biblioteca

Actualmente la Biblioteca cuenta con una oficina, una bodega, una mesa de atención, un área de recepción y un espacio que comparte estanterías de material de lectura y mesas de estudio, tal como lo indica la figura 2.10:

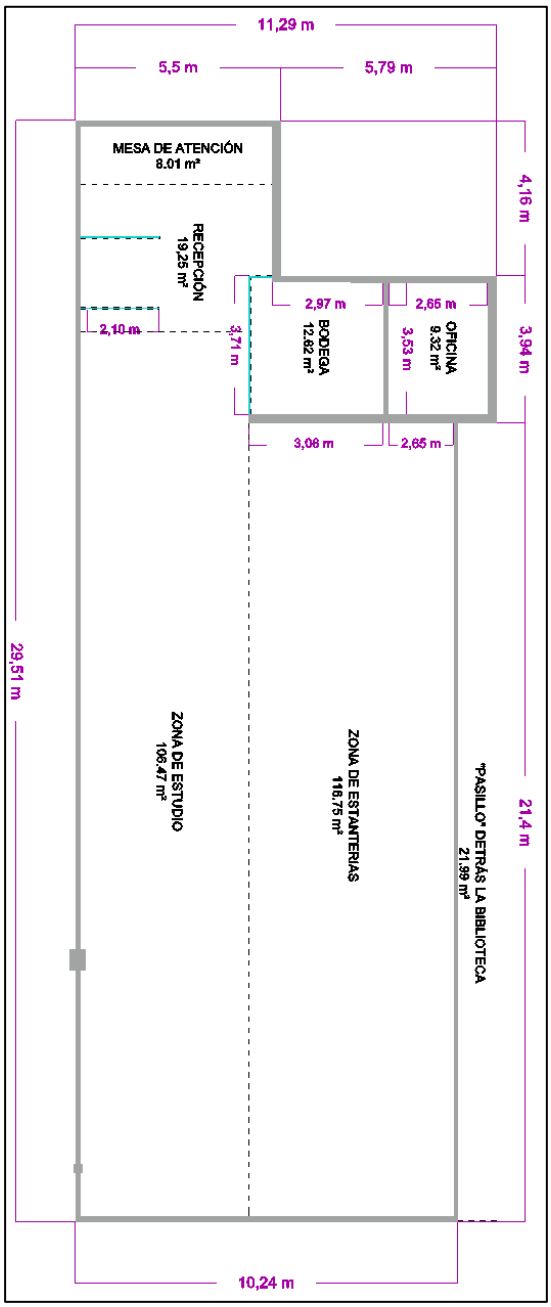


Figura 2.10: Plano de Arquitectura de la Biblioteca de Facultad de Ingeniería

Fuente: Propia, 2023.

- Recepción

La finalidad de esta área es el recibimiento de los usuarios a la biblioteca para que posteriormente accedan a la mesa de atención, las oficinas, o simplemente se acerquen a las estanterías a buscar material de lectura. Este espacio tiene un área disponible de **19,25 m^2**.



Figura 2.11: Área de recepción de la Biblioteca

Fuente: Propia, 2023.

- Mesa de atención

La finalidad de este sector es la atención a los usuarios que quieren usar la biblioteca de la Facultad. Este espacio tiene un área disponible de **8,01 m^2**.



Figura 2.12: Mesa de atención de la Biblioteca

Fuente: Propia, 2023.

- Área de estanterías

La finalidad de esta área es almacenar distintos tipos de material de lectura para los usuarios, este material de lectura puede variar desde libros, revistas, manuales y tesis. Este espacio tiene un área disponible de **116,75 m^2**.



Figura 2.13: Área de estanterias de la Biblioteca de la Facultad

Fuente: Propia, 2023.

- Área de estudio

La finalidad de esta área es que los usuarios puedan tener un espacio para estudiar, realizar trabajos, buscar información de forma cómoda y en silencio. Este espacio tiene un área disponible de **106,47 m^2**. Actualmente este espacio cuenta con 10 mesas rectangulares de 8 asientos, 1 mesa redonda de 4 asientos y 5 sillones individuales. Por lo tanto, la cantidad de estudiantes que pueden estar dentro de la biblioteca, como máximo, es de 89 personas. Sin contar a los funcionarios ubicados en la mesa de atención, oficinas y bodega, y a los estudiantes que ingresan a la biblioteca para retirar y/o devolver material de estudio.



Figura 2.14: Área de mesas de estudio de la Biblioteca de la Facultad

Fuente: Propia, 2023.

- Oficina de la encargada de la biblioteca. (oficina 1)

Esta oficina le pertenece a la encargada de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso, Olga Miranda. Esta oficina posee un área de **9,32 m^2**.

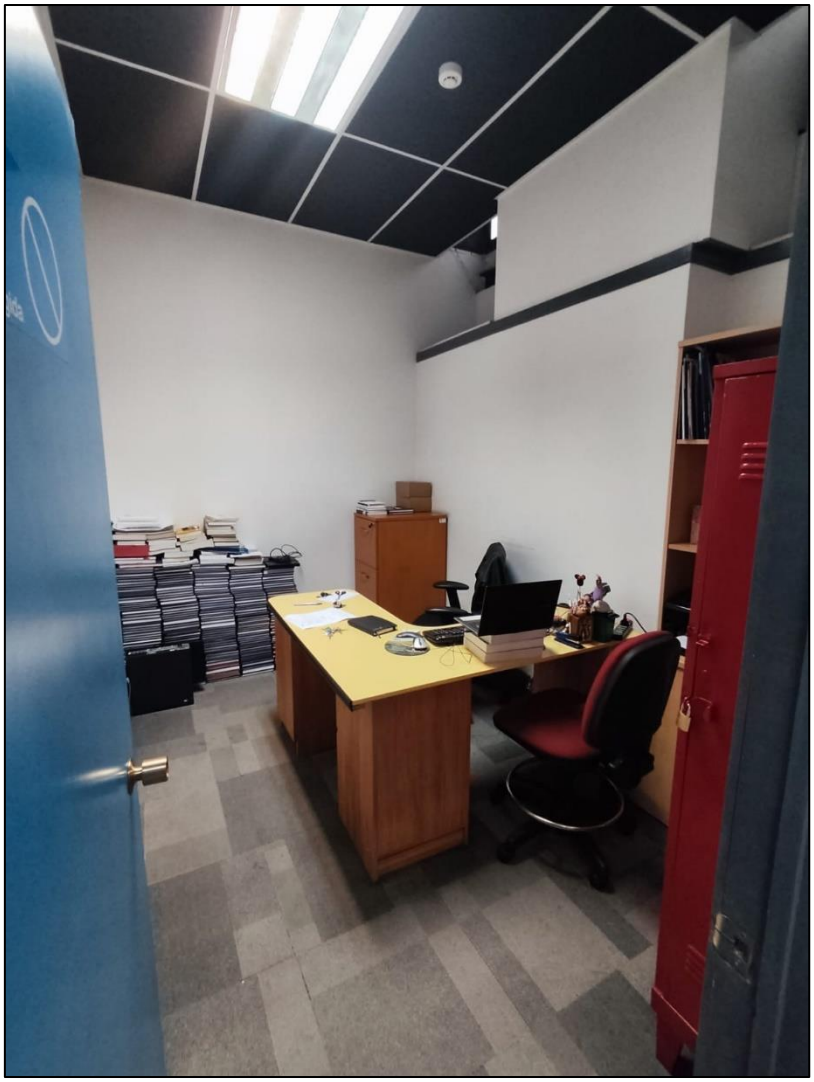


Figura 2.15: Oficina de la Encargada de la Biblioteca de la Facultad

Fuente: Propia, 2023.

- Bodega (Atención)

La finalidad de la bodega es almacenar material de lectura, muebles de respaldo, equipos electrónicos y otros artículos no utilizados. El espacio disponible de la bodega posee un área de **12,62 m^2**.

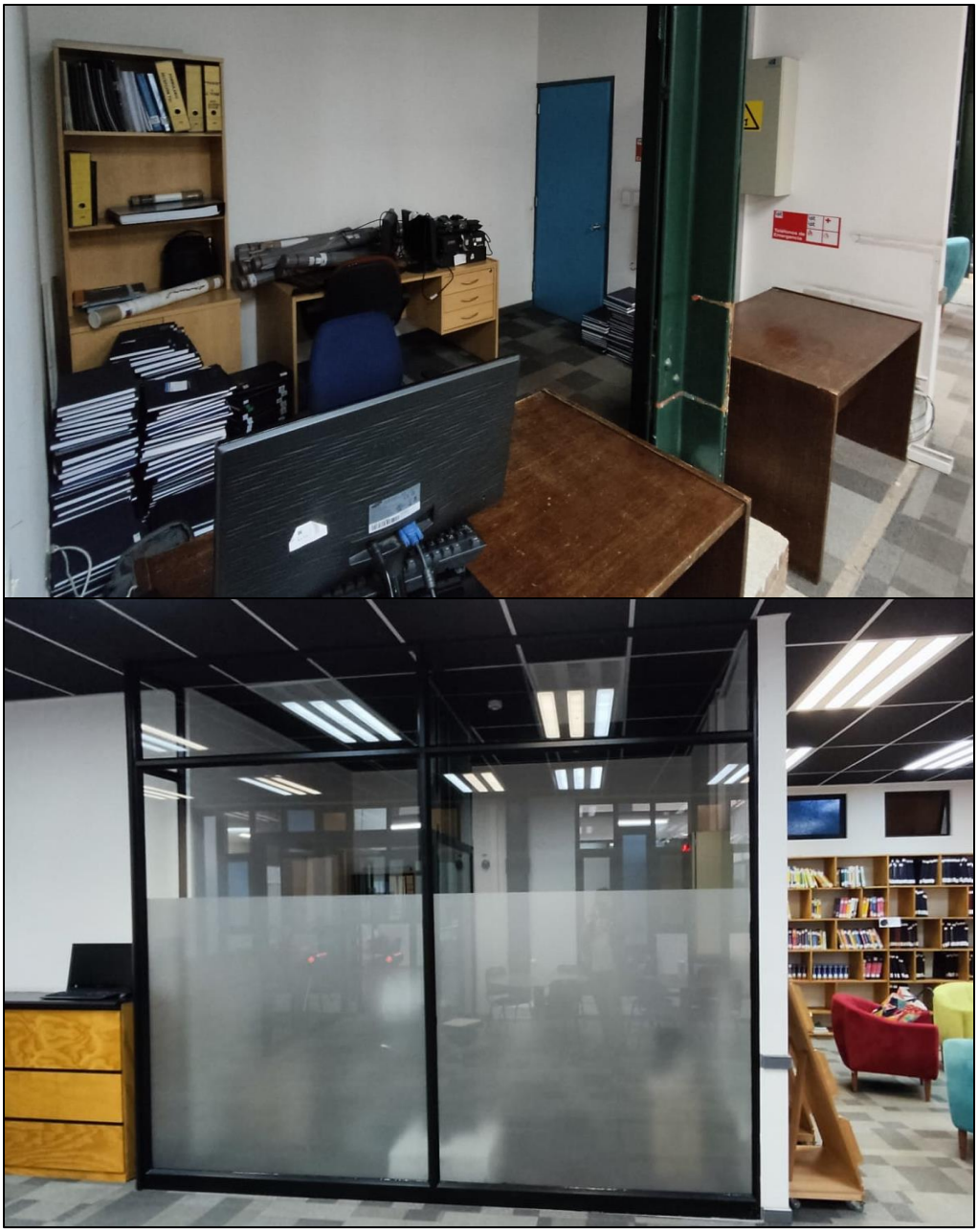


Figura 2.16: Bodega de la Biblioteca de la Facultad

Fuente: Propia, 2023.

2.2.4. Exterior de la Biblioteca

De igual manera es importante saber que zonas rodean la biblioteca, de esta manera se puede saber el espacio disponible para ubicar los posibles equipos de climatización.

Estas zonas se nombrarán a continuación:

- Hall – zona de estar afuera de la biblioteca:

En esta zona se encuentra la entrada a la Biblioteca y al Laboratorio de Biomédica, también se utiliza como zona de estudio anexa a la biblioteca.



Figura 2.17: Hall – zona de estar afuera de la biblioteca

Fuente: Propia, 2023.

- Estacionamiento:

  En esta zona profesores y funcionarios pueden estacionar sus vehículos.

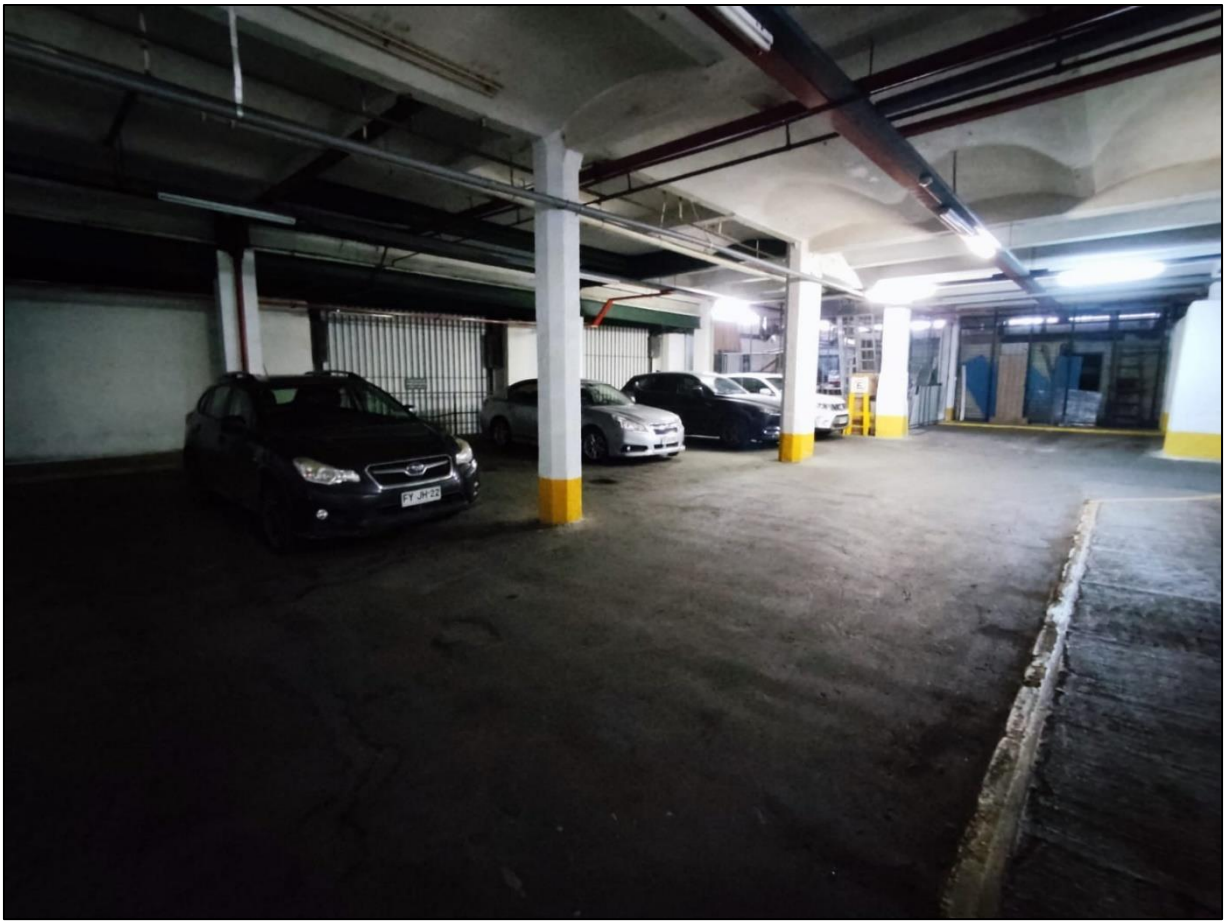


Figura 2.18: Estacionamiento de la Facultad de Ingeniería

Fuente: Propia, 2023.

- Bodega de archivos del Decanato

Esta bodega se encuentra al lado Este de la Biblioteca y tiene acceso directo a las ventanas de esta. Tiene varios muebles, sillas y materiales de lectura de la biblioteca. Posee un área de **27,79m^2**.



Figura 2.19: Bodega de archivos del Decanato

Fuente: Propia, 2023.

- “Pasillo” entre pared de Biblioteca y muro norte del Edificio Hucke

Debido a que el Edificio Hucke es un edificio patrimonial, existen varias limitaciones a la hora de querer modificar la infraestructura. Es por esto que se optó construir muros internos de tabiquería para crear un espacio para la biblioteca, dejando un espacio entre el muro interno del edificio Hucke y la tabiquería de la biblioteca. Este pasillo tiene un largo de 21,40 mts y un ancho de 1,05 mts. Actualmente este espacio se encuentra bloqueado, por lo que no tiene uso.



Figura 2.20: Espacio entre tabiqueria de la biblioteca y muro del Edificio Hucke

Fuente: Propia, 2023.

2.2.5. Materialidad de la Biblioteca

Tal como se explicó previamente, la materialidad de un espacio determinado puede afectar al ambiente de este en términos de temperatura, humedad y ventilación.

La materialidad de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso radica en el uso de tabiquerías de madera con aislamiento de lana de vidrio recubiertas con planchas de yeso-cartón, muros separadores de ambiente de cristal, ventanas de cristal oscilantes, cielo americano, sillas ISO tapizadas, mesas de estudio de madera, estanterías de madera con divisiones metálicas, puertas de acceso de vidrio, puertas internas de madera y alfombra. En cuanto a elementos de infraestructura internos de la biblioteca destacan pilares de perfiles metálicos apernados y pilares octogonales de hormigón armado.

2.3. Comparación de bibliotecas de otras Universidades

Con la intención de obtener información sobre el cómo el resto de las bibliotecas universitarias lidian con los factores de ventilación, humedad y temperatura, se realizó una consulta a los encargados de biblioteca de otras universidades y facultades, y realizar un registro fotográfico interno de esta.

2.3.1. Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso.

La Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso se encuentra en Parque 570, Cerro Playa Ancha, Valparaíso, Chile. Esta biblioteca está ubicada en la tercera planta de un edificio administrativo de 4 pisos. Además, esta biblioteca consta de 2 pisos.



Figura 2.21: Edificio administrativo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso.

Fuente: Facultad Arquitectura, 2022.



Figura 2.22: Biblioteca de la Facultad de Arquitectura UV, zona de estanterias.

Fuente: Propia, 2023.

Al encontrarse en una tercera planta esta biblioteca posee una ventilación e iluminación más directa, a comparación de la biblioteca de la FACING UV. El primer piso de la biblioteca de la Facultad de Arquitectura UV se utiliza como zona de estudio y retiro/devolución del material de estudio, mientras que el segundo piso se utiliza para actividades recreativas y uso de salas de estudio.



Figura 2.23: Biblioteca de la Facultad de Arquitectura UV, sala de estudio

Fuente: Propia, 2023.

2.3.2. Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

La Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la PUCV se ubica en Brasil 2157, Valparaíso, Chile. Esta biblioteca se encuentra en el primer piso de la facultad.

Al encontrarse en la primera planta, esta biblioteca tiene la libertad de utilizar iluminación natural. Sin embargo, en esta biblioteca se utiliza una ventilación mixta, haciendo el uso de ventanas y extractores de aire, tal como se muestra en la figura 2.24.



Figura 2.24: Biblioteca de la Facultad de Ingeníeria de la PUCV, zona de estudio.

Fuente: Propia, 2023.

2.3.3. Casa central de la PUCV, Biblioteca de Teología

La biblioteca de Teología de la PUCV se encuentra ubicada en Brasil 2950, Valparaíso, Chile. Esta biblioteca se encuentra en la planta -1 de la casa central de la PUCV, lo cual hace que se asemeje con la biblioteca de la FACING UV, en términos de factores de ventilación, temperatura y humedad.



Figura 2.25: Biblioteca de Teología de la casa central de la PUCV, zona de estudio.

Fuente: Propia, 2023.

Según el encargado de esta biblioteca, esta tenía bastantes problemas. Unos de los problemas que más destacaban eran:

- Hedores del exterior que ingresaban al interior de la biblioteca.
- Ingreso de Humedad por capilaridad.
- Poca ventilación.
- Poca iluminación.

En enero de 2021 se inició la restauración de la casa central de la PUCV, se emplearon procesos de limpieza, recuperación de ornamentos, salones y fachadas. Dentro de esos procesos destaca la renovación de la biblioteca de Teología de la PUCV. De las mejoras a la biblioteca implementadas destacan las siguientes:

- Uso de termopaneles acústicos



Figura 2.26: Biblioteca de Teología de la PUCV, termopaneles.

Fuente: Propia, 2023.

- Incorporación de sistema de ventilación



Figura 2.27: Biblioteca de Teología de la PUCV, sistema de ventilación.

Fuente: Propia, 2023.

- Uso de paneles de espuma acústicos.



Figura 2.28: Biblioteca de Teología de la PUCV, paneles de espuma acústicos.

Fuente: Propia, 2023.

2.4. **Dirección del Viento en las cercanías de la FACING UV**

Para diseñar el sistema de ventilación para la biblioteca de la FACING UV se tomará en cuenta la dirección del viento de las cercanías del edificio Hucke, específicamente en el lado norte del edificio (representado en rojo), donde se encuentra la calle Yungay. Tal como se muestra en la figura 2.29.

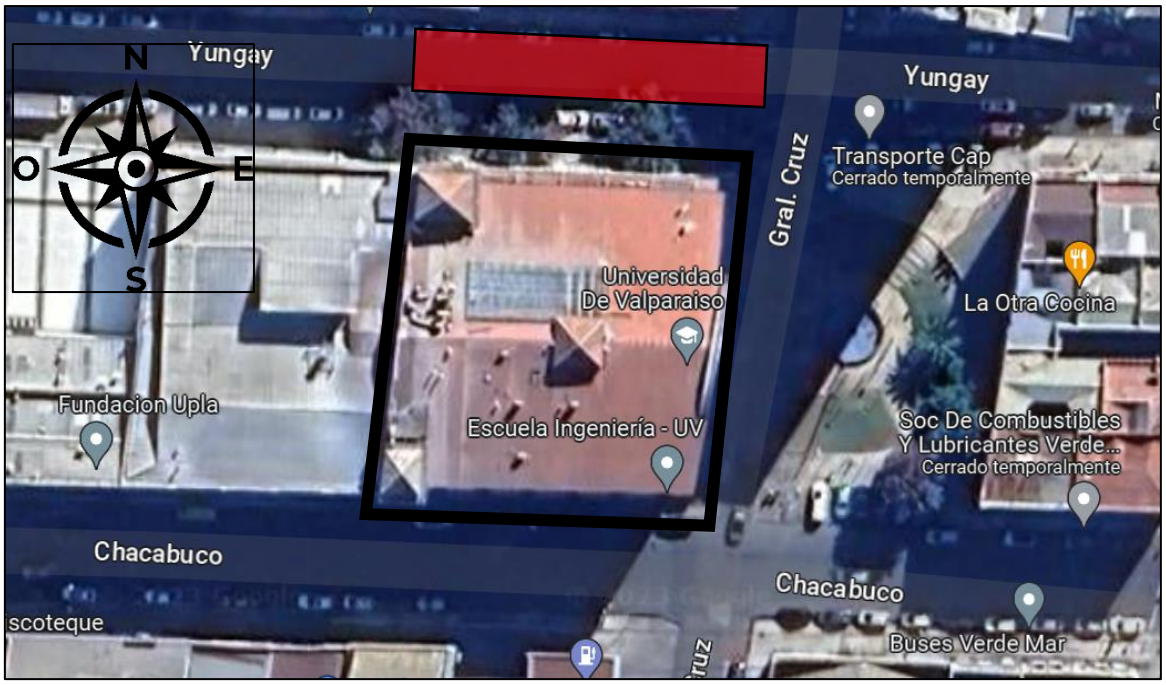


Figura 2.29: Zona de muestreo de dirección de viento, calle Yungay, Valparaíso.

Fuente: Google Maps, 2023.

A continuación se mostrará el registro de la dirección del viento por hora de la ciudad de Valparaíso en las figuras 2.31, 2.32, 2.33, 2.34 y 2.35. Este registro inicia desde el 1 de enero de 2022, hasta el 31 de diciembre de 2022. El punto de medición se encuentra en Blanco 298, Valparaíso. Se utilizo este punto de medición ya que es el que se encuentra más cerca al edificio Hucke.

Pero antes se indicará cómo se interpreta las siguientes figuras, representado en la figura 2.30:

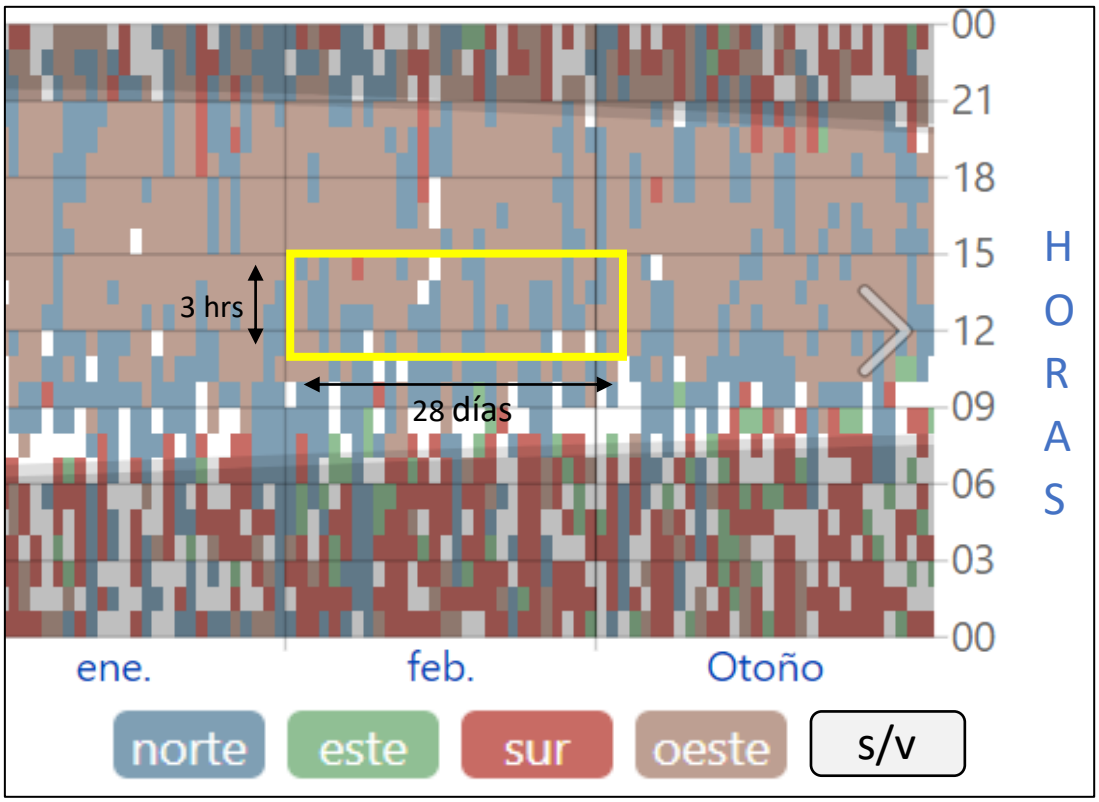


Figura 2.30: Explicación de interpretación de figuras de dirección de viento

Fuente: Propia, 2023.

Para explicar la interpretación del estudio de la dirección del viento en Valparaíso, se utilizará la figura 2.30 como ejemplo. Demostrado en amarillo está representado un intervalo de tres horas (12:00 – 15:00) durante los 28 días del mes de febrero. Cada rectángulo de la figura representa una hora del día y el color del rectángulo representa la dirección proveniente del viento, el color celeste significa que el viento proviene del norte, verde significa que el viento proviene del este, rojo significa que el viento proviene del sur, café significa que el viento proviene del oeste y blanco significa que el viento en esa hora del día fue casi escaso o nulo representado como S/V (sin viento).

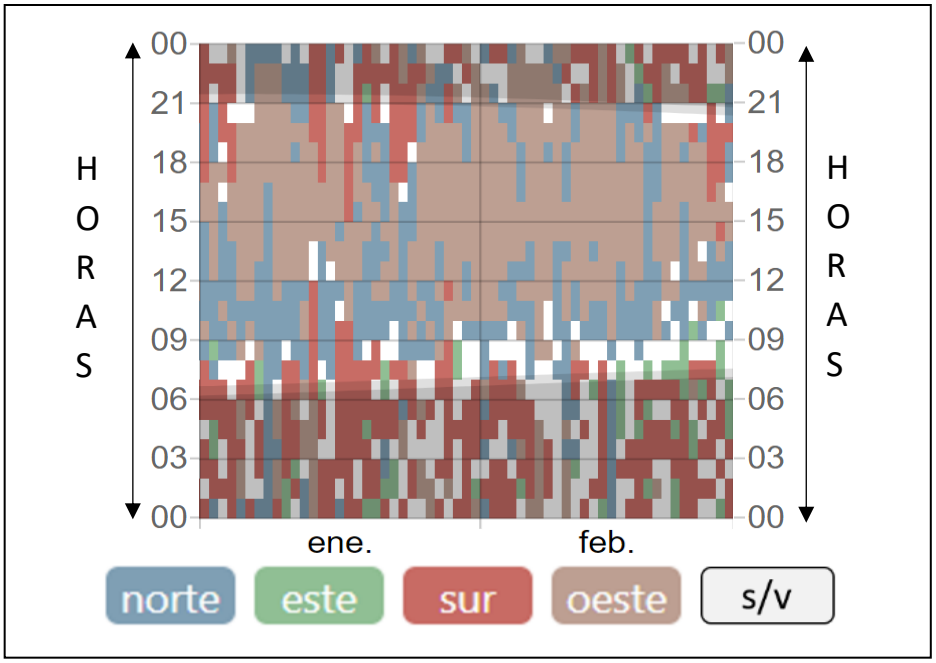


Figura 2.31: Registro de dirección de viento de enero y febrero de 2022.

Fuente: Weatherspark, 2023.

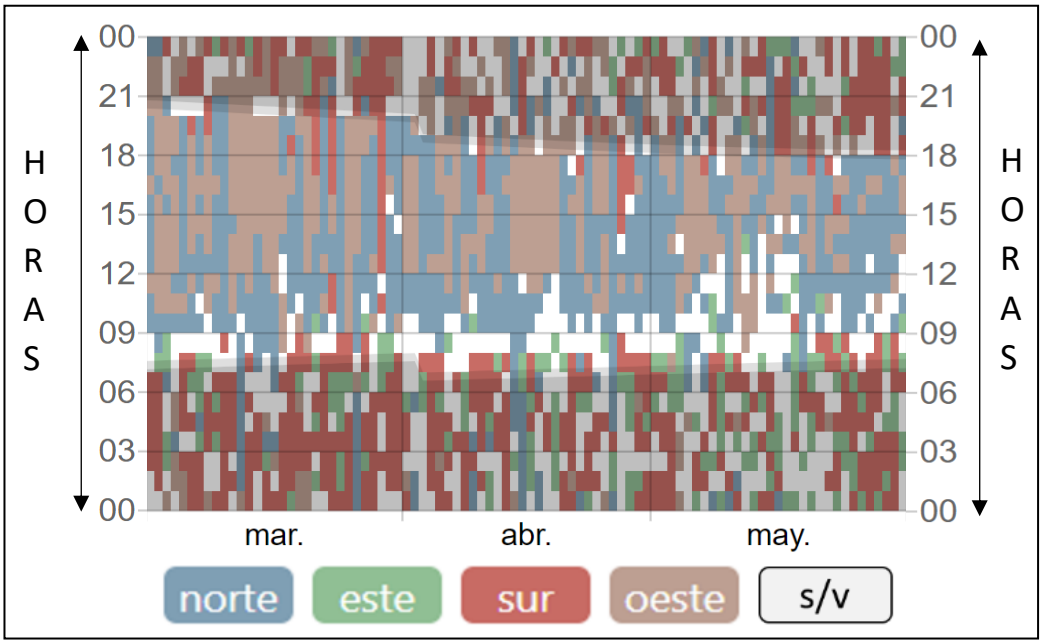


Figura 2.32: Registro de dirección del viento de marzo, abril y mayo de 2022.

Fuente: Weatherspark, 2023.

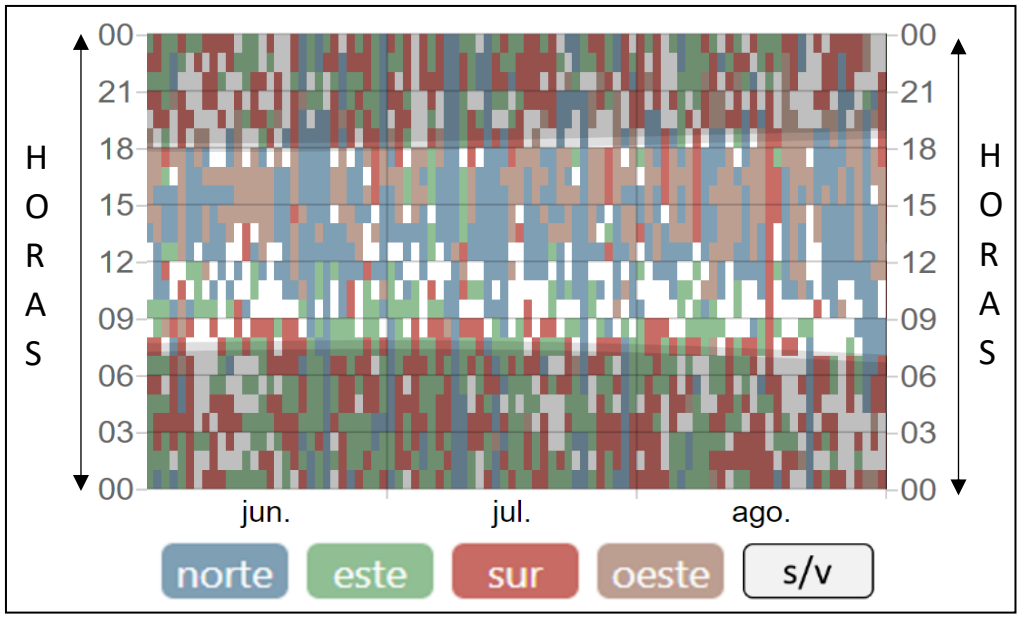


Figura 2.33: Registro de dirección del viento de junio, julio y agosto de 2022.

Fuente: Weatherspark, 2023.

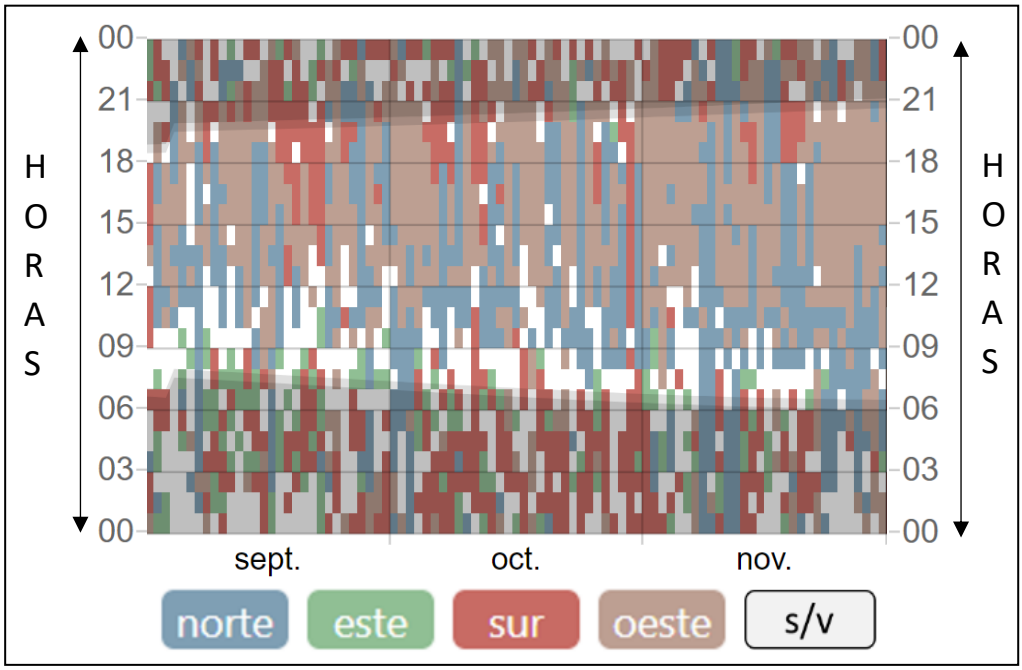


Figura 2.34: Registro de dirección del viento de septiembre, octubre y noviembre de 2022.

Fuente: Weatherspark, 2023.

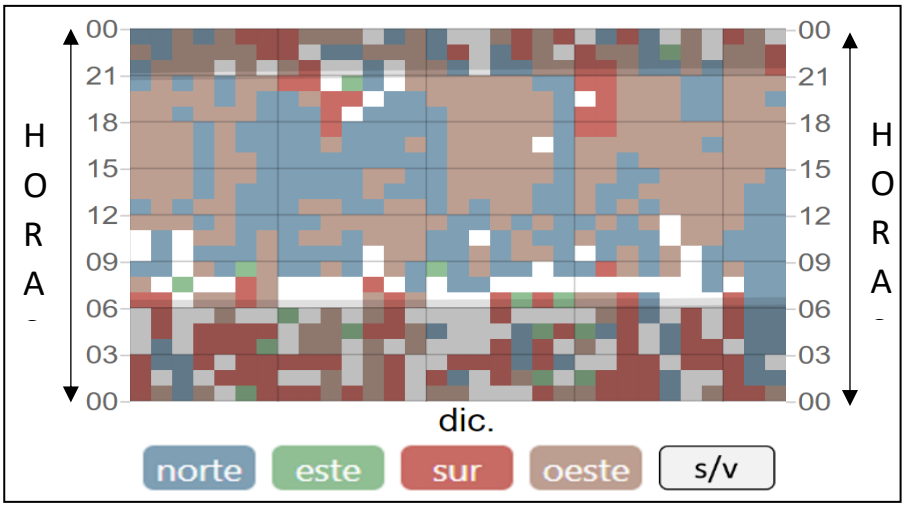


Figura 2.35: Registro de dirección del viento de septiembre, octubre y noviembre de 2022.

Fuente: Weatherspark, 2023.

Con los resultados anteriores, se puede llegar a la conclusión que la dirección que predominó durante el intervalo de tiempo estudiado fue el viento proveniente del oeste con un 25,2% junto con el viento proveniente del norte con un 24,5. También cabe destacar que el porcentaje de horas sin viento (S/V) no es menor, destacando con un 20,1%. Esto se demuestra en la tabla 2.2. Para una mayor comprensión de los datos anteriores, ver anexo 2.

Tabla 2.2: Tabla resumen de cálculo de porcentaje de las direcciones del viento mensual de 2022 en Valparaíso

	Direcciones de viento en Valparaiso 2022-2023 (%)				
Meses	**Norte**	**Este**	**Sur**	**Oeste**	**S/V**
Enero - 2022	23,9%	2,8%	26,5%	32,9%	13,8%
Febrero - 2022	19,6%	5,4%	19,8%	36,9%	18,3%
Marzo - 2022	26,2%	5,6%	25,4%	28,1%	14,7%
Abril - 2022	28,1%	6,8%	18,9%	21,8%	24,4%
Mayo - 2022	22,6%	13,0%	21,6%	16,4%	26,3%
Junio - 2022	22,4%	22,6%	21,7%	12,2%	21,1%
Julio - 2022	28,2%	21,8%	21,5%	10,5%	18,0%
Agosto - 2022	21,4%	14,7%	23,3%	16,0%	24,7%
Septiembre - 2022	19,9%	10,3%	19,6%	23,6%	26,7%
Octubre - 2022	22,7%	5,2%	23,8%	28,1%	20,2%
Noviembre - 2022	29,2%	4,4%	11,8%	39,6%	15,0%
Diciembre - 2022	30,0%	2,0%	14,2%	36,4%	17,3%
% Promedio	**24,5%**	**9,6%**	**20,7%**	**25,2%**	**20,1%**

Fuente: Propia, 2023.

2.5. Velocidad del Viento en las cercanías de la FACING UV

También es importante conocer la velocidad del viento en las cercanías del edificio Hucke, para poder estimar de qué manera podría afectar al sistema de ventilación de la biblioteca de la FACING UV. A continuación se mostrará las velocidades promedio mensuales del viento del año 2022 en Valparaíso en la tabla 2.3. Para ver los datos detallados sobre la velocidad del viento del año 2022 en Valparaíso, ver anexo 3.

Tabla 2.3: Cálculo de la velocidad del viento promedio mensual de 2022 en Valparaíso

Cálculo de la velocidad del viento promedio mensual de 2022 en Valparaíso		
Meses	**Velocidad del Viento (Km/h)**	**Velocidad del Viento (m/s)**
Enero	16,67	**4,63**
Febrero	15,85	**4,40**
Marzo	15,37	**4,27**
Abril	14,77	**4,10**
Mayo	14,05	**3,90**
Junio	14,20	**3,94**
Julio	14,53	**4,04**
Agosto	15,00	**4,17**
Septiembre	15,33	**4,26**
Octubre	16,47	**4,57**
Noviembre	17,50	**4,86**
Diciembre	17,45	**4,85**

Fuente: Propia, 2023.

Como se puede apreciar en la figura anterior, la velocidad máxima del viento fue de 4,86 m/s en el mes de noviembre de 2022. Mientras que la velocidad mínima del viento fue de 3,90 m/s en el mes de mayo de 2022.

2.6. Carga ocupacional de la biblioteca

2.6.1. Cantidad de personas atendidas

Desde su reapertura, se ha pedido a los usuarios que si quieren entrar a la biblioteca es necesario escanear un código QR que redirige al usuario a una página web para ingresar sus datos personales (tales como su correo, carrera a la que pertenece, RUT y número de contacto), de esta manera si existiera algún contagio dentro de la biblioteca, se notifica a las personas que asistieron a la biblioteca dentro de ese intervalo de tiempo. Gracias a este sistema es posible calcular el promedio de personas que entran a la biblioteca en un día, tal como lo expresa la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Cantidad de personas atendidas Marzo-Noviembre 2022

CANTIDAD DE PERSONAS ATENDIDAS DESDE 9 DE MARZO HASTA 18 DE NOVIEMBRE DE 2022					
MESES	CANTIDAD DE DÍAS ATENTIDOS POR MES	MARGEN DE ERROR	CANTIDAD TOTAL DE USUARIOS ATENTIDOS	CANTIDAD TOTAL DE USUARIOS ATENTIDOS + MARGEN DE ERROR	
				MIN	MAX
MARZO	16	±10	808	648	968
ABRIL	21	±10	1454	1244	1664
MAYO	21	±10	974	764	1184
JUNIO	19	±10	430	240	620
JULIO	21	±10	619	409	829
AGOSTO	17	±10	355	185	525
SEPTIEMBRE	16	±10	511	351	671
OCTUBRE	20	±10	617	417	817
NOVIEMBRE	13	±10	263	133	393
		TOTAL (09-03-22 al 18-11-22)=	6031	4391	7671

Fuente: DIBRA, 2022.

La toma de datos se inició el 9 de marzo de 2022 y sigue actualizándose indefinidamente, posiblemente hasta que se termine la modalidad de escanear un código QR para el ingreso a la biblioteca. Para esta toma de datos se consideró como fecha termino el 18 de noviembre de 2022, dando como resultado un total de 7671 personas que utilizaron la biblioteca durante este intervalo.

Se agregó un margen de error debido a 2 razones: La primera razón es que había ocasiones en las que las personas entraban en grupo, lo que ocasionaba que algunos de ellos no escaneaban el código QR. La segunda razón radica en que el escaneo del código QR es de forma diaria, esto significa que una persona “x” puede escanear el código QR y entrar en la biblioteca más de una

vez en el día. Se determinó que este margen de error sea de 10 personas por recomendación de los trabajadores de la biblioteca. A continuación se mostrará en las figuras 2.36 y 2.37 el resumen de cantidad mínima y máxima de personas atendidas en la biblioteca de la FACING UV.

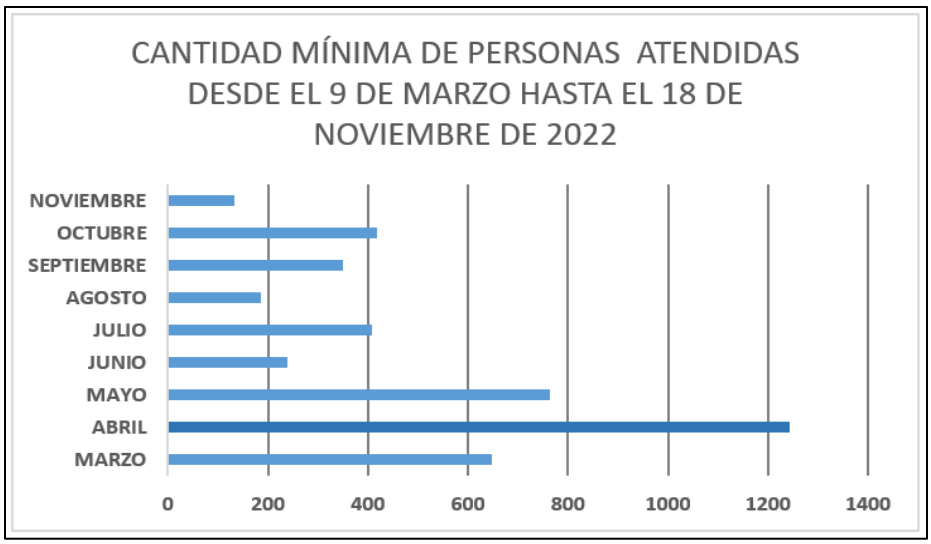


Figura 2.36: Resumen de cantidad mínima de personas atendidas en la bibliteca.

Fuente: Propia, 2022.

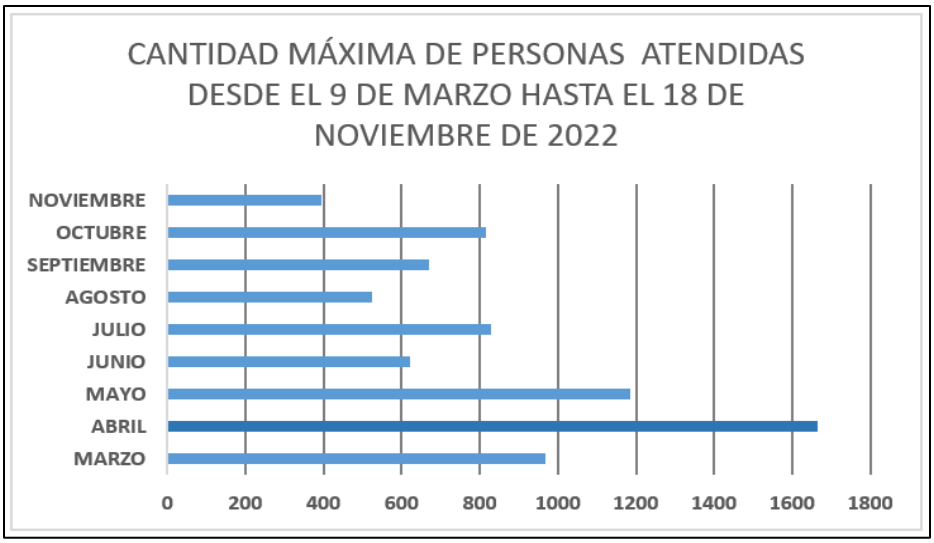


Figura 2.37: Resumen de cantidad máxima de personas atendidas en la bibliteca.

Fuente: Propia, 2022.

Como resultado de la toma de datos anterior, se puede concluir que el mes del año 2022 que hubo una mayor cantidad de usuarios en la biblioteca fue el mes de abril. El valor mínimo de usuarios es de 1244, mientras que el valor máximo es de 1664.

2.6.2. Cálculo de carga de ocupación según la OGUC

Es necesario saber cuánta gente puede estar adentro de la biblioteca, por ende, es importante realizar un análisis de carga ocupacional. Para esto es necesario conocer el "Destino" del espacio a utilizar y también la superficie de este, tal como se puede ver en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Tabla de carga de Ocupación

Destino	m2 x persona
Vivienda (superficie útil):	
Unidades de hasta 60 m2	15,0
Unidades de más de 60 m2 hasta 140 m2	20,0
Unidades de más de 140 m2	30,0
Oficinas (superficie útil):	10,0
Comercio (locales en general):	
Salas de venta niveles -1 , 1 y 2	3,0
Salas de venta en otros pisos	5,0
Supermercados (área de público)	3,0
Supermercados (trastienda)	15,0
Mercados y Ferias (área de público)	1,0
Mercados y Ferias (puestos de venta)	4,0
Comercio (Malls):	
Locales comerciales, en niveles con acceso exterior	10,0
Pasillos entre locales, en niveles con acceso exterior	5,0
Locales comerciales, otros niveles	14,0
Pasillos entre locales, otros niveles	7,0
Patios de comida y otras áreas comunes con mesas	1,0
Educación:	
Salones, auditorios	0,5
Salas de uso múltiple, casino	1,0
Salas de clase	1,5
Camarines, gimnasios	4,0
Talleres, Laboratorios, Bibliotecas	5,0
Oficinas administrativas	7,0
Cocina	15,0

Destino	m2 x persona
Salud (Hospitales y Clínicas):	
Áreas de servicios ambulatorios y diagnóstico	6,0
Sector de habitaciones (superficie total)	8,0
Oficinas administrativas	10,0
Áreas de tratamiento a pacientes internos	20,0
Salud (Consultorios, Policlínicos):	
Salas de espera	0,8
Consultas	3,0
Otros:	
Recintos de espectáculos (área para espectadores de pié)	0,25
Capillas, Discotecas	0,5
Salones de reuniones	0,8
Area para público en bares, cafeterías, pubs	1,0
Restaurantes (comedores), salones de juego	1,5
Salas de exposición	3,0
Hogares de niños	3,0
Gimnasios, Academias de danza	4,0
Hogares de ancianos	6,0
Estacionamientos de uso común o públicos (superficie total)	16,0
Hoteles (superficie total)	18,0
Bodegas, Archivos	40,0

TABLA DE CARGA DE OCUPACION

asesoríasdearquitecturayconstrucción

Fuente: OGUC 2000, Artículo 4.2.4

Según el detalle de la tabla 2.5, se analizará el máximo de personas que puede haber en las áreas de recepción, estanterías y mesas de estudio, incluyendo también la bodega y la oficina de la encargada de la biblioteca

- Mesa de atención:

La superficie disponible de esta zona es de **8,01 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las zonas de biblioteca son **5.** Dividiendo los valores anteriores (**8,01/5**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **2 personas** en su interior.

- Zona de recepción:

La superficie disponible de esta zona es de **19,25 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las zonas de biblioteca son **5.** Dividiendo los valores anteriores (**19,25/5**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **4 personas** en su interior.

- Zona de estanterías:

La superficie disponible de esta zona es de **116,75 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las zonas de biblioteca son **5.** Dividiendo los valores anteriores (**116,75/5**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **24 personas** en su interior.

- Zona de mesas de estudio:

La superficie disponible de esta zona es de **106,47 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las zonas de biblioteca son **5.** Dividiendo los valores anteriores (**106,47/5**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **22 personas** en su interior.

- Bodega de la Biblioteca:

La superficie disponible de esta zona es de **12,62 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las oficinas administrativas son **7.** Dividiendo los valores anteriores (**12,62/7**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **2 personas** en su interior.

- Oficina de la encargada de la Biblioteca:

La superficie disponible de esta zona es de **9,32 m^2** aproximadamente, la tabla anterior indica que los "metros por persona" en las oficinas administrativas son **7.** Dividiendo los valores anteriores (**9,32/7**), se puede determinar que en el estado actual de la sala de espera pueden estar, como máximo, **2 personas** en su interior.

Los valores obtenidos anteriormente se encuentran resumidos en la tabla 2.6:

Tabla 2.6: Tabla resumen de la cantidad máxima de personas

Resumen cantidad máxima de pesonas				
Destino	**Área**	**Cantidad de personas/m2**	**Cantidad Máxima de Personas**	**Cantidad Máxima de Personas Según la Ordenanza por destino**
Recepción	19,25	5	3,85	**4**
Mesa de atención	8,01	5	1,60	**2**
Zona de estanterías	116,75	5	23,35	**24**
Zona de mesas de estudio	106,47	5	21,29	**22**
Bodega	12,62	7	1,80	**2**
Oficina	9,32	7	1,33	**2**

Fuente: Propia, 2023.

2.7. Métodos de cálculo del Caudal de aire necesario para la biblioteca

Existen varios métodos de calcular el caudal de aire exterior de ventilación, pero para esta investigación se centrará en uno de los métodos presentes en el Reglamento para Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

Cabe destacar que igualmente existe el método de la norma DIN 1946, el cual se basa en las renovaciones de aire según el espacio a climatizar. Se optó no usar este método debido a que los resultados obtenidos con el RITE son más exactos ya que abarca más variables para el cálculo del caudal necesario de aire tales como la carga de contaminante de Co2, la diferencia de concentración de Co2, la eficiencia de la ventilación, entre otros. Mientras que el método DIN 1946 sólo depende de las renovaciones de aire según la zona a ventilar. De todas maneras, se incluirá esta comparación a continuación en la tabla 2.7.

Tabla 2.7: Comparación entre métodos de cálculo de caudal necesario.

COMPARACIÓN DE MÉTODO DE CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE NECESARIO ENTRE NORMATIVAS RITE V.S DIN 1946							
LUGAR	ALTURA (m)	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD MÁXIMA DE PERSONAS	N° DE RENOVACIONES	CAUDAL DE AIRE NECESARIO (m3/h)	
						NORMA EUROPEA (RITE)	DIN 1946
BIBLIOTECA	3,1	244,57	758,15	51	4 - 5''	2153,60	3790,76
BODEGA	3,1	9,69	30,04	2	4 - 8''	84,80	240,34
OFICINA	3,1	9,30	28,82	2	4 - 8''	84,80	230,59

Fuente: Propia, 2023.

En la tabla 2.7 se muestra los espacios principales a ventilar. Los datos de área, y cantidad máxima de personas por zona fueron obtenidos en la tabla 2.6. Mientras que el dato de N° de renovaciones fueron obtenidos de la norma DIN 1946, esto se ve representado en la figura 2.38.

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES DE AIRE POR HORA
Auditorios	6-8
Aulas	5-7
Bibliotecas	4-5
Cámaras blindadas	3-6
Oficinas	4-8

Figura 2.38: Renovaciones de aire para zonas de biblioteca.

Fuente: Norma DIN 1946.

La elección de este método se debe a que es muy adecuado para aplicaciones donde los principales contaminantes se producen por bioefluentes humanos. La fórmula para calcular este caudal es mediante la siguiente ecuación:

Caudal de Aire Necesario

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

Figura 2.39: Fórmula del cálculo del caudal necesario según el RITE

Fuente: RITE, 2012.

Donde:

Q_h es el caudal de aire necesario medido en lt/s.

G_h es la carga contaminante de Co2 medido en lt/s.

($C_{h,i}$ - $C_{h,o}$) es la diferencia entre la concentración de Co2 en el aire interior y exterior en partes por uno (10^{-6} ppm), no posee unidad de medida. El dato depende de que categoría de aire necesita el lugar a ventilar, esto se encuentra en la tabla 2.8. Dependiendo del *IDA* del lugar al ventilar, el dato se encuentra en la tabla 2.10.

ε_V es la efectividad de la ventilación. Esta efectividad depende de la posición de las rejillas de impulsión y retorno. Por lo general el valor de este dato siempre es considerado como “0,9”, esto se debe a que este valor se encuentra dentro de todos los parámetros de la mayoría de las situaciones posibles.

Para la obtención de algunos valores de la formula anterior, es necesario utilizar tablas presentes en el RITE, las cuales son:

Categorías del aire interior dependiendo del tipo de edificio.

Tabla 2.8: Categorías del aire interior en función del uso de los edificios.

IDA	
IDA 1	**Aire de óptima calidad:** hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	**Aire de buena calidad:** oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	**Aire de calidad media:** edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	**Aire de calidad baja:** no se debe aplicar.

Fuente: RITE, 2012.

Carga sensorial y emisión de Co2 en función de la actividad metabólica realizada

Tabla 2.9: Carga sensorial en olf/ocupante y emisiones de Co2 en litros/horas por ocupante en función de la actividad metabólica realizada.

Carga sensorial y Emisión de Co2			
	Tasa metabólica met	Carga sensorial olf/ocupante	CO_2 l/h por ocupante
Sala de espera	1,0	1,0	19
Oficina	1,2	1,0	19
Sala de conferencias, auditorio	1,2	1,0	19
Cafetería, restaurante	1,2	1,0	19
Aula	1,2	1,3	19
Guardería*	1,4	1,2	18
Comercio (clientes sentados)	1,4	1,0	19
Comercio (clientes de pie)	1,6	1,5	19
Grandes almacenes	1,6	1,5	19

Fuente: RITE, 2012.

Concentración de Co2 en los locales

Tabla 2.10: Concentración (partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.

Diferencia de Concentración de Co2

Categoría	ppm(*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

Fuente: RITE, 2012.

Además, también será necesaria la fórmula para obtener la carga contaminante de CO_2, la cual se mostrará en la figura 2.40:

$$G_h = N°\ personas\ x \frac{emisiones\ Co2}{3600}$$

Figura 2.40: Fórmula de carga contaminante de CO_2

Fuente: RITE, 2022.

Donde:

G_h es la carga contaminante de CO_2 medido en lt/s.

N° personas es la cantidad de personas permitidas en un espacio determinado, los datos fueron obtenidos en el capítulo 2.5.2 *Cálculo de carga de ocupación según la OGUC.*

Emisiones CO_2 es la cantidad de emisiones de CO_2 por persona en un espacio determinado, su unidad de medida es lt/h. Este dato se puede encontrar en la tabla 3.3.

3. Capítulo 3: Metodología de la investigación

3.1. **Programa experimental de la investigación**

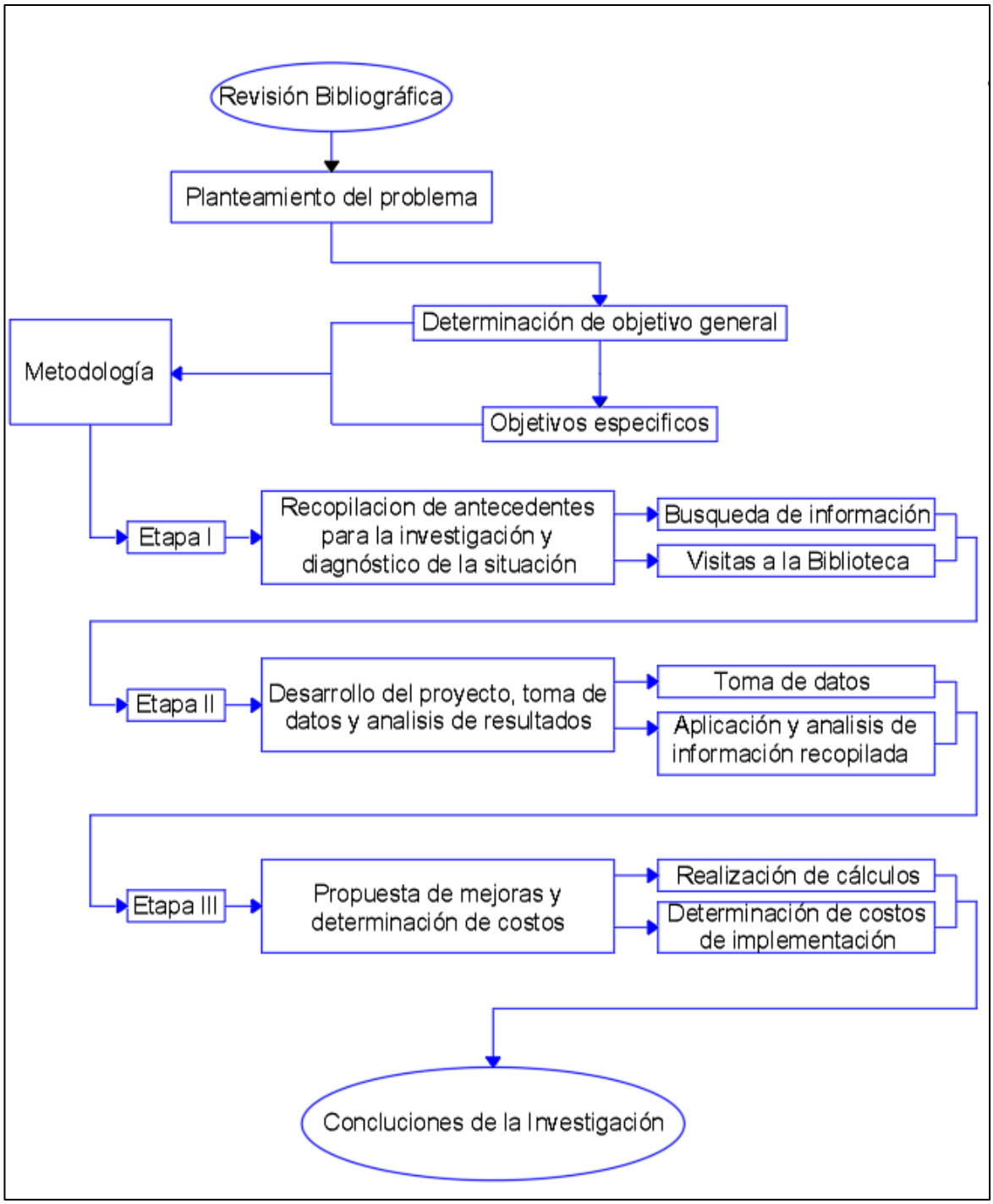


Figura 3.1: Diagrama de flujo de la investigación

Fuente: Propia, 2023.

3.2. Etapas de Investigación

3.2.1. Etapa I: Recopilación de antecedentes para la investigación

Búsqueda de información acerca de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso respecto a la cantidad de usuarios atendidos desde marzo a noviembre del año 2022 (ver tabla 2.4), estado actual de la ventilación en la biblioteca y su materialidad.

De la misma manera, se buscará información sobre el cálculo de caudal de aire necesario, diseño de ductos de ventilación y métodos de selección de equipos de extracción e impulsión de aire de acuerdo con la normativa vigente.

Se harán visitas a la biblioteca para llevar un registro fotográfico de la infraestructura para poder analizarla. También se contactará con la encargada de la biblioteca para preguntar por información y datos que no se puedan conseguir en internet, como por ejemplo los datos de ventilación del lugar y la cantidad de usuarios que visitan la biblioteca por día.

3.2.2. Etapa II: Desarrollo del proyecto, toma de datos y análisis de resultados

Toda la información obtenida anteriormente se analizará y comparará con lo establecido en la normativa, de esta manera se verificará si existen posibles fallas en la ventilación de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería, y a su vez se estudiarán soluciones y mejoras para estas fallas.

3.2.2.1 Estado actual de la ventilación de la biblioteca

Actualmente la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería cuenta con un sistema de ventilación natural. Este sistema de ventilación natural radica en ventanas de tipo oscilantes, en el cual el aire entra desde el muro norte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso (calle Yungay) y sale hacia el muro este, hacia la bodega de archivos del Decanato (calle General Cruz).



Figura 3.2: Ventana tipo oscilante de la Biblioteca

Fuente: Propia, 2023.



Figura 3.3: Ventanas oscilantes muro norte de la Biblioteca

Fuente: Propia, 2023.



Figura 3.4: Ventanas oscilantes muro este de la Biblioteca

Fuente: Propia, 2023.



Figura 3.5: Bodega de archivos del Decanato

Fuente: Propia, 2023.

3.2.2.2 Motivos de análisis de la ventilación de la biblioteca

Se puede considerar que este sistema de ventilación no es óptimo por 4 puntos clave, los cuales se explicaran a continuación:

a) Según normativa

Según el artículo 32 del Decreto Supremo 594, todo lugar de trabajo deberá mantener, mediante medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud de los trabajadores. El motivo de señalar esto es debido a que, en varias oportunidades, distintos tipos de olores se han filtrado desde el exterior hacia el interior de la biblioteca. El ejemplo más recurrente es el olor a orina que entra a la biblioteca desde los respiradores del muro norte, las cuales se encuentran en dirección de la calle Yungay, tal como se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6: Respiradores de la Facultad de Ingeniería, vereda de calle Yungay, Valparaíso.

Fuente: Propia, 2023.



Figura 3.7: Respiradores de la Facultad de Ingeniería, vereda de calle Yungay, Valparaíso.

Fuente: Propia, 2023.



Figura 3.8: Vista exterior de ventanas de la biblioteca de la FACING UV.

Fuente: Propia, 2023.

Tal como se puede apreciar en las figuras anteriores, no es difícil que un mal olor, proveniente del exterior, entre por las ventanas hacia el interior de la biblioteca. Los respiradores están conformados únicamente por barrotes y mallas, lo cual facilita que cualquier fluido y/o olor entre al interior de la biblioteca.

b) Según orientación de ventanas

En orden para que una ventilación natural sea adecuada, se debe tener en cuenta la orientación de las entradas y salidas de aire. Principalmente si el lugar a ventilar se encuentra bajo nivel de suelo, ya que el movimiento de aire en el exterior puede ser mínimo, si es que no llega a ser nulo. La orientación recomendada para una ventilación natural adecuada es cuando las entradas se encuentran en muros paralelos, no es necesario que las entradas y salidas de aire se encuentren a la misma altura. En la figura 3.9 esto se ve representado.

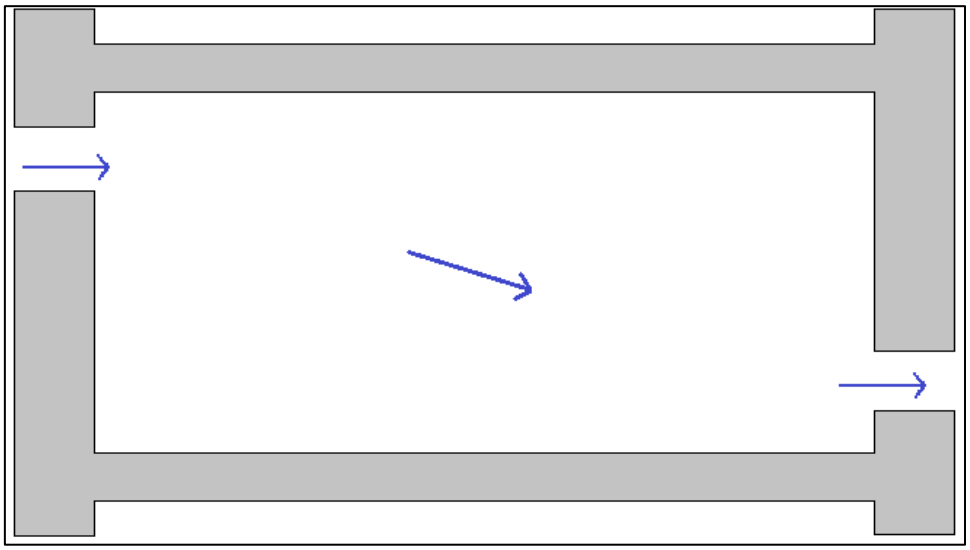


Figura 3.9: Orientación favorable de entradas y salidas de aire para ventilación natural
Fuente: ETSAM – Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2021.

En el caso de la biblioteca, el movimiento de aire entra por las ventanas del muro Norte y salen a través de las ventanas del muro Este, tal como se muestra en la figura 3.10.

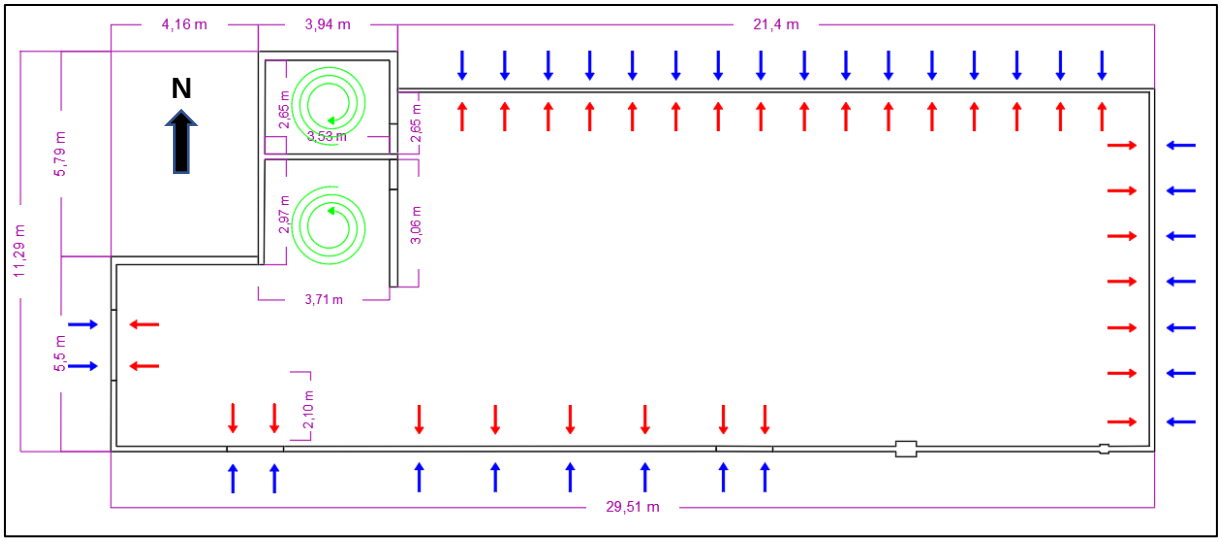


Figura 3.10: Orientación de entradas y salidas de aire actuales de la biblioteca

Fuente: Propia, 2023

Debido a que los muros de entrada y salida de aire poseen una orientación perpendicular, provoca que el movimiento interno de aire dentro de la biblioteca no sea del todo efectivo. Las flechas rojas de la figura anterior representan el aire no evacuado dentro de la biblioteca lo cual, por consecuencia, hace que los residuos u olores se queden en el ambiente interior de la biblioteca, provocando molestias e incomodidades. Las flechas azules representan a las entradas de aire a la biblioteca, mientras que las flechas verdes representan las corrientes de aire atrapado en la biblioteca, situado en las zonas de la bodega y oficina.

c) Según experiencia del estudiante y de los funcionarios de la biblioteca

Desde el año 2015 la biblioteca no ha sufrido grandes cambios, sobre todo en el tema de la ventilación. Siempre se ha dicho que en ciertas épocas del año el aire dentro de la biblioteca es algo “pesado”, en el sentido de que los olores y contaminantes externos entran y no siempre encuentran la salida, provocando de esta manera incomodidad y molestia tanto para los estudiantes como para los funcionarios de la biblioteca. Respecto a los olores, un problema recurrente es el olor a basura y orina que entra desde la calle Yungay hacia la biblioteca, el cual perdura durante varios días, sobre todo en épocas de calor.

d) Según encuesta realizada sobre la ventilación de la biblioteca de la Carrera de Ingeniería en Construcción

Se realizó una encuesta dirigida a la carrera de ingeniería en construcción de la Universidad de Valparaíso, enfocada a conocer la opinión de los alumnos y funcionarios respecto a la ventilación de la biblioteca de la facultad de ingeniería de la Universidad de Valparaíso.

Las preguntas de la encuesta fueron las siguientes:

- *Usted es...*
- *¿Utiliza la biblioteca con frecuencia? En caso de responder "si", favor de especificar cuantos días aprox. a la semana.*
- *Respecto a la ventilación de la biblioteca de la facultad de ingeniería de la UV, ¿se siente satisfech@?*
- *Respecto a la pregunta anterior ¿Por qué?*
- *Si pudiese arreglar o cambiar algo, respecto a la ventilación de la biblioteca ¿Qué sería?*

En total se obtuvo 34 respuestas, de las cuales 22 personas son alumnos (64,7%), 10 son exalumnos (29,4%) y 2 son funcionarios de la biblioteca (5,9%). Esto se ve representado en la figura 3.11.

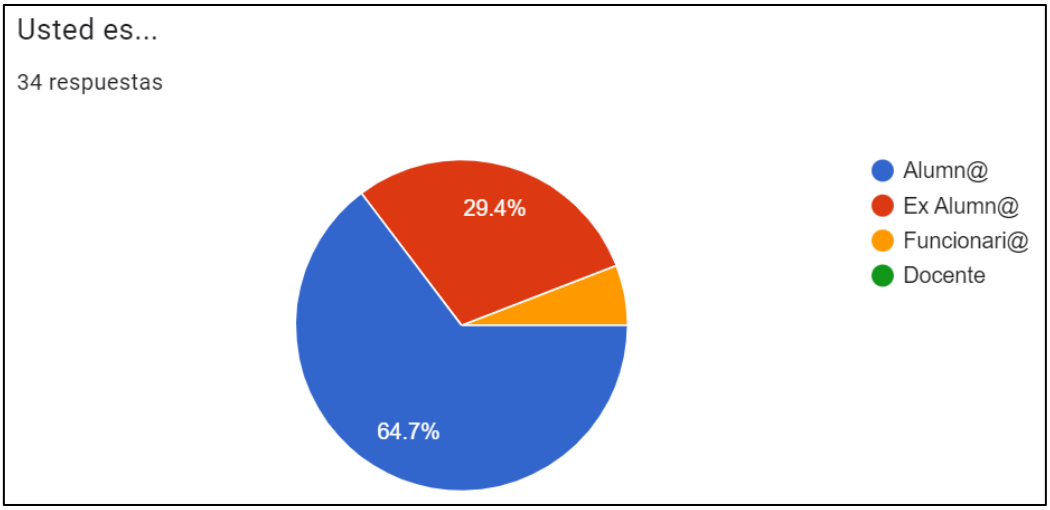


Figura 3.11: Universo de muestra de la encueta realizada.

Fuente: Propia, 2023.

Respecto a la segunda pregunta de la encuesta, 17 personas utilizan la biblioteca (50%), 14 no la utilizan (41,2%) y 3 personas la utilizaban (8,8%). Esto se ve representado en la figura 3.12.

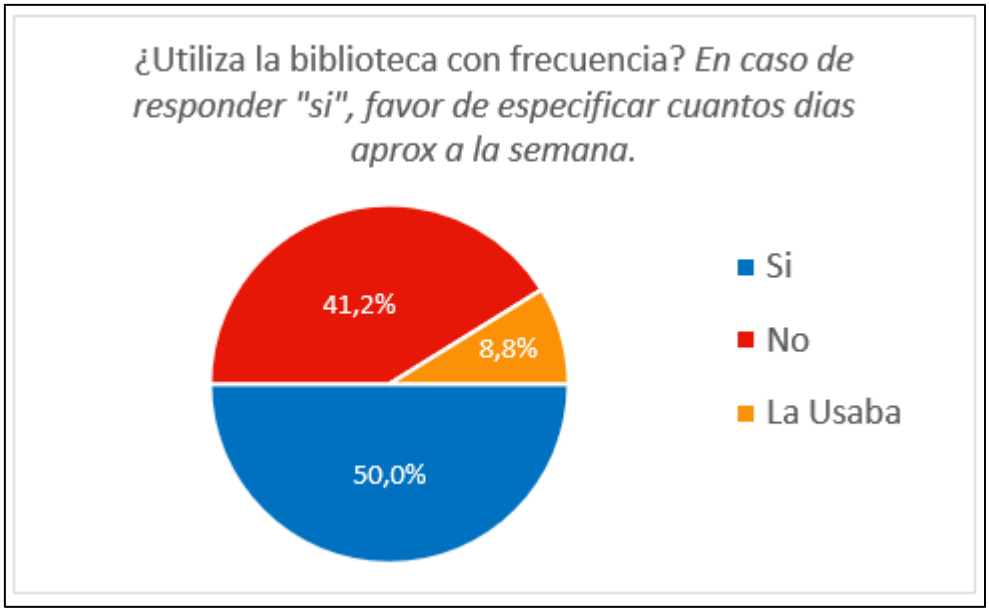


Figura 3.12: Gráfico de la segunda pregunta de la encuesta realizada.

Fuente: Propia, 2023.

Según la tercera pregunta de la encuesta realizada 26 personas no se encuentran satisfechas con la ventilación de la biblioteca (76,5%) y 8 se encuentran satisfechas con la ventilación de la biblioteca (23,5%). Esto se ve representado en la figura 3.13.

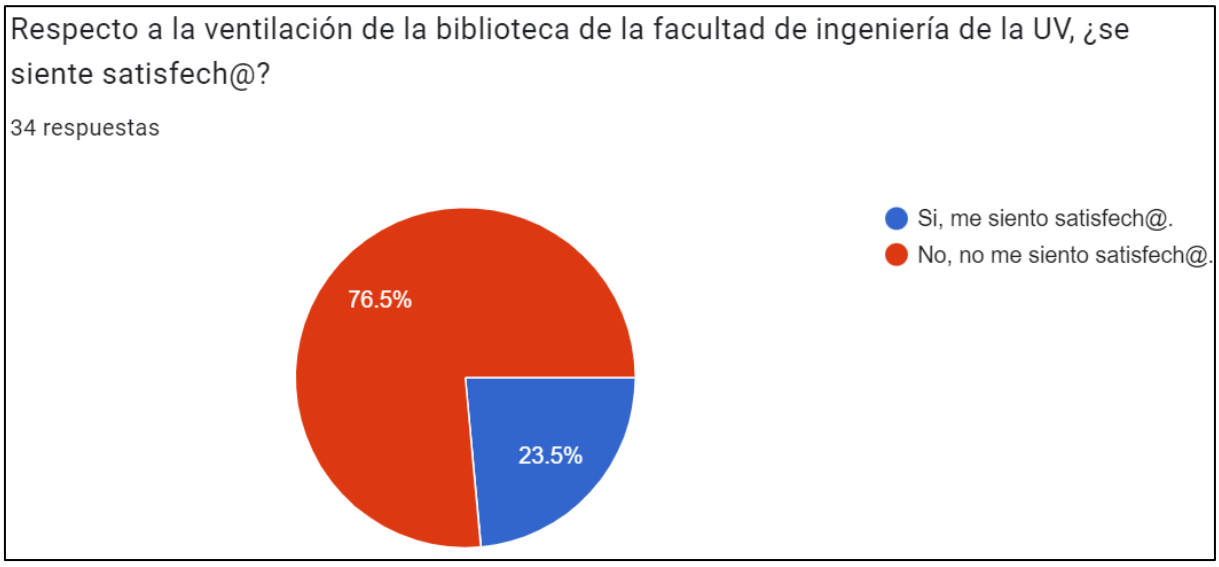


Figura 3.13: Grafico de la tercera pregunta de la encuesta realizada.

Fuente: Propia, 2023.

Para una mayor comprensión de la encuesta realizada, las respuestas de la encuesta se encuentran en el anexo 4.

3.2.2.3 Medición de la Humedad y Temperatura en la biblioteca de la FACING UV

Para realizar la medición de humedad y temperatura en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería se hará el uso de un higrómetro, el cual es un instrumento normalmente utilizado en la meteorología. El modelo del higrómetro es "NT-311 Pros Kit", representado en la figura 3.14.

Este modelo de higrómetro tiene una precisión de ±1°C (±1,8°F) de temperatura y ±5% de humedad.



Figura 3.14: Higrómetro utilizado para la medición de datos en la biblioteca

Fuente: Propia, 2023.

a) Medición de Humedad

La medición de humedad fue realizada durante los días hábiles del mes de octubre del año 2022. Los datos se ven representados en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Humedad medida en la biblioteca de la FACING UV.

Humedad medida en la biblioteca		
Semana	**Fecha**	**Humedad medida (%)**
1	03-10-2022	60,0
	04-10-2022	60,0
	05-10-2022	62,0
	06-10-2022	57,0
	07-10-2022	61,0
2	11-10-2022	60,0
	12-10-2022	59,0
	13-10-2022	59,0
	14-10-2022	61,0
3	17-10-2022	57,0
	18-10-2022	55,0
	19-10-2022	60,0
	20-10-2022	59,0
	21-10-2022	60,0
4	24-10-2022	64,0
	25-10-2022	60,0
	26-10-2022	62,0
	27-10-2022	59,0
	28-10-2022	61,0

Fuente: Propia, 2023.

b) Medición de Temperatura

La medición de temperatura fue realizada durante los días hábiles del mes de octubre del año 2022. Los datos se ven representados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Temperatura medida en la biblioteca de la FACING UV

Temperatura medida en la biblioteca		
Semana	**Fecha**	**Temperatura medida (C°)**
1	03-10-2022	20,3
	04-10-2022	19,7
	05-10-2022	20,4
	06-10-2022	21,1
	07-10-2022	18,2
2	11-10-2022	19,5
	12-10-2022	21,2
	13-10-2022	19,5
	14-10-2022	20,9
3	17-10-2022	18,6
	18-10-2022	19,3
	19-10-2022	19,9
	20-10-2022	20,8
	21-10-2022	20,1
4	24-10-2022	20,2
	25-10-2022	19,4
	26-10-2022	19,6
	27-10-2022	20,1
	28-10-2022	20,4

Fuente: Propia, 2023.

c) Extrapolación de datos anteriores de Humedad y Temperatura.

Para obtener un registro completo de Humedad y Temperatura en la biblioteca de la FACING UV, es necesario extrapolar estos datos valores a partir de los datos iniciales del mes de octubre del año 2022. El método a seguir será obtener un promedio de los datos de Humedad y Temperatura de la biblioteca de este mes. Luego este valor promedio se comparará con un valor promedio, proveniente de una fuente externa, de esta manera se obtendrá un delta (Δ), el cual se aplicará a los valores mensuales de Humedad y Temperatura obtenidos de una fuente externa. Esto se ve representado en la figura 3.15.

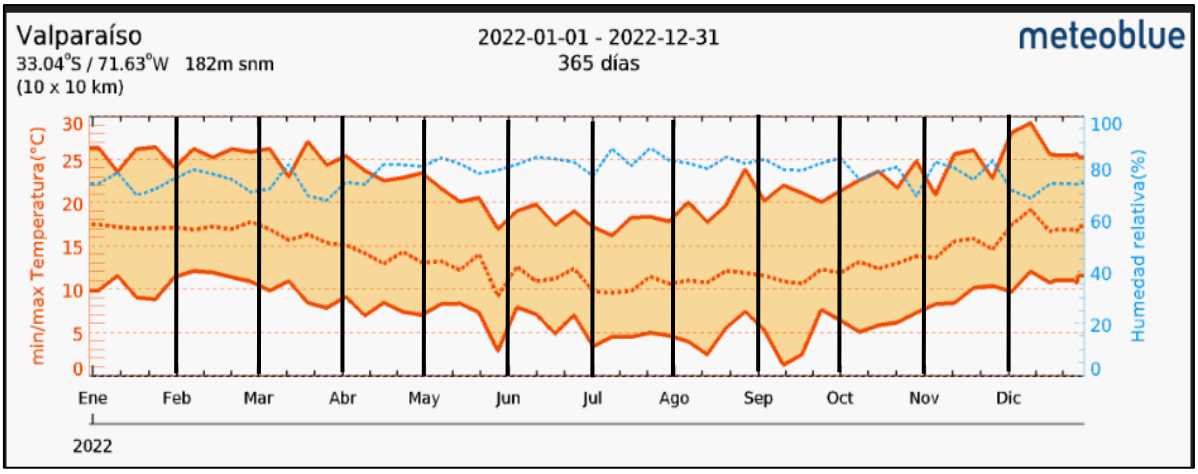


Figura 3.15: Archivo metereológico de Humedad y Temperatura de 2022 en Valparaíso

Fuente: www.meteoblue.com, 2023.

El cálculo de los deltas se ve mostrarán en la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Cálculo de los delta de Humedad y Temperatura.

Obtención del delta de Humedad			
Mes	**Humedad biblioteca (%)**	**Humedad externa (%)**	**Δ (%)**
Octubre	59,79	78,25	**18,46**

Obtención del delta de Temperatura			
Mes	**Temperatura biblioteca (°C)**	**Temperatura externa (°C)**	**Δ (°C)**
Octubre	19,96	13,00	**6,96**

Fuente: Propia, 2023.

A continuación se mostrarán los datos extrapolados de Humedad y Temperatura de 2022 en Valparaíso en las tablas 3.4 y 3.5.

Tabla 3.4: Extrapolación de datos de Humedad en la biblioteca de la FACING UV.

Extrapolación de Humedad en la biblioteca			
Mes	**Humedad externa (%)**	**Δ (%)**	**Humedad biblioteca (%)**
Enero	74,75	18,46	56,29
Febrero	75,25	18,46	56,79
Marzo	73,25	18,46	54,79
Abril	77,50	18,46	59,04
Mayo	79,75	18,46	61,29
Junio	81,25	18,46	62,79
Julio	83,00	18,46	64,54
Agosto	82,25	18,46	63,79
Septiembre	81,25	18,46	62,79
Octubre	78,25	18,46	59,79
Noviembre	76,75	18,46	58,29
Diciembre	73,00	18,46	54,54

Fuente: Propia, 2023.

Tabla 3.5: Extrapolación de datos de Temperatura en la biblioteca de la FACING UV.

Extrapolación de Temperatura en la biblioteca			
Mes	**Temperatura externa (°C)**	**Δ (°C)**	**Temperatura biblioteca (°C)**
Enero	17,13	6,96	24,08
Febrero	17,00	6,96	23,96
Marzo	16,00	6,96	22,96
Abril	14,00	6,96	20,96
Mayo	12,50	6,96	19,46
Junio	11,00	6,96	17,96
Julio	10,50	6,96	17,46
Agosto	11,50	6,96	18,46
Septiembre	11,63	6,96	18,58
Octubre	13,00	6,96	19,96
Noviembre	15,50	6,96	22,46
Diciembre	17,50	6,96	24,46

Fuente: Propia, 2023.

Según los datos anteriores se puede concluir que los intervalos de Humedad mensual son desde 54,54% hasta 64,54%, con un promedio de **59,56%** de humedad. Mientras que los intervalos de Temperatura mensual son desde 17,46C° hasta 24,46C°, con un promedio de **20,90°C**. A continuación se comparará los resultados obtenidos con lo especificado, respecto a medidas preventivas, en el capítulo 2.1.2 del marco teórico.

- En el caso de los libros, la temperatura ideal debe oscilar entre **15°C y 21°C**, con una humedad relativa de entre **45% y 65%.** Por lo que la humedad y temperatura de la biblioteca **cumple** con los intervalos anteriores para los libros.

- En el caso de las fotografías en blanco y negro, la temperatura debe oscilar entre **15°C y 20°C**, con una humedad relativa de entre **30% y 55%.** Por lo que la humedad y temperatura de la biblioteca **no cumple** con los intervalos anteriores para las fotografías en blanco y negro.

- En el caso de las fotografías a color, la temperatura debe oscilar entre **10°C y 18°C**, con una humedad relativa de entre **25% y 35%.** Por lo que la humedad y temperatura de la biblioteca **no cumple** con los intervalos anteriores para las fotografías a color.

- En el caso de las personas, la temperatura debe oscilar entre **19°C y 21°C** en condiciones de invierno, y en torno a **26°C** en condiciones de verano. Con una humedad relativa de entre **40% y 60%**. Por lo que la humedad y temperatura de la biblioteca **cumple parcialmente** con los intervalos anteriores para el caso de los usuarios.

3.2.3. Etapa III: Propuestas de Mejoras y determinación de costos

Ya habiendo analizado toda la información y verificado todas las mejoras que se pueden implementar, se procederá a proponer y explicar estas mejoras:

3.3. **Propuesta de sistema de ventilación**

En primera instancia, se propone un sistema de ventilación forzada, en la cual se hará el uso de impulsión y extracción de aire (doble flujo). Con esta propuesta de ventilación ya no serán necesarias las ventanas de los muros Norte y Este, marcados con rojo en la figura 3.16. Por lo que se modificarán los espacios de las ventanas y se utilizará el espacio de entretecho para instalar los ductos de ventilación ya que el espacio de entretecho es de **70 cm.**

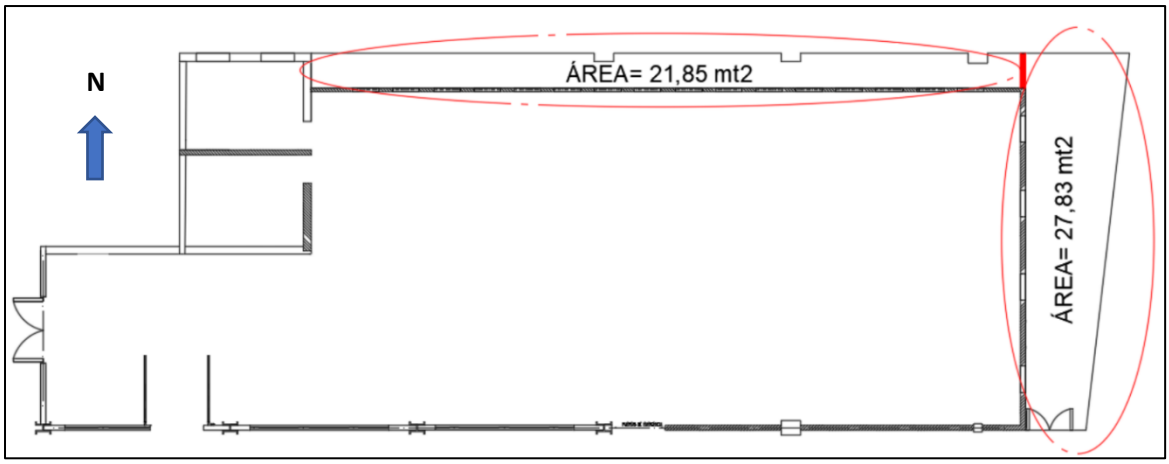


Figura 3.16: Propuesta de ventilación, eliminar ventanas de la biblioteca

Fuente: Propia, 2023.

4. Capítulo 4: Desarrollo de la metodología

4.1. **Cálculo del caudal de aire necesario para la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso**

4.1.1. Cálculo de caudal de aire necesario en la zona de uso de la biblioteca (zona de estanterías, zona de mesas de estudio, recepción y mesa de atención)

La zona de la biblioteca posee un área de **244,57 m2** y se permite en su interior hasta un máximo de **51 personas**.

Carga contaminante de Co2:

$$G_h = N°\ personas\ x \frac{emisiones\ Co2}{3600} = \ 51\ x \frac{19}{3600} = 0{,}2692\ l/s$$

Diferencia concentración de Co2 entre aire interior y exterior para IDA 2

$$C_{h,i} - C_{h,o} = 500\ ppm$$

Eficiencia de la ventilación (se considera como 0,9 ya que este valor casi siempre está en los intervalos requeridos)

$$\varepsilon_V = 0{,}9$$

Por lo tanto, el caudal de aire necesario para la zona de uso de la biblioteca es:

$$G_h = \frac{G_h}{\left(C_{h,i} - C_{h,o}\right)} x \frac{1}{\varepsilon_V} = \frac{0{,}2692}{500\ x\ 10^{-6}}\ x \frac{1}{0{,}9} = 598{,}22\ l/s\ (2153{,}60\ m3/h)$$

4.1.2. Cálculo de caudal de aire necesario en la Oficina de la Encargada de la Biblioteca

La oficina de la encargada de la biblioteca posee un área de **9,51 m2** y se permite en su interior hasta un máximo de **2 personas**.

Carga contaminante de Co2:

$$G_h = N°\ personas\ x \frac{emisiones\ Co2}{3600} = \ 2\ x \frac{19}{3600} = 0{,}0106\ l/s$$

Diferencia concentración de Co2 entre aire interior y exterior para IDA 2

$$C_{h,i} - C_{h,o} = 500\ ppm$$

Eficiencia de la ventilación (se considera como 0,9 ya que este valor casi siempre está en los intervalos requeridos)

$$\varepsilon_V = 0{,}9$$

Por lo tanto, el caudal de aire necesario para la oficina de la encargada de la biblioteca es:

$$G_h = \frac{G_h}{\left(C_{h,i} - C_{h,o}\right)} x \frac{1}{\varepsilon_V} = \frac{0{,}0106}{500\ x\ 10^{-6}}\ x \frac{1}{0{,}9} = 23{,}55\ l/s\ (84{,}80\ m3/h)$$

4.1.3. Cálculo de caudal de aire necesario para la bodega de la biblioteca

La bodega de la biblioteca posee un área de **9,69 m2** y se permite en su interior hasta un máximo de **2 personas**.

Carga contaminante de Co2:

$$G_h = N° \, personas \; x \frac{emisiones \; Co2}{3600} = \; 2 \; x \frac{19}{3600} = 0{,}0106 \; l/s$$

Diferencia concentración de Co2 entre aire interior y exterior para IDA 2

$$C_{h,i} - C_{h,o} = 500 \; ppm$$

Eficiencia de la ventilación (se considera como 0,9 ya que este valor casi siempre está en los intervalos requeridos)

$$\varepsilon_V = 0{,}9$$

Por lo tanto, el caudal de aire necesario para la bodega de la biblioteca es:

$$G_h = \frac{G_h}{\left(C_{h,i} - C_{h,o}\right)} x \frac{1}{\varepsilon_V} = \frac{0{,}0106}{500 \; x \; 10^{-6}} \; x \frac{1}{0{,}9} = 23{,}55 \; l/s \; (84{,}80 \; m3/h)$$

4.1.4. Cuadro Resumen Cálculo de Caudal de Aire

Tabla 4.1: Cuadro resumen cálculo caudal de aire necesario en la biblioteca

TABLA RESUMEN DE CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE NECESARIO DE LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA									
Lugar	**Area (m2)**	**Carga Ocupacional (m2/personas)**	**Emision de Co2 (L/h) [según el tipo de espacio cerrado]**	**Carga contaminante de Co2**	**IDA (Categoria del aire interior según el tipo de edificio)**	**Diferencia concentración de Co2 entre aire interior y exterior, para IDA 2 (ppm)**	**Eficiencia de Ventilación**	**Caudal de aire necesario (lt/s)**	**Caudal de aire necesario (m3/h)**
Biblioteca	250,26	5	19	0,2692	IDA 2	500	0,9	**598,22**	**2153,6**
Bodega	12,62	7	19	0,0106	IDA 2	500	0,9	**23,56**	**84,8**
Oficina	9,32	7	19	0,0106	IDA 2	500	0,9	**23,56**	**84,8**

Fuente: Propia, 2023.

Con los valores de los caudales de aire necesarios para cada zona de la biblioteca, se pueden escoger los equipos necesarios para diseñar el sistema de ventilación propuesto.

4.1.5. Equipos a utilizar

Los equipos a utilizar deben coincidir con los caudales calculados previamente. Para poder elegir estos equipos es necesario respetar la cantidad de decibeles máximos (dB) en bibliotecas y oficinas. Según la tabla 4.2, la cantidad de decibeles máximos para la biblioteca es de 42 – 46 (dB).

Tabla 4.2: Curvas NC y equivalencia en dBA, para distintos tipos de recintos

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria pesada)	50-65	60-75

Fuente: Carrión Isbert, 1998.

4.1.5.1 Extractores a utilizar en el sistema de ventilación

Tabla 4.3: Extractores a utilizar en la biblioteca

EXTRACTORES								
LUGAR	CAUDAL DE AIRE NECESARIO (m3/h)	EQUIPO	CAUDAL MAX (m3/h)	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD DE EQUIPOS	CAUDAL MAX TOTAL (m3/h)	COSTO DE EQUIPOS	COSTO DE EQUIPOS TOTAL
BIBLIOTECA	**2153,600**	SV - 250/H	1300	250	2	2600	$ 273.472	$ 546.943
OFICINA Y BODEGA	**169,600**	NEOLINEO/EW-100	180	100	1	180	$ 139.060	$ 139.060
						Costo Total		**$ 686.003**

Fuente: Propia, 2023.

4.1.5.2 Impulsores a utilizar en el sistema de ventilación

Tabla 4.4: Impolsores a utilizar en la Biblioteca

IMPULSORES								
LUGAR	CAUDAL DE AIRE NECESARIO (m3/h)	EQUIPO	CAUDAL MAX (m3/h)	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD DE EQUIPOS	CAUDAL MAX TOTAL (m3/h)	COSTO DE EQUIPOS	COSTO DE EQUIPOS TOTAL
BIBLIOTECA	**2153,600**	HCT/IMP-L-REV-29-4T-0.12	1475	300	2	2950	$1.046.636	$ 2.093.271
OFICINA Y BODEGA	**169,600**							
Caudal Total	**2323,2**					**Costo Total**		**$ 2.093.271**

Fuente: Propia, 2023.

4.1.5.3 Filtros a utilizar en el sistema de ventilación

Tabla 4.5: Filtros a utilizar en la Biblioteca

FILTROS					
LUGAR	EQUIPO	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD DE EQUIPOS	COSTO DE EQUIPOS	COSTO DE EQUIPOS TOTAL
BIBLIOTECA	CJFILTER/REC-500x700-300x700-F7	300	2	$ 425.188	$ 850.376
			Costo Total		**$ 850.376**

Fuente: Propia, 2023.

Respecto al sistema de impulsión de aire en las zonas de la oficina y bodega, se optó simplemente por agregar rejillas de ventilación de 25x25 cm en la parte inferior de las puertas, tal como lo muestra las figuras 4.1, 4.2 y 4.3.

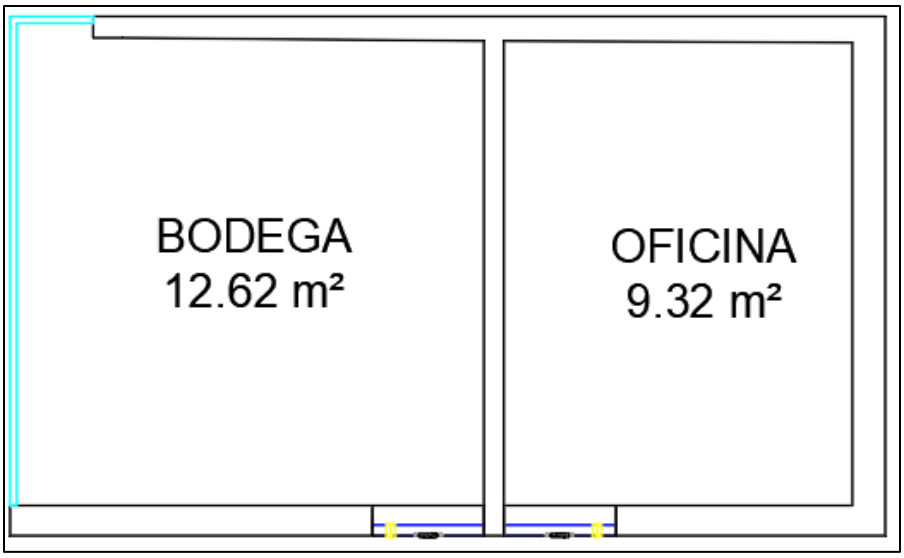


Figura 4.1: Sistema de impulsión de aire para las zonas de oficina y bodega, vista de planta

Fuente: Propia, 2023.

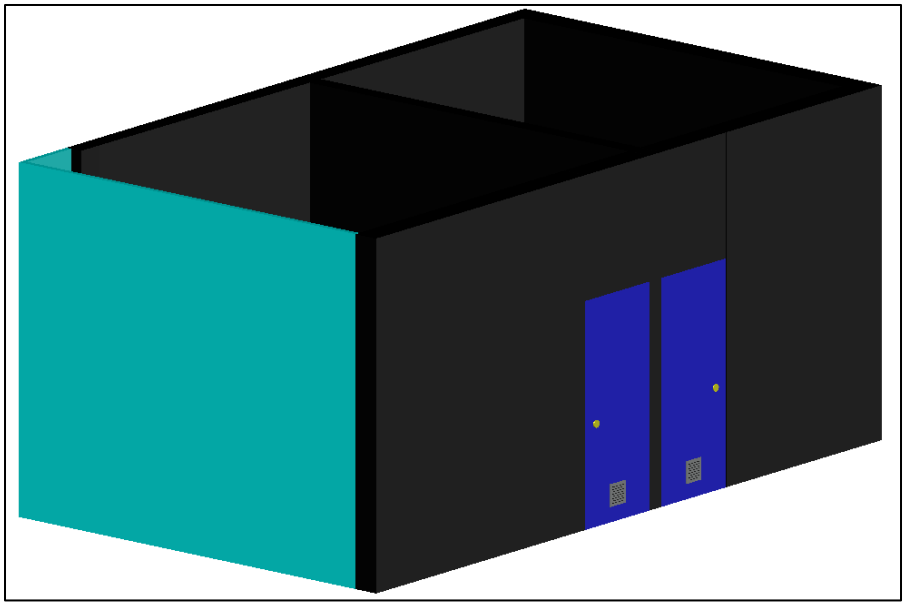


Figura 4.2: Sistema de impulsión de aire para las zonas de oficina y bodega, detalle 3D

Fuente: Propia, 2023.

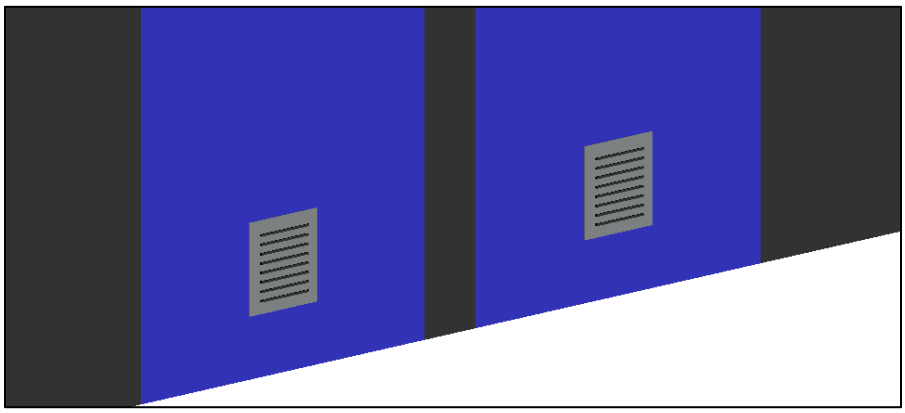


Figura 4.3: Sistema de impulsión de aire, zonas de oficina y bodega, detalle de rejillas.

Fuente: Propia, 2023.

Esto es debido a que con los equipos de impulsión de aire para la zona exterior de la oficina y bodega, existe un caudal de 2950 m^3/h. El caudal necesario para esta zona es de 2153,60 m^3/h y el caudal de los extractores es de 2600 m^3/h. Por lo que existe un caudal excedente de 350 m^3/h.

4.1.6. Ductos a utilizar en el sistema de ventilación

Tabla 4.6: Elementos usados en la propuesta de ventilación

ELEMENTOS A UTILIZAR				
MATERIAL	UNIDADES	CANTIDAD	P.U	COSTO TOTAL
Rejilla de Ventilacion 25X25	UN	6	$ 2.090	$ 12.540
Rejilla de Ventilacion 20X20	UN	2	$ 1.640	$ 3.280
Rejilla de Ventilacion 10X10	UN	3	$ 1.290	$ 3.870
Ducto Galvanizado 12"	ML	4	$ 21.990	$ 87.960
Codo Galvanizado 12" 90°	UN	1	$ 16.900	$ 16.900
Gorro galvanizado 12"	UN	1	$ 8.490	$ 8.490
Reductor Galvanizado 12" a 8"	UN	1	$ 14.900	$ 14.900
Ducto Galvanizado 10"	ML	38	$ 19.990	$ 759.620
Codo Galvanizado 10" 90°	UN	6	$ 15.990	$ 95.940
Tee Galvanizada 10"	UN	3	$ 13.990	$ 41.970
Gorro galvanizado 10"	UN	1	$ 6.990	$ 6.990
Ducto Galvanizado 8"	ML	12	$ 18.690	$ 224.280
Codo Galvanizado 8" 90°	UN	4	$ 12.145	$ 48.582
Tee Galvanizada 8"	UN	1	$ 33.247	$ 33.247
Ducto Galvanizado 4"	ML	13	$ 6.990	$ 90.870
Codo Galvanizado 4" 90°	UN	2	$ 5.490	$ 10.980
Tee Galvanizada 4"	UN	2	$ 7.490	$ 14.980
Gorro galvanizado 4"	UN	1	$ 4.490	$ 4.490
			TOTAL	$ 1.479.889

Fuente: Propia, 2023

4.1.7. Modelo de la Propuesta de Ventilación

4.1.7.1 Sistema de impulsión de aire

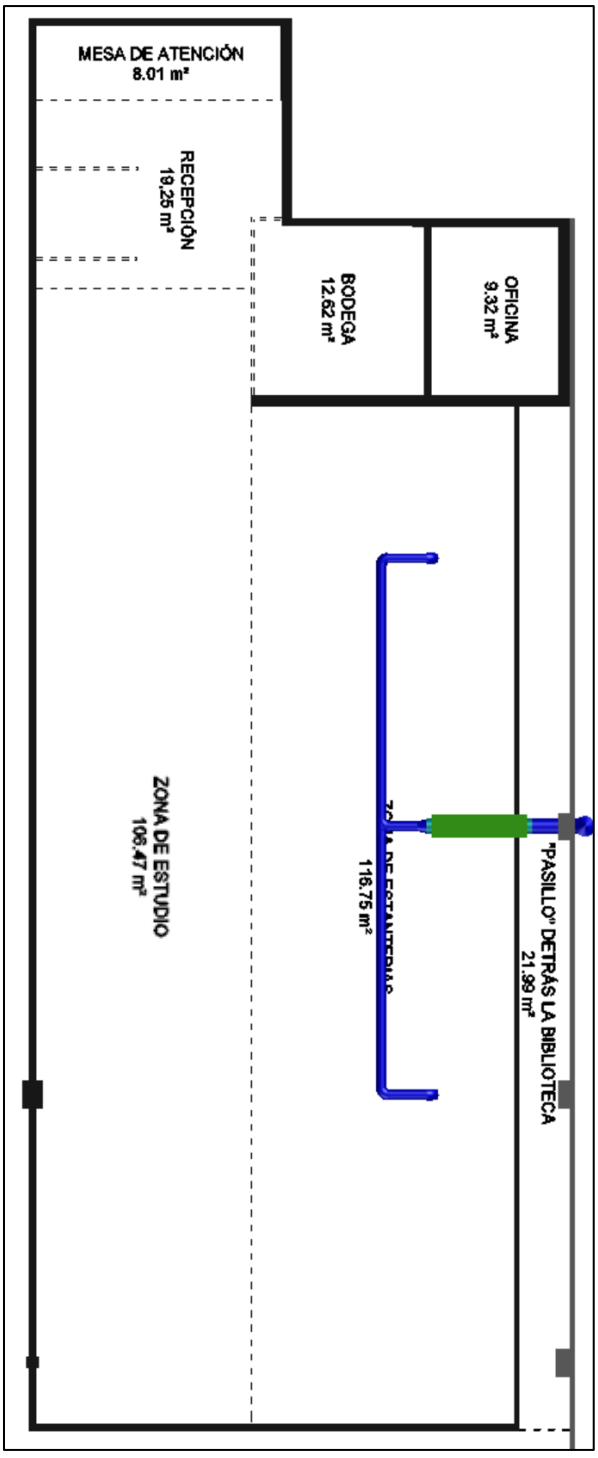


Figura 4.4: Ubicación del sistema de impulsión de aire.

Fuente: Propia, 2023.

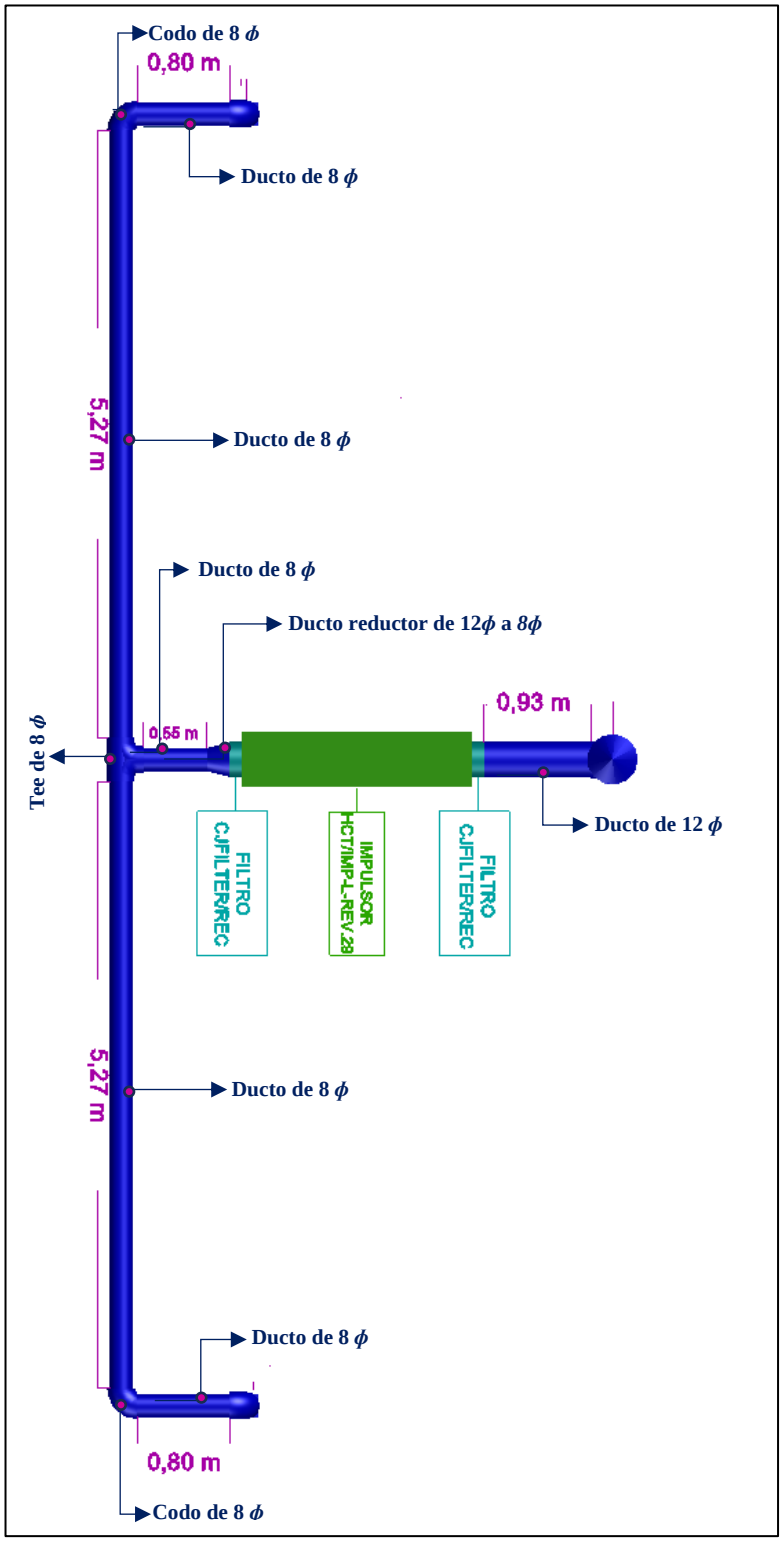


Figura 4.5: Detalle del sistema de impulsión de aire 3D con cotas.

Fuente: Propia, 2023.

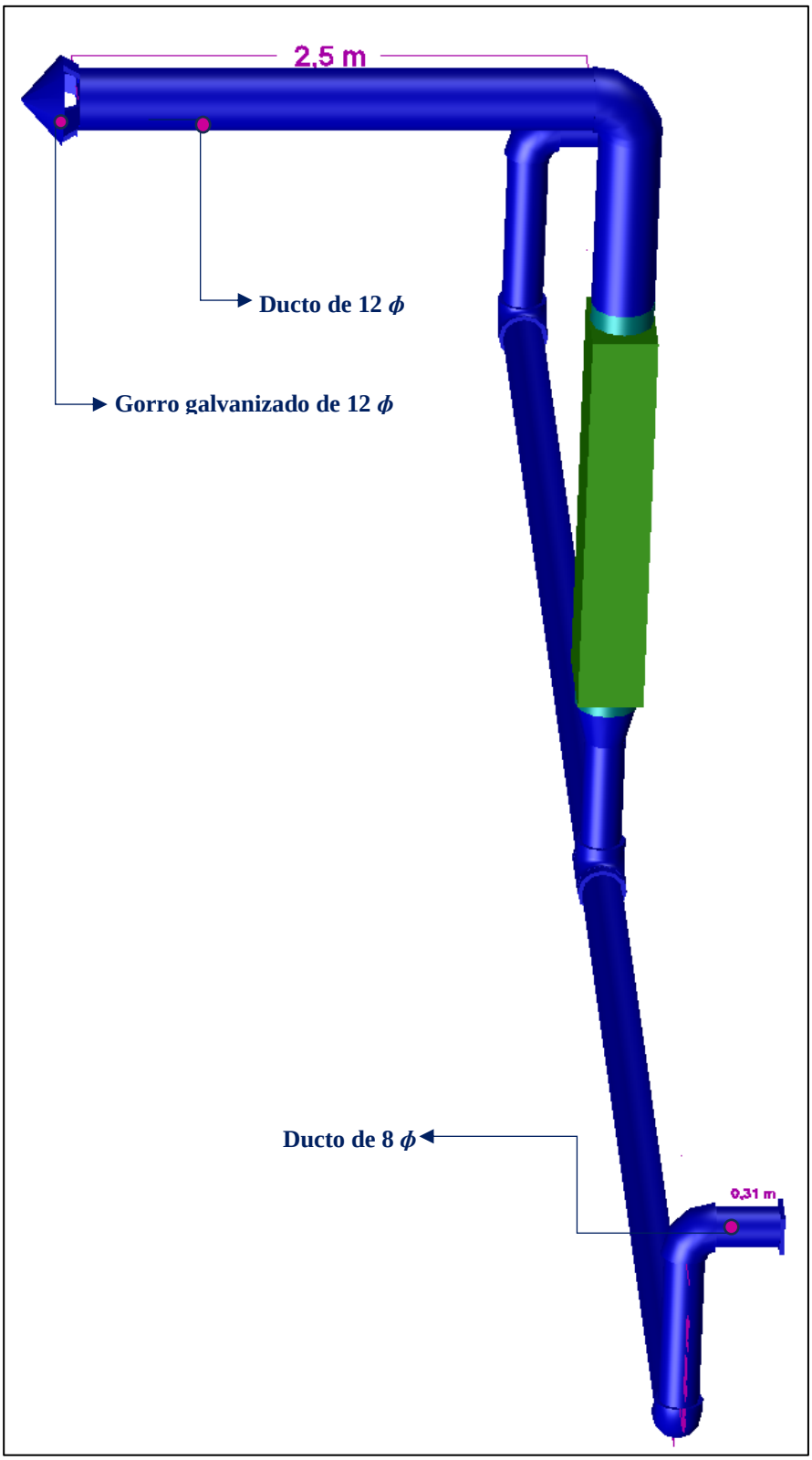


Figura 4.6: Detalle del sistema de impulsión de aire, zona de estanterias – detalle isométrico.

Fuente: Propia, 2023.

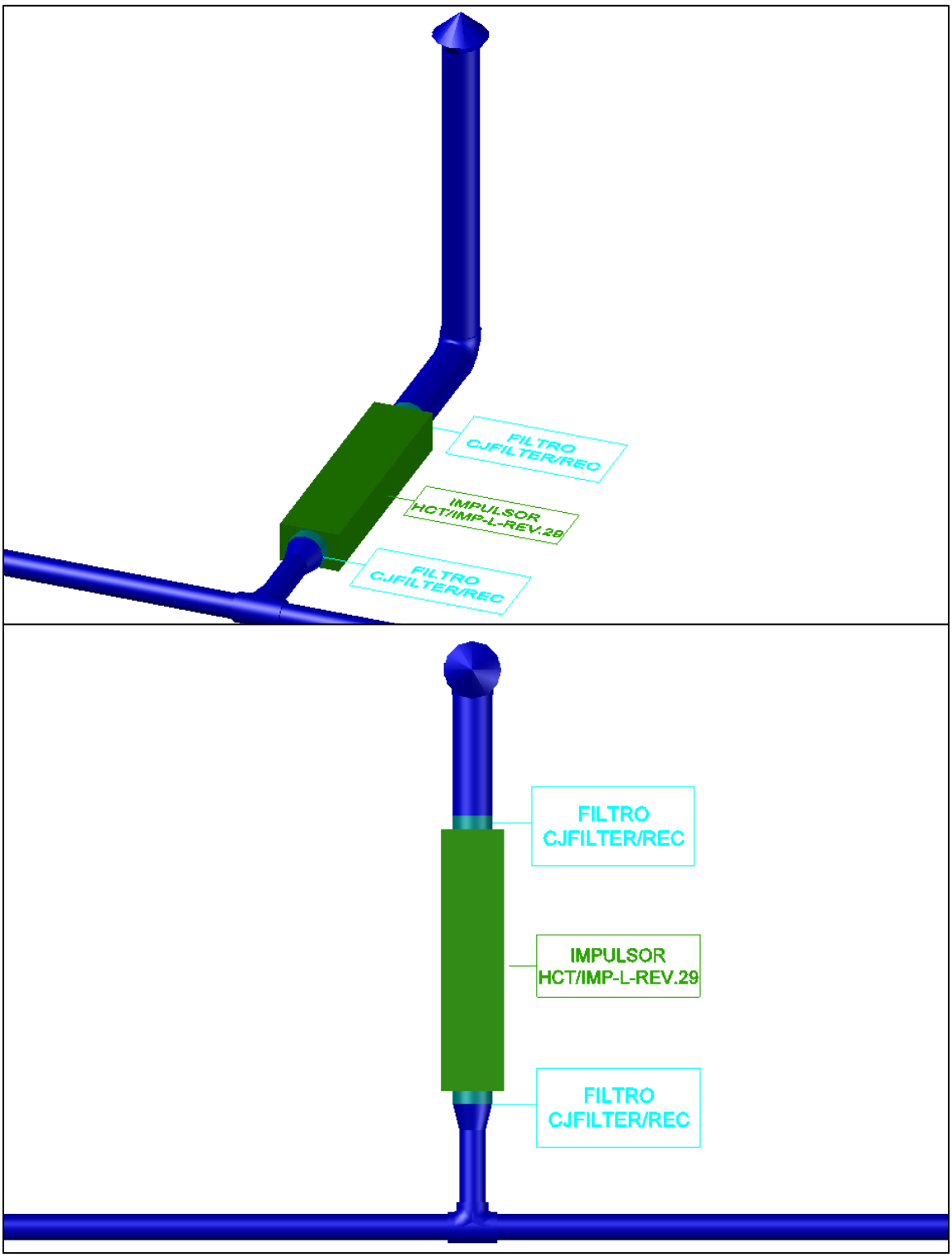


Figura 4.7: Detalle del sistema de impulsión de aire, zona de estanterias – detalle del impulsor y filtros.

Fuente: Propia, 2023.

4.1.7.2 Sistema de extracción de aire

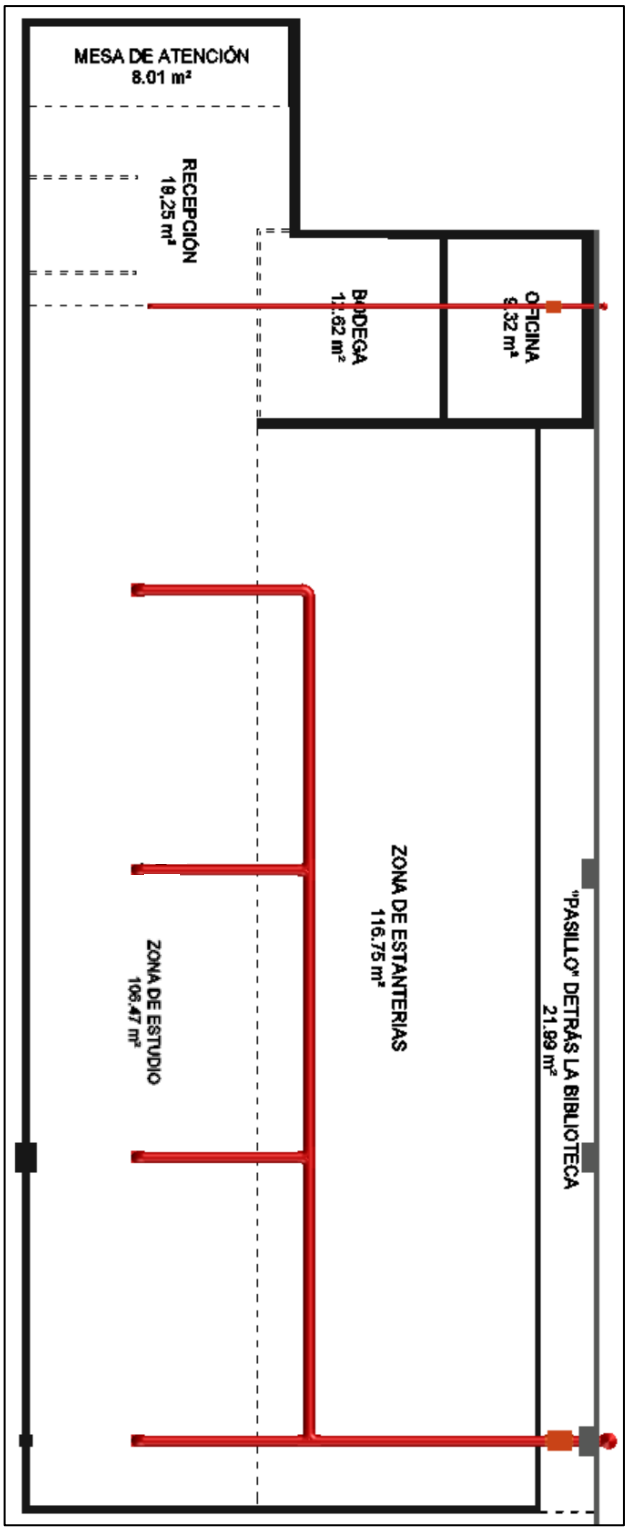


Figura 4.8: Ubicación del sistema de extracción de aire

Fuente: Propia, 2023.

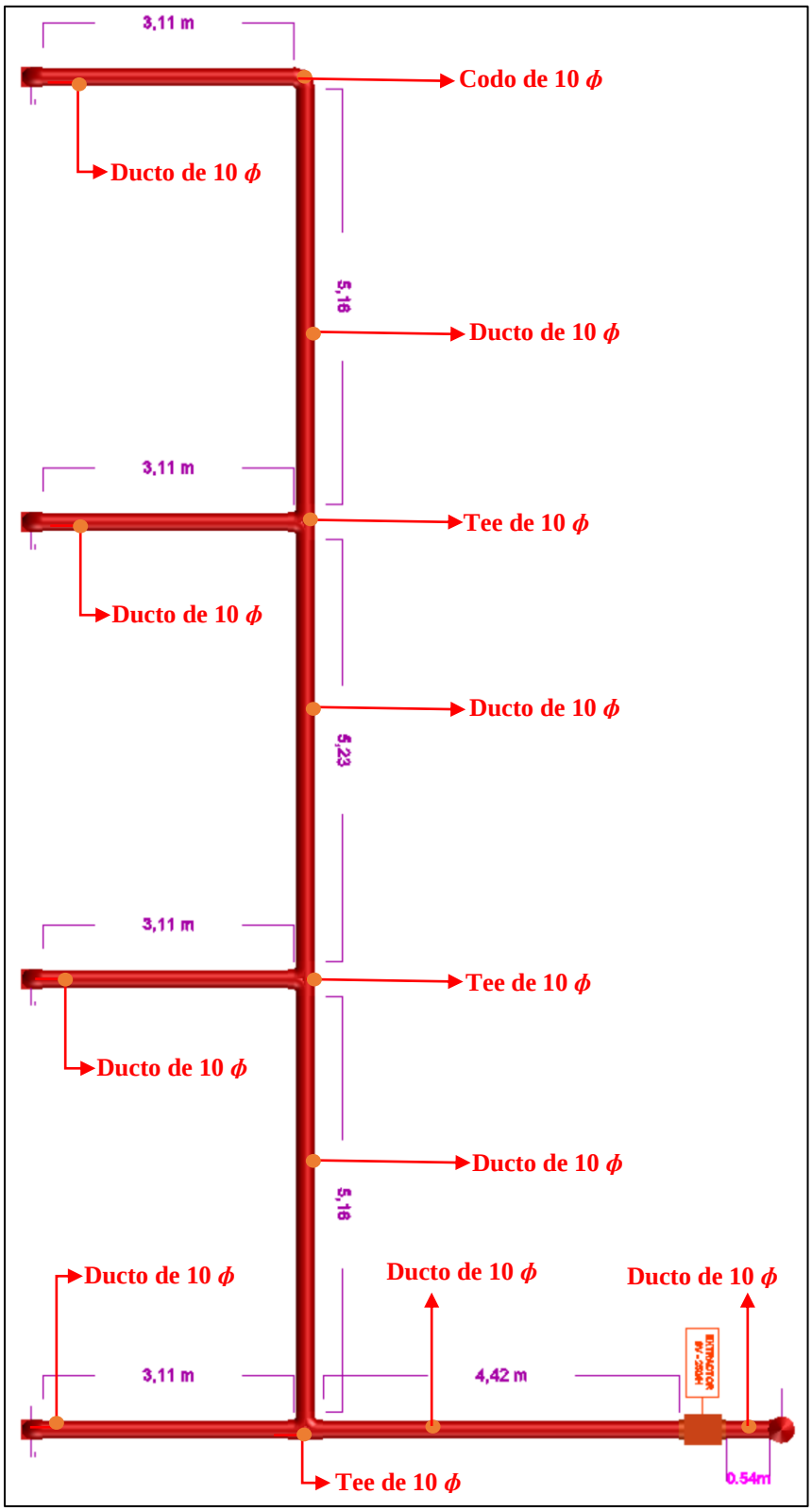


Figura 4.9: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias.

Fuente: Propia, 2023.

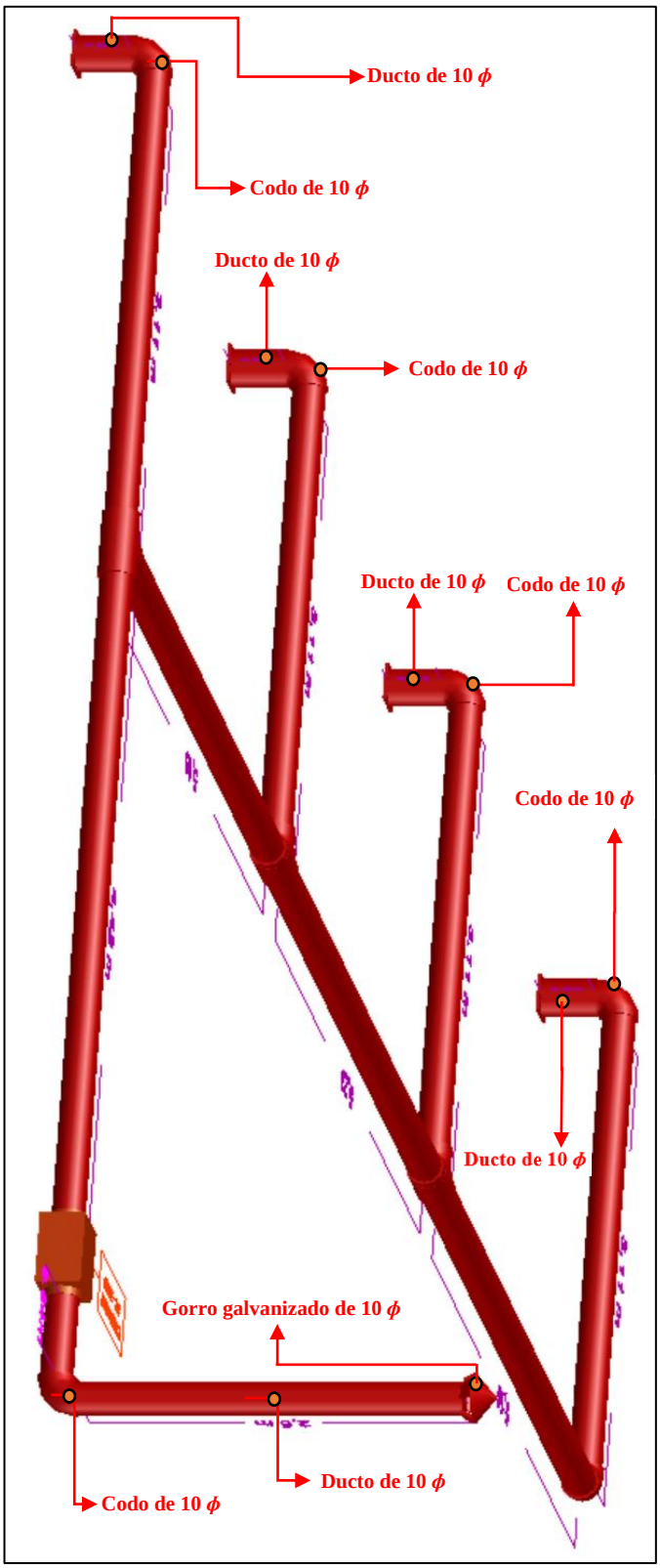


Figura 4.10: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias - vista isométrica.

Fuente: Propia, 2023.

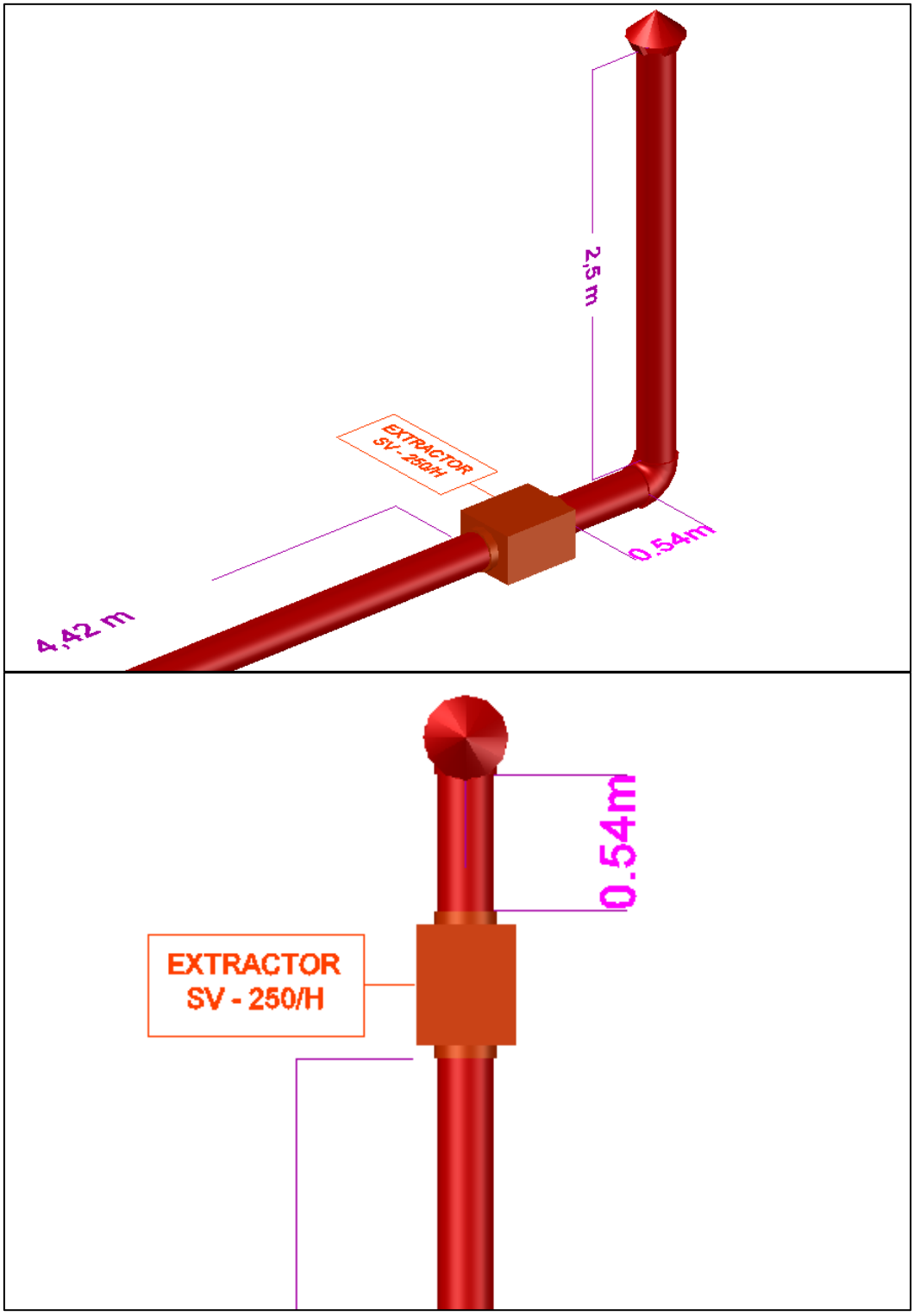


Figura 4.11: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de estanterias - detalle extractor.

Fuente: Propia, 2023.

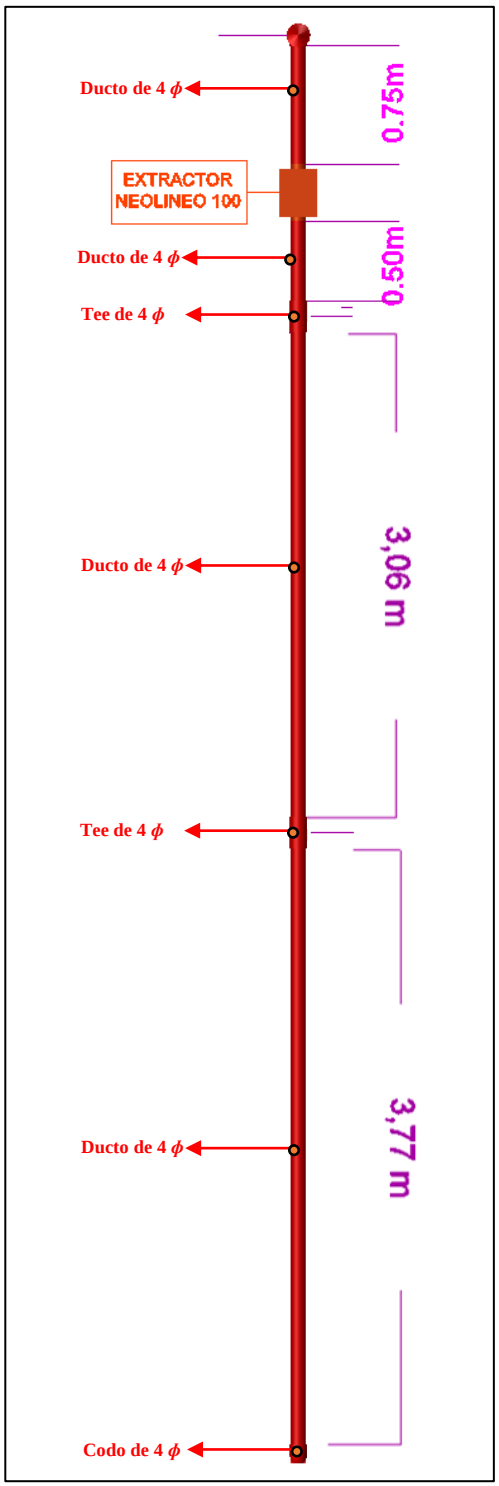


Figura 4.12: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina.

Fuente: Propia, 2023.

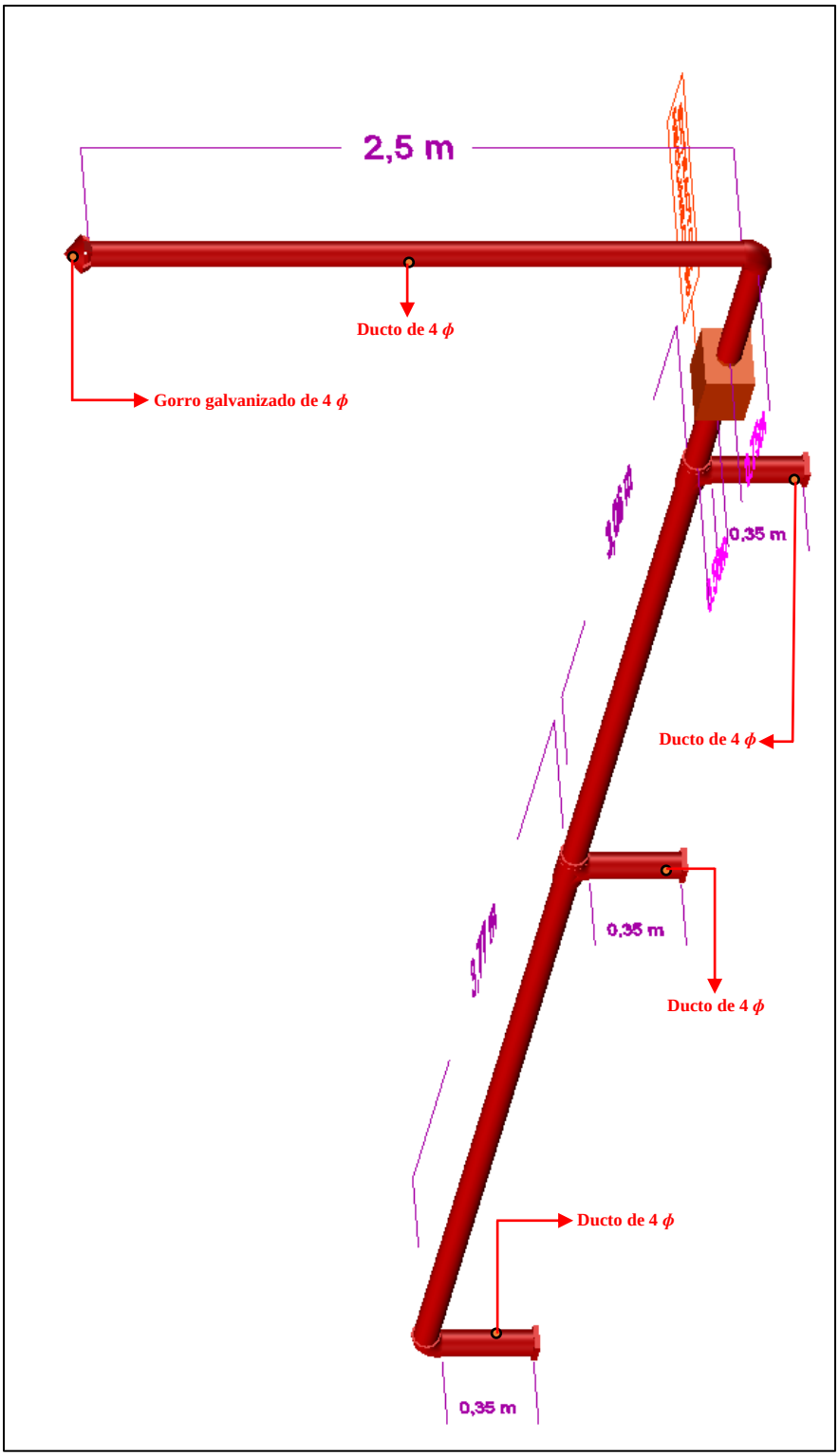


Figura 4.13: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina - vista isométrica.

Fuente: Propia, 2023.

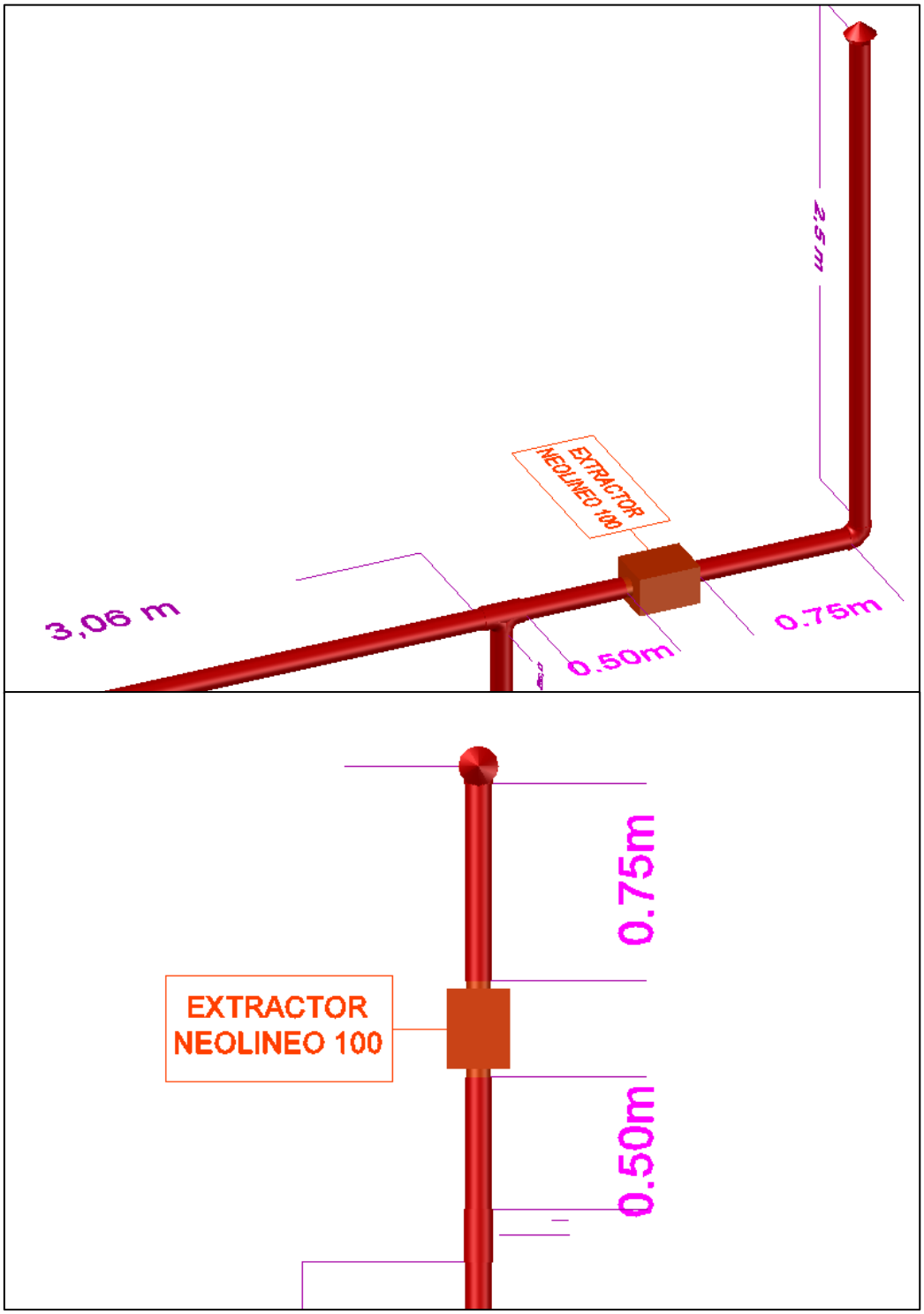


Figura 4.14: Detalle del sistema de extracción de aire, zona de bodega y oficina – detalle extractor.

Fuente: Propia, 2023.

4.1.7.3 Sistema de ventilación completo

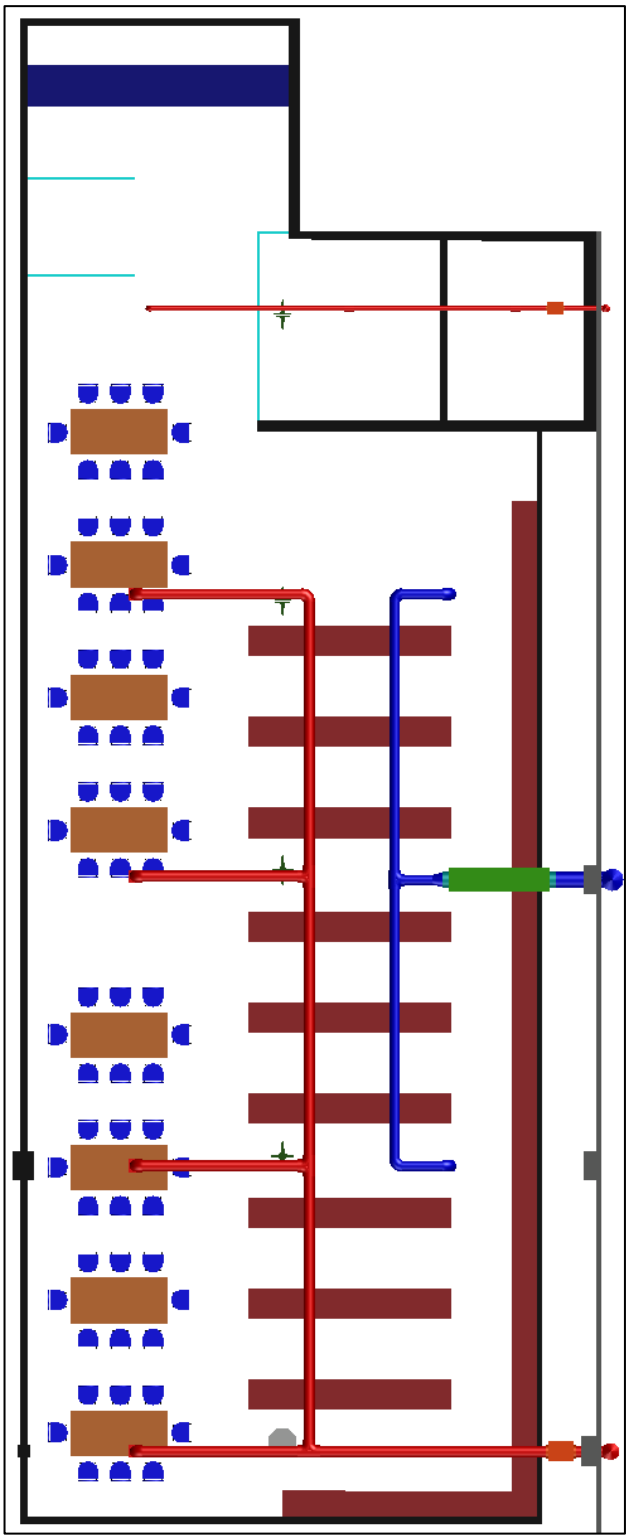


Figura 4.15: Detalle del sistema de ventilación completo

Fuente: Propia, 2023.

4.2. Especificaciones Técnicas de la propuesta

4.2.1. Extractores

- Extractor zona estanterías

Tabla 4.7: Especificaciones Técnicas de extractores de la zona de estanterias.

Especificaciones Tecnicas - Extractores zona estanterias	
Equipo	SV - 250/H
Tipo	Caja de Ventilación
Marca	SODECA
Serie	SV
Cantidad	2
Capacidad Enfriamiento	-
Velocidad [r/min]	2500
Caudal de aire [m³/h]	1300
Capacidad Calefacción	-
Consumo del Equipo [Kw]	0,2
Dimensiones [m³]	0,395*0,296*0,5
Peso [Kg]	10,8
Accesorios	-

Fuente: Soler & Palau, 2023.

- Extractor zona bodega y oficina

Tabla 4.8: Especificaciones Técnicas de extractores de la zona de bodega y oficina.

Especificaciones Tecnicas - Extractores zona bodega/oficina	
Equipo	NEOLINEO/EW-100
Tipo	Caja de Ventilación
Marca	SODECA
Serie	NEOLINEO
Cantidad	1
Capacidad Enfriamiento	-
Velocidad [r/min]	1620
Caudal de aire [m³/h]	180
Capacidad Calefacción	-
Consumo del Equipo [W]	8
Dimensiones [m³]	0,189*0,189*0,303
Peso [Kg]	1,9
Accesorios	-

Fuente: Soler & Palau, 2023.

4.2.2. Impulsores

Tabla 4.9: Especificaciones Técnicas de impulsores de la zona de estanterias.

Especificaciones Tecnicas - Impulsores zona estanterias	
Equipo	HCT/IMP-L-REV-29-4T-0.12
Tipo	Caja de Ventilación
Marca	SODECA
Serie	HCT/IMP
Cantidad	2
Capacidad Enfriamiento	-
Velocidad [r/min]	1320
Caudal de aire [m³/h]	1475
Capacidad Calefacción	-
Consumo del Equipo [Kw]	0,09
Dimensiones [m³]	0,479*0,320*2,410
Peso [Kg]	61
Accesorios	-

Fuente: Soler & Palau, 2023.

4.2.3. Filtros

Tabla 4.10: Especificaciones Técnicas de filtros de la zona de estanterias.

Especificaciones Tecnicas - Filtros zona estanterias	
Equipo	CJFILTER/REC-500x700-300x700-F7
Tipo	Filtro de Ventilación
Marca	SODECA
Serie	CJFILTER/REC
Cantidad	1
Consumo del Equipo [Kw]	-
Dimensiones [m]	0,479*0,320*2,410
Dimensiones filtro [m]	0,490*0,592
Peso [Kg]	19,6
Accesorios	-

Fuente: Soler & Palau, 2023.

5. Capítulo 5: Análisis de Resultados

El diagnóstico de la climatización actual de la biblioteca de la FACING UV se basó en analizar los factores de humedad, temperatura y ventilación en ella (enfocándose primordialmente en la ventilación, esto es debido a que los factores de humedad y temperatura gravitan en torno al factor de la ventilación). Esto se realizó mediante el Decreto Supremo 594/99, el cual especifica que *"todo lugar de trabajo deberá mantener, mediante medios naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud de los trabajadores"*. Considerando esto, se llevó a cabo una encuesta hacia los usuarios de la biblioteca, cuyos resultados muestran que el 76,5% de los usuarios están insatisfechos con la ventilación actual de la biblioteca.

En cuanto a los factores de humedad y temperatura, en el capítulo 3.2.2.3 se llegó a la conclusión que la humedad y temperatura existente en la biblioteca no cumplía con los requerimientos necesarios para la mantención y preservación de los acervos bibliográficos de la biblioteca (exactamente a las fotografías a color y fotografías a blanco y negro) y para los usuarios.

También cabe destacar que, según las tablas 3,4 y 3,5, los meses del año 2022 en los que la humedad tuvo los valores más altos fueron abril **(59,04%),** mayo **(61,29%),** junio **(62,79%),** julio **(64,54%),** agosto **(63,79%),** septiembre **(62,79%)** y octubre **(59,74%)**. Mientras que los meses del año 2022 en los que la temperatura tuvo los valores más altos fueron enero **(24,08°C)**, febrero **(23,96°C)**, marzo **(22,96°C)**, abril **(20,96°C)**, noviembre **(22,46°C**) y diciembre **(24,46°C).**

Comparando estos valores obtenidos de humedad y temperatura del año 2022 v/s los datos de la cantidad de personas atendidas en la biblioteca de marzo a noviembre del año 2022 (representado en la tabla 2.4), los cuales indican que el mes del año 2022 con una mayor cantidad de personas atendidas fue en abril (con un mínimo de **1244 personas** y un máximo de **1664 personas**), se puede llegar a la conclusión que abril fue el mes del año 2022 en el que las fallas de climatización fueron más notorias.

Debido a esto, se decidió diseñar un sistema de ventilación apropiado para las necesidades de los usuarios de la biblioteca. Ya que, actualmente, no permite lograr las condiciones de confort fundamentadas y especificadas previamente.

Dentro de todas las opciones de tipos de ventilación, se optó por proponer un sistema de ventilación forzada de doble flujo. La cual se basa en la extracción e impulsión de aire. Esta decisión se tomó en base a la ubicación de la biblioteca. Al encontrarse en un subterráneo, la posibilidad de que exista un flujo natural de aire es nulo.

Según las delimitaciones previamente mostradas en la figura 2.10, se optó por posicionar los elementos de extracción de aire en el entretecho de la zona de estudio de la biblioteca, mientras que los elementos de impulsión de aire se posicionaron en el entretecho de la zona de estanterías.

El método utilizado para diseñar este sistema de ventilación fue mediante el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) de origen español, el motivo de esto es debido a que este método del RITE utiliza un mayor número de variables para el cálculo del caudal de aire necesario en comparación a otros métodos (como por ejemplo el DIN 1946, RITCH, NCh03308, entre otros) lo cual otorga una mayor exactitud.

Los equipos y elementos de ventilación (tales como las rejillas, ductos, tees y codos) del sistema de ventilación propuesto fueron escogidos mediante el cálculo del caudal de aire necesario y los decibeles (dB) máximos permitidos en la biblioteca.

Se consultó a la empresa MT Ingeniería sobre el costo de instalación de los extractores, impulsores y filtros. En cuanto a la mantención de los equipos, MT Ingeniería ofrece sus servicios de mantenimiento por 5 años, a partir del segundo año. El personal encargado de la instalación del sistema de ventilación para la biblioteca consta de dos mecánicos (mecánico maestro y mecánico ayudante) y un electricista.

El costo total de la propuesta de ventilación se ve representado en la tabla 5.1:

Tabla 5.1: Análisis de Precio Unitario de la propuesta de sistema de ventilación para la biblioteca de la FACING UV

Análisis de Precio Unitario de la propuesta de ventilación

EQUIPOS

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	PRECIO TOTAL
Extractor de aire SV-250/H	UN	2	UF 7,60	UF 15,20
Extractor de aire NEOLINEO/EW-100	UN	1	UF 3,86	UF 3,86
Impulsor de aire HCT/IMP-L-REV-29-4T-0.12	UN	2	UF 29,09	UF 58,18
Filtro de aire CJFILTER/REC-500X700-300x700-F7	UN	2	UF 11,82	UF 23,63
SUBTOTAL 1				UF 100,88

MATERIALES

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	PRECIO TOTAL
Ductos galvanizados 12"	ML	4	UF 0,61	UF 2,44
Ductos galvanizados 10"	ML	38	UF 0,56	UF 21,11
Ductos galvanizados 8"	ML	12	UF 0,52	UF 6,23
Ductos galvanizados 4"	ML	13	UF 0,19	UF 2,53
Ducto galvanizado reductor 12" a 8"	UN	1	UF 0,41	UF 0,41
Codo galvanizado 12" 90°	UN	1	UF 0,47	UF 0,47
Codo galvanizado 10" 90°	UN	6	UF 0,44	UF 2,67
Codo galvanizado 8" 90°	UN	4	UF 0,34	UF 1,35
Codo galvanizado 4" 90°	UN	2	UF 0,15	UF 0,31
Tee galvanizada 10"	UN	3	UF 0,39	UF 1,17
Tee galvanizada 8"	UN	1	UF 0,92	UF 0,92
Tee galvanizada 4"	UN	2	UF 0,21	UF 0,42
Gorro galvanizado 12"	UN	1	UF 0,24	UF 0,24
Gorro galvanizado 10"	UN	1	UF 0,19	UF 0,19
Gorro galvanizado 4"	UN	1	UF 0,12	UF 0,12
Rejilla de ventilación 25x25 cm	UN	6	UF 0,06	UF 0,35
Rejilla de ventilación 20x20 cm	UN	2	UF 0,05	UF 0,09
Rejilla de ventilación 10x10 cm	UN	3	UF 0,04	UF 0,11
[illegible]				[illegible]

MANO DE OBRA

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	PRECIO TOTAL
Mecánico	HH	84,5	UF 0,26	UF 22,31
Ayudante Mecánico	HH	84,5	UF 0,19	UF 16,44
Electricista	HH	28,5	UF 0,26	UF 7,52
Carpintero	HH	7,65	UF 0,21	UF 1,59
Ayudante Carpintero	HH	7,65	UF 0,21	UF 1,59
Leyes Sociales (O.E)	%	30	UF 49,46	UF 14,84
Instalacion	GL	1	UF 30,59	UF 30,59
SUBTOTAL 3				UF 94,89

GASTOS DE OPERACIÓN, TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	PRECIO TOTAL
Transporte	GL	1	UF 3,61	UF 3,61
Mantención (por 5 años luego del año 0)	ANUAL	5	UF 4,28	UF 21,41
SUBTOTAL 4				UF 25,03

HERRAMIENTAS

Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	PRECIO TOTAL
Herramientas	%	2	UF 261,93	UF 5,24
Costo total [UF]	UF 276,34			
Costo total [UF] + Mantención (Valor UF al 10/09/23)	$10.770.367			UF 297,76

Fuente: Propia, 2023.

Previamente se mencionó que al implementar un sistema de ventilación en la biblioteca de la FACING UV las condiciones de humedad y temperatura mejorarían indirectamente. Sin embargo no es posible saber cuánto mejorarían estas variables, debido a que en esta investigación no se puso en práctica el sistema. Es por este motivo que se mostrarán 2 recomendaciones para mejorar las variables anteriormente mencionadas. Estas recomendaciones radican en crear espacios cerrados dentro de la biblioteca mediante tabiquerías de cristal (representado en la figura 6.1), enfocándose en las zonas de estanterías y de estudio.

Figura 5.1: Tabiqueria de cristal.



Fuente: Generador de Precios.Chile, 2023.

5.1. **Primera recomendación**

La primera recomendación es utilizar un tabique de cristal para separar las zonas de estanterías y de estudio. De esta manera se crea un ambiente separado para cada zona mencionada previamente. Esto se ve representado en las figuras 5.2 y 5.3. También se adjunta un análisis de precio unitario de esta recomendación en la tabla 5.2.

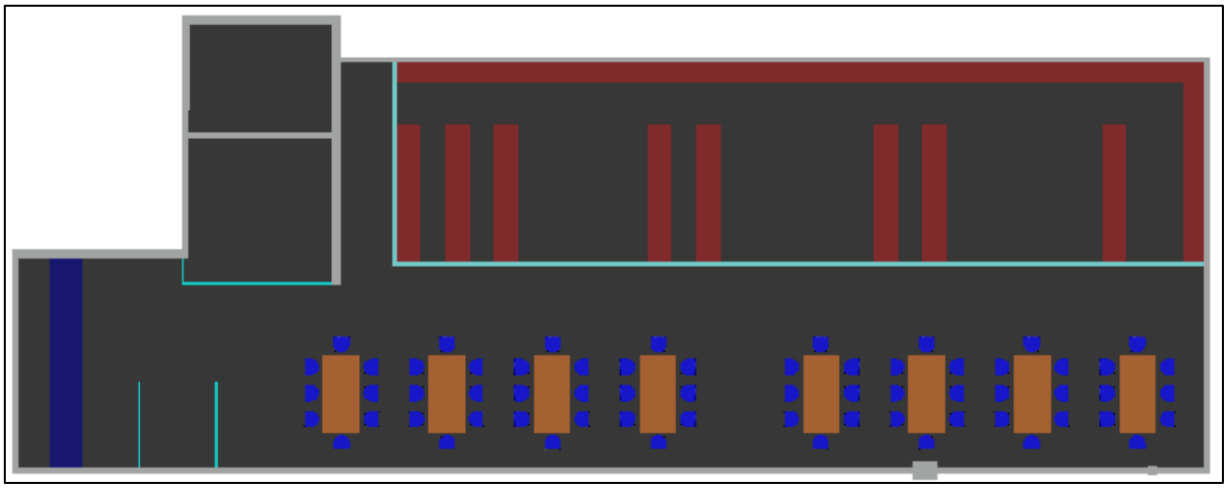


Figura 5.2: Primera recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV, vista en planta.

Fuente: Propia, 2023.

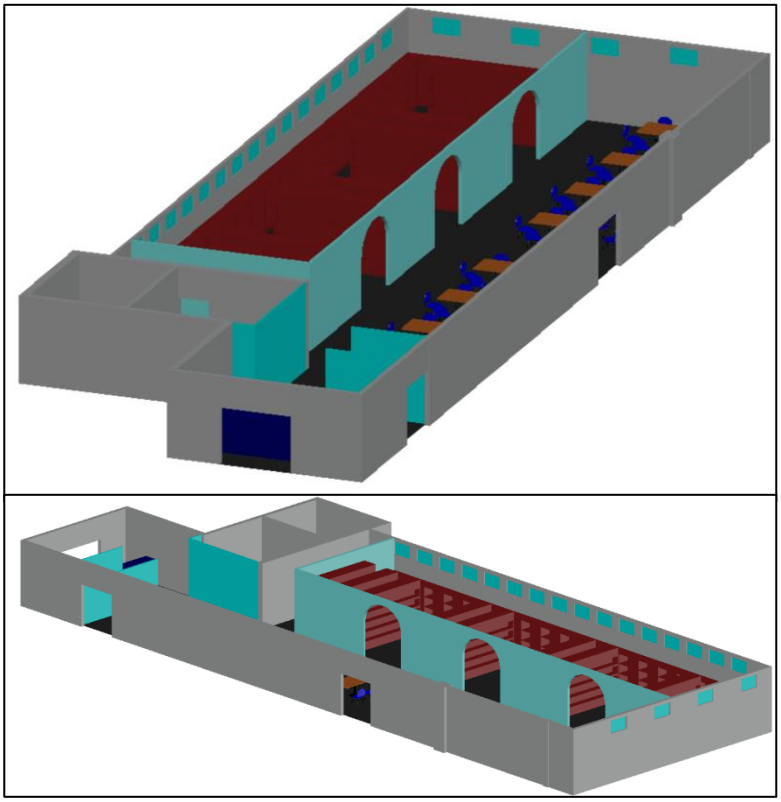


Figura 5.3: Primera recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV.

Fuente: Propia, 2023.

Tabla 5.2: Análisis de Precio Unitario de la primera recomendación

Análisis de Precio Unitario de la primera recomendación para H° y T°				
MATERIALES				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Perfil compuesto de aluminio, lacado color blanco.	m	19,04	$13.594	$258.781
Perfil superior de aluminio, lacado color blanco.	m	19,04	$6.976	$132.797
Perfil de remate lateral de aluminio, lacado color blanco.	m	19,04	$2.244	$42.726
Vidrio laminar de seguridad, compuesto por dos lunas de 4 mm de espesor unidas mediante una lámina incolora de butiral de polivinilo, de 0,38 mm de espesor.	m^2	60,81	$21.302	$1.295.424
Junta de acristalamiento de 4 mm de espesor, para tabique acristalada fija.	m	80,00	$540	$43.190
Junta de unión entre hojas de vidrio, de policarbonato, para tabique acristalada fija.	Un	17,50	$9.536	$166.877
SUBTOTAL 1				**$1.939.795**
MANO DE OBRA				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Maestro 1ª montador.	H	39,93	$7.698	$307.395
Ayudante montador.	H	39,93	$5.601	$223.666
Leyes Sociales (O.E)	%	30	$531.061	$159.318
SUBTOTAL 2				**$690.379**
HERRAMIENTAS				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Herramientas	%	2,00	$2.630.174	$52.603
SUBTOTAL 3				**$52.603**
COSTO TOTAL (Valor UF al 10/09/23)		**$2.682.777**		**UF 74,17**

Fuente: Generador de Precios.Chile, 2023.

5.2. Segunda recomendación

Para recomendación también se propone utilizar un tabique de cristal para separar las zonas internas de la biblioteca, la principal diferencia es que las zonas de estanterías y de estudio se intercambiaron. Como ventaja adicional, con esta recomendación se obtiene una mayor visión del material de estudio de las estanterías por parte de los funcionarios de la biblioteca. Esto se ve representado en las figuras 5.4 y 5.5. También se adjunta un análisis de precio unitario de esta recomendación en la tabla 5.3.

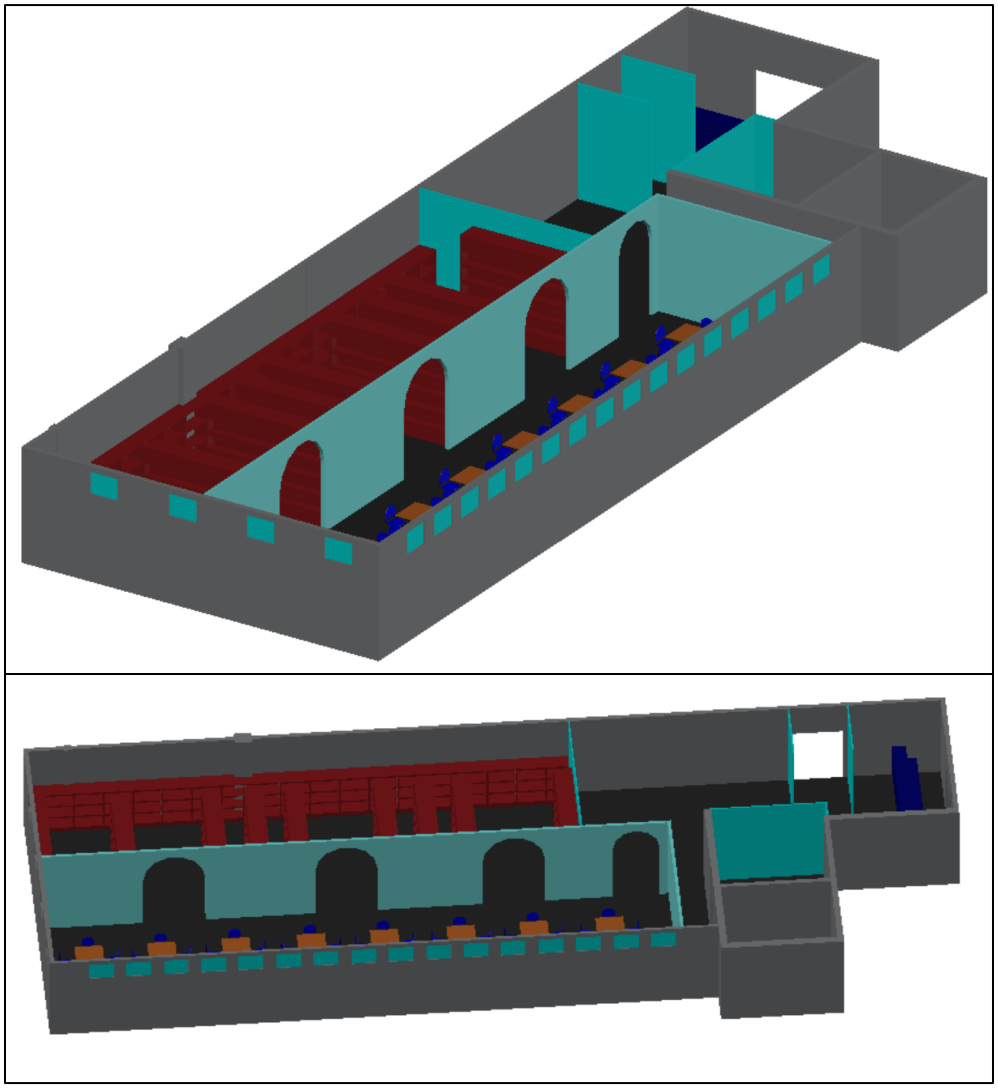


Figura 5.4: Segunda recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV.

Fuente: Propia, 2023.

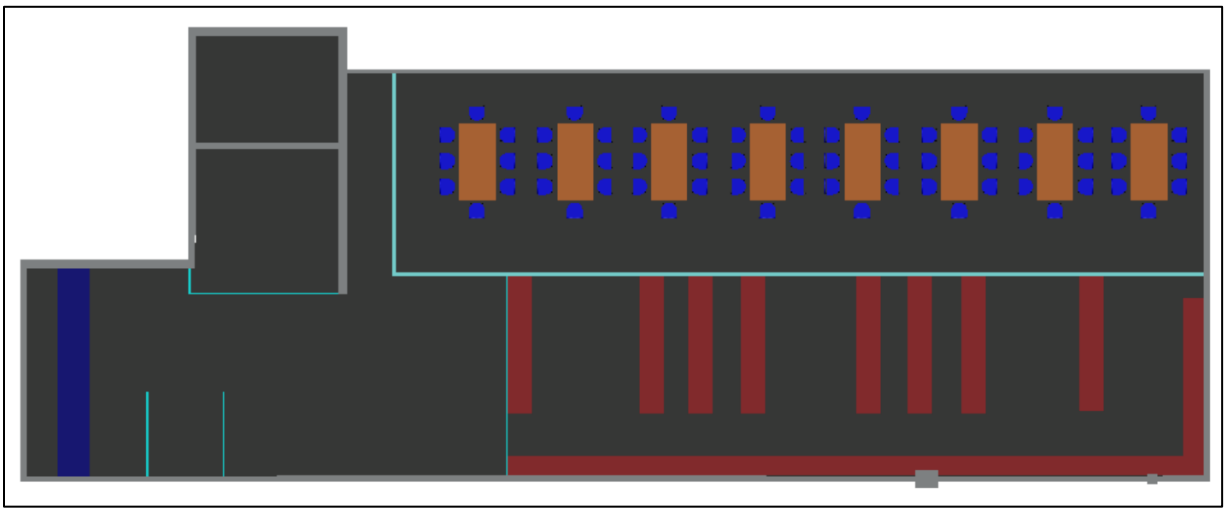


Figura 5.5: Segunda recomendación para mejorar la humedad y temperatura en la biblioteca de la FACING UV, vista en planta.

Fuente: Propia, 2023.

Tabla 5.3: Análisis de Precio Unitario de la segunda recomendación

Análisis de Precio Unitario de la segunda recomendación para H° y T°				
MATERIALES				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Perfil compuesto de aluminio, lacado color blanco.	m	23,99	$13.594	$326.114
Perfil superior de aluminio, lacado color blanco.	m	23,99	$6.976	$167.350
Perfil de remate lateral de aluminio, lacado color blanco.	m	23,99	$2.244	$53.843
Vidrio laminar de seguridad, compuesto por dos lunas de 4 mm de espesor unidas mediante una lámina incolora de butiral de polivinilo, de 0,38 mm de espesor. Según ISO 12543-2	m²	76,16	$21.302	$1.622.269
Junta de acristalamiento de 4 mm de espesor, para tabique acristalada fija.	m	88,00	$540	$47.509
Junta de unión entre hojas de vidrio, de policarbonato, para tabique acristalada fija.	Un	20,07	$9.536	$191.384
SUBTOTAL 1				**$2.408.468**
MANO DE OBRA				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Maestro 1ª montador.	HH	39,93	$7.698	$307.395
Ayudante montador.	HH	39,93	$5.601	$223.666
Leyes Sociales (O.E)	%	30	$531.061	$159.318
SUBTOTAL 2				**$690.379**
HERRAMIENTAS				
Descripción	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U**	**PRECIO TOTAL**
Herramientas	%	2,00	$3.098.847	$61.977
SUBTOTAL 3				**$61.977**
COSTO TOTAL (Valor UF al 10/09/23)		**$3.160.824**		**UF 87,38**

Fuente: Generador de Precios.Chile, 2023.

6. Capítulo 6: Conclusiones y Comentarios

6.1. **Conclusiones**

Como conclusión general de esta investigación, diseñar un sistema de ventilación forzado en el nivel subterráneo de un edificio patrimonial tiene muchas limitaciones. Estas limitaciones no sólo radican en el espacio disponible para trabajar y/o no poder modificar la infraestructura del edificio, sino que radica en encontrar la forma de crear un movimiento de aire eficiente en un piso bajo el nivel de calle.

Respecto al primer objetivo específico de esta investigación, según el capítulo de análisis de resultados se concluye que la climatización actual de la biblioteca no cumple con los requisitos mínimos de humedad, temperatura y ventilación.

Respondiendo al segundo objetivo específico de esta investigación, se puede concluir que esta propuesta de un sistema de ventilación forzada de doble flujo cumple con los parámetros necesarios para que exista una ventilación adecuada en la biblioteca de la FACING UV.

Entre los materiales, equipos, mano de obra y trabajos de instalación, el sistema de ventilación propuesto (forzado de doble flujo) tiene un costo de **276,34 UF,** considerando el valor del UF al **16 de mayo del año 2023** de **$35.981**. Agregando los costos de mantención (**21,41 UF** por 5 años después del año 0), el costo total de la propuesta de ventilación es de **297,76 UF**.

Con el sistema propuesto se espera mejorar las condiciones de ventilación en la biblioteca, lo que generará un beneficio para los usuarios y los acervos bibliográficos. Es importante mantener un buen funcionamiento de la biblioteca, ya que es el único lugar dentro una universidad en el que los estudiantes pueden estudiar, trabajar y acceder a información de manera cómoda, agradable y segura.

6.2. **Comentarios**

Respecto a las recomendaciones mencionadas anteriormente sobre la implementación de espacios cerrados al interior de la biblioteca, se sugiere que el tabique divisor sea de cristal. Ya que de esta manera se puede tener un mayor control de visión de los acervos bibliográficos al momento de ser retirados por los usuarios de la biblioteca. El costo de implementación de la primera propuesta es de **$2.682.777**, mientras que el costo de implementación de la segunda propuesta es de **$3.160.824**.

Bibliografía

Citas

Balmes, J. (2005). Guía de Arquitectura de Valparaíso.

Bonilla, R. A. (2020). Sistemas de ventilación y la reducción del consumo energético Clasificación, cuantificación y análisis de la ventilación natural.

Carrión Isbert, Antoni. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Edicions UPC.

Mermet, A. Gabriel., & Yarke, E. (2005). Ventilación natural en edificios: fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos. Nobuko.

Pecoraio, S. (2017). Instalaciones de Edificios.

Sitios Web

UNE

https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0055397

ENERGINN

https://www.energinn.com.co

SODECA

https://www.sodeca.cl/catalogs

SOLERPALAU

https://www.solerpalau.com/es-cl/

REVISTA MUNDOHVACR

https://www.mundohvacr.com.mx

DIRECCIÓN GENERAL DEL AERONÁUTICA CIVIL

http://www.meteochile.gob.cl/PortalDMC-web/index.xhtml

SEISCUBOS

https://www.seiscubos.com/conocimiento/confort-termico-y-cuerpo-humano

WEATHER SPARK

https://es.weatherspark.com/h/s/25811/2022/1/Datos-históricos-meteorológicos-del-verano-2022-en-Valparaíso-Chile#Figures-WindDirection

METEOBLUE

https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/valparaíso_chile_3868626?fcstlength=1y&year=2022&month=1

CHILE.GENERADOR DE PRECIOS

http://www.chile.generadordeprecios.info

Anexos

Anexo 1: Documentación patrimonial Edificio Hucke

FICHA DE EVALUACION
INMUEBLE DE CONSERVACIÓN HISTÓRICA

ROL: 0106-001

1. IDENTIFICACIÓN

REGIÓN	COMUNA	CALLE	NÚMERO
Valparaíso	Valparaíso	General Cruz	222

ID PLANO	DENOMINACIÓN	AUTOR
32	Chilquinta (Ex Fábrica Hucke)	Otto Anwandter

2. PLANO DE UBICACIÓN



3. FOTO DEL EDIFICIO



4. RESEÑA VALORES Y ATRIBUTOS PATRIMONIALES

4.1. VALOR URBANÍSTICO
Se destaca por su imponente volumetría, formando parte de una manzana muy consolidada que aporta significativamente a la imagen urbana del sector.

4.2. VALOR ARQUITECTÓNICO
Referente de la arquitectura industrial en estructura metálica, cuyo sistema constructivo fue una innovación para la época. Fue construido por el arquitecto alemán Otto Anwandter. Es un elemento único en su tipología, el que conserva su gran calidad estética y arquitectónica.

4.3. VALOR HISTÓRICO
Fue construido en 1907 y es testimonio del período de gran auge económico e industrial de Valparaíso de fines del siglo XIX a rincipios del siglo XX, por el arquitecto alemán Otto Anwandter. Está protegido por el Art. 60 de la L.G.U.C. y ha sido en libros especializados de historia y/o arquitectura.

4.4. VALOR ECONÓMICO
Está en muy buen estado de conservación y no necesita recuperación.

4.5. VALOR SOCIAL
No es mencionado en sondeo de opinión.

5. EVALUACIÓN

VALOR	ATRIBUTOS A	B	C	COEF	PUNTOS
URBANO	2.00	1.00	2.00	1.50	7.50
ARQUITECTÓNICO	2.00	2.00	2.00	1.00	6.00
HISTÓRICO	2.00	1.00	2.00	1.00	5.00
ECONÓMICO	2.00	1.00		0.75	2.25
SOCIAL	0.00			0.75	0.00
VALOR TOTAL					**20.75**

GRADO: 1

CALIFICACIÓN
INSERTO EN ZCH: SI X NO
IDENTIFICACIÓN ZCH: **ZCH-B1**

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES

Revista FAU (U.de Valparaíso); Ciudades y Arquitectura Portuaria (Pizzi, Benavides)

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO - UNIDAD DE PATRIMONIO URBANO / JULIO 2005

7. INFORMACIÓN TÉCNICA

7.1. DESTINO (*)	ORIGINAL	ACTUAL
SS	INDUSTRIA	BODEGA
PP	INDUSTRIA	SERVICIOS
PS	INDUSTRIA	SERVICIOS

7.2. AÑO DE CONSTRUCCIÓN								
ANT 1839	1840 1859	1860 1879	1880 1899	1900 1919	1920 1939	1940 1959	1960 1989	POST 1990
				X				

7.3. CALIDAD JURIDICA			
PUBLICO		PRIVADO	X
Tecnored S.A.			

7.4. TENENCIA			
REGIMEN		FORMA	
PROPIEDAD INDIVIDUAL		PROPIETARIO	X
PROPIEDAD COLECTIVA	COPROPIEDAD X	ARRENDATARIO	
	COMUNIDAD	OTROS	

7.5. AFECTACION LEGAL ACTUAL							
MONUMENTO HIST.		SITIO HISTÓRICO		INMUEBLE CONS.HIST.	X	DECLAR. UTIL. PÚB.	
ZONA TÍPICA		SANTUARIO NATURAL.		ZONA CONS.HIST.			

7.6. OBSERVACIONES

Corresponde a la antigua fábrica de chocolates Hucke Hnos. Declarado Inmueble de Conservación Histórica por el Art. 60 de la L.G.U.C.

(*) SS=Subsuelo; PP= Primer Piso; PS=Pisos Superiores

8. CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS

8.1.TIPOLOGÍA EDIFICIO		8.2.AGRUPAMIENTO		8.3. TIPO CUBIERTA	
MANZANA		AISLADA		HORIZONTAL	
ESQUINA	X	PAREADA		INCLINADA	X
ENTRE MEDIANERO		CONTINUA	X	CURVA	

8.4. SUPERFICIE		8.5.ALTURA		8.6.ANTEJARDÍN
TERRENO	EDIFICADA	NRO. PISOS	METROS	METROS
1532 M2	9028 M2	5	Mt	0 Mt

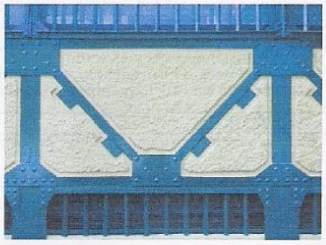
8.7. MATERIALIDAD			
ESTRUCTURA	TECHUMBRE	FACHADA	OTROS
Acero	Acero galvanizado	Estuco y metal	Acero en ventanas

8.8. ELEMENTOS SIGNIFICATIVOS				
ESTILO	ESTRUCT.	FACHADA	VEGETAC.	ELEM. PUNT.
X	X	X		X

DESCRIPCIÓN

Edificio de estructura metálica desarrollado como sistema mecano. Destaca la expresión de la fachada, con estructura a la vista, coronada con una cubierta abovedada y el tratamiento de espacio exterior que realza el acceso.

FOTO DETALLE



8.9. ESTADO DE CONSERVACIÓN				8.10.GRADO DE ALTERACIÓN		8.11. APTITUD PARA REHABILITACIÓN	
ELEMENTO		ENTORNO		SIN MODIFICACIÓN			
BUENO	X	BUENO	X	POCO MODIFICADO	X	VIVIENDA	
REGULAR		REGULAR		MUY MODIFICADO		EQUIPAMIENTO	
MALO		MALO		OTRO		OTRO	

8.12. RELACIÓN DE ELEMENTO CON SU ENTORNO					
IMAGEN URBANA RELEVANTE POR		FORMA PARTE DE UN CONJUNTO		PRESENCIA DE ELEM. PATRIMONIALES	
UBICACIÓN	X	SI	X	MONUMENTO HISTÓRICO	
SINGULARIDAD	X	NO		ESPACIO PÚBLICO RELEVANTE	X

8.13. OBSERVACIONES

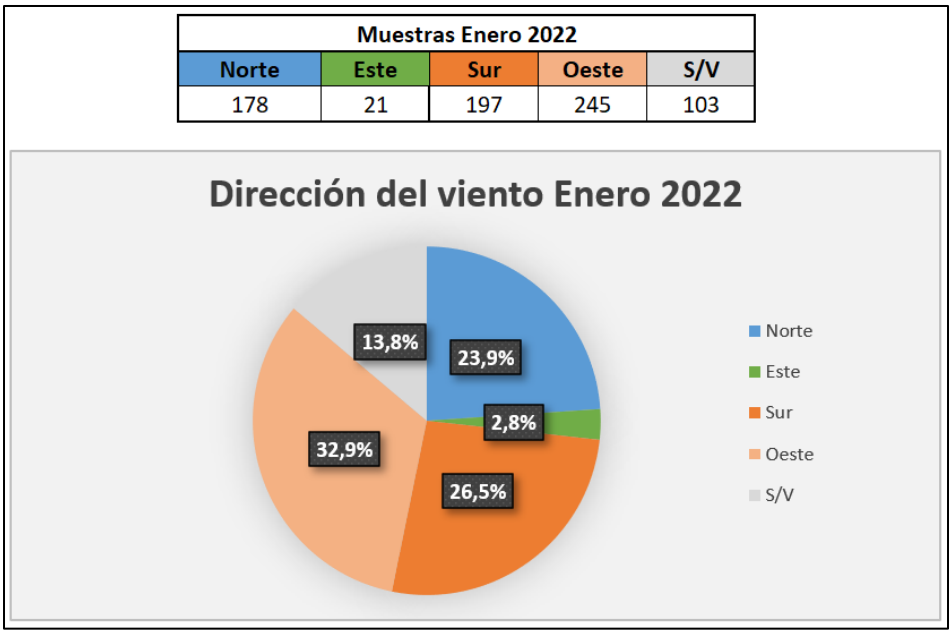
Corresponde a uno de los promeros reciclajes de edificios industriales realizados en el último tiempo, en este caso por la empresa privada Chilquinta.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO - UNIDAD DE PATRIMONIO URBANO / JULIO 2005

Anexo 2: Resumen de datos de dirección del viento de 2022 en las cercanías del edificio Hucke.

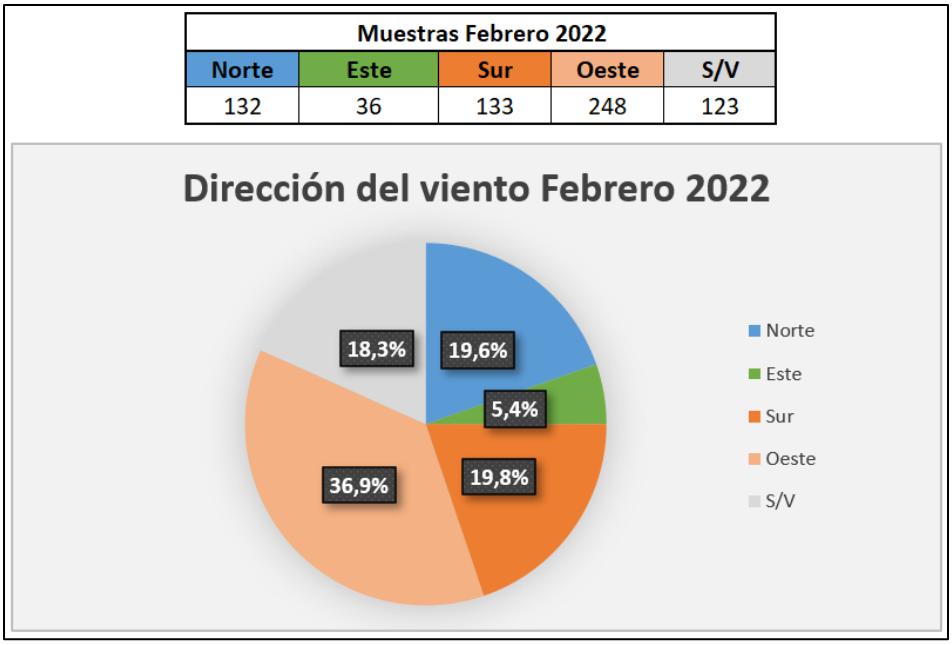
- Enero 2022

Muestras Enero 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
178	21	197	245	103



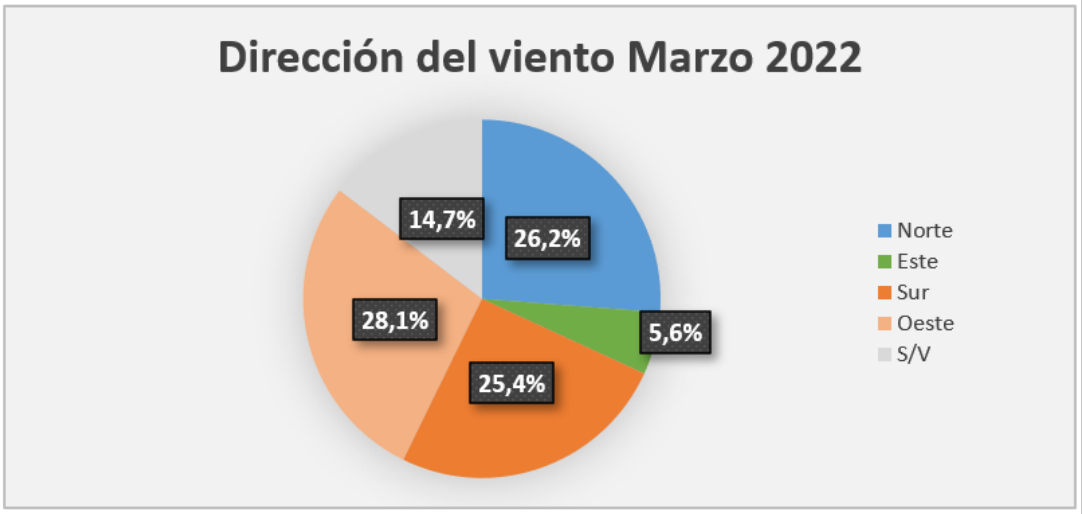
- Febrero 2022

Muestras Febrero 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
132	36	133	248	123



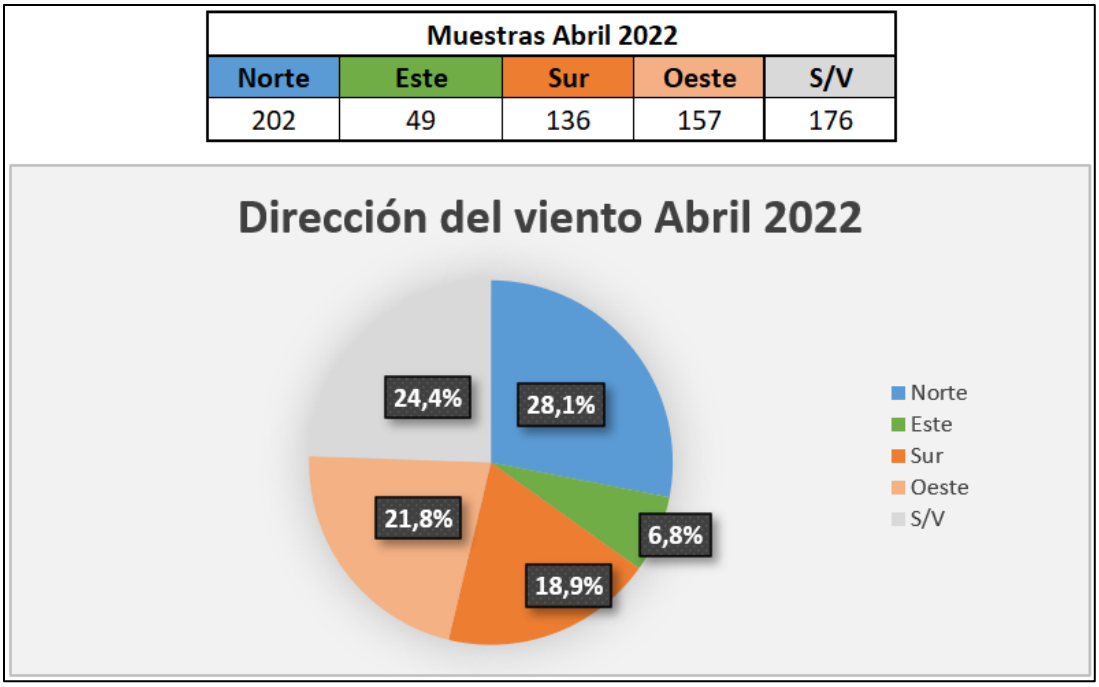
- Marzo 2022

Muestras Marzo 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
195	42	189	209	109



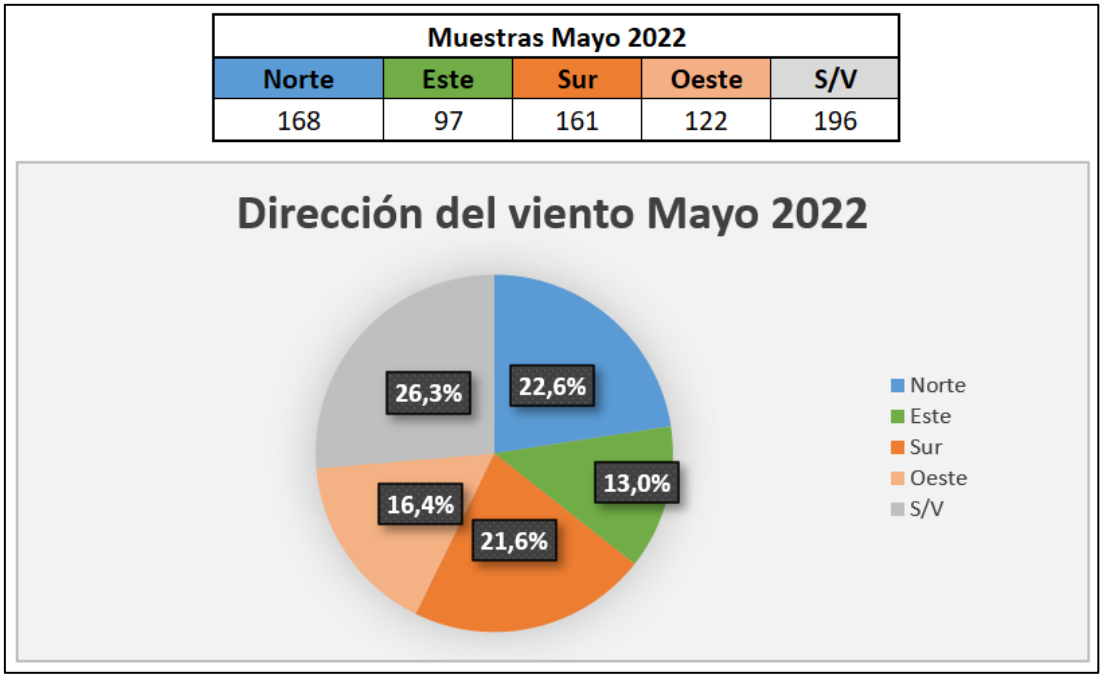
- Abril 2022

Muestras Abril 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
202	49	136	157	176



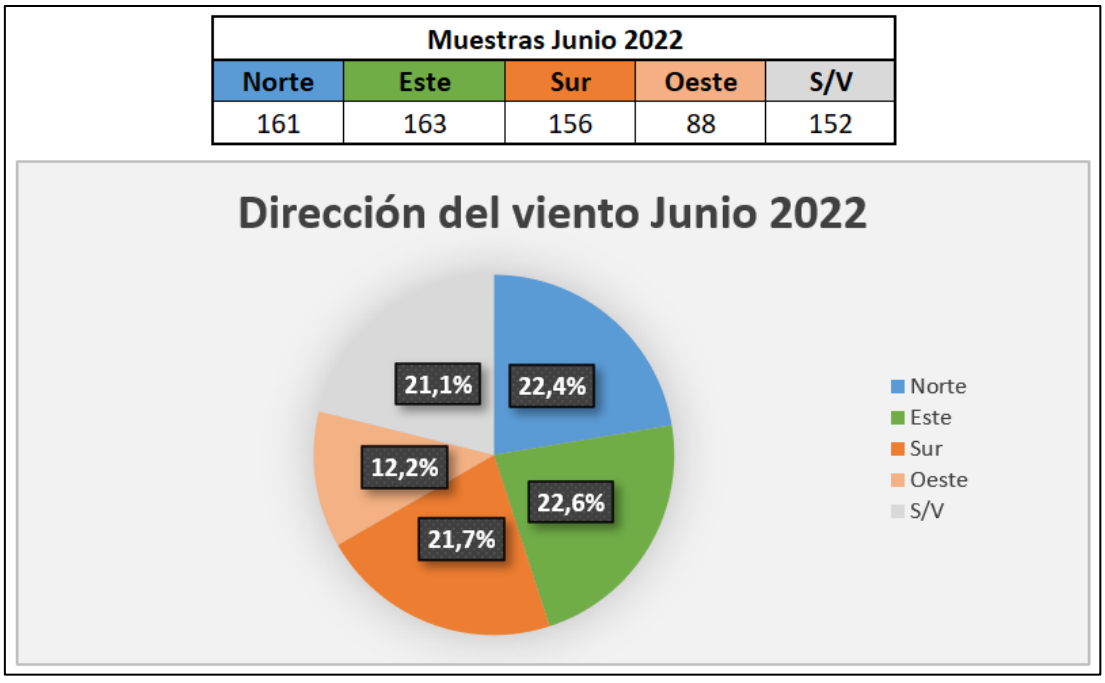
- Mayo 2022

Muestras Mayo 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
168	97	161	122	196



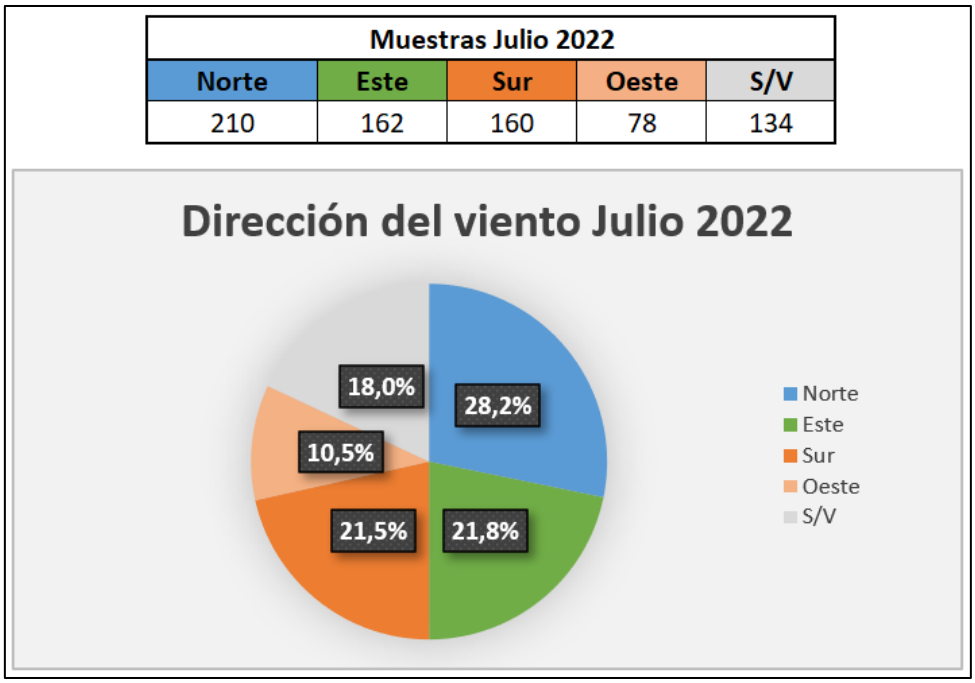
- Junio 2022

Muestras Junio 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
161	163	156	88	152



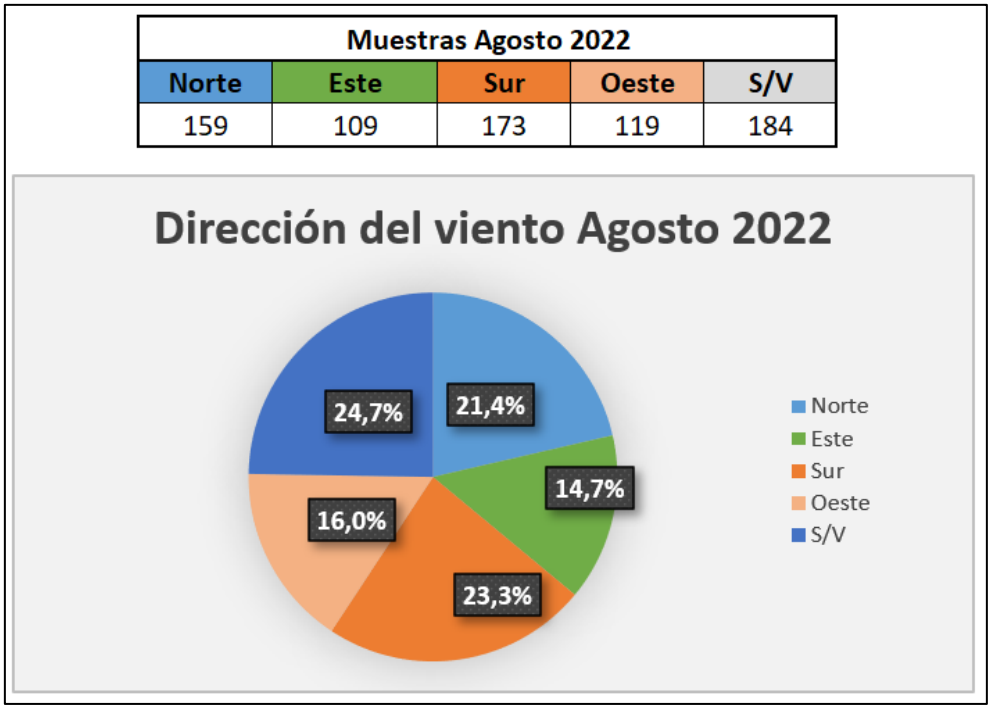
- Julio 2022

Muestras Julio 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
210	162	160	78	134



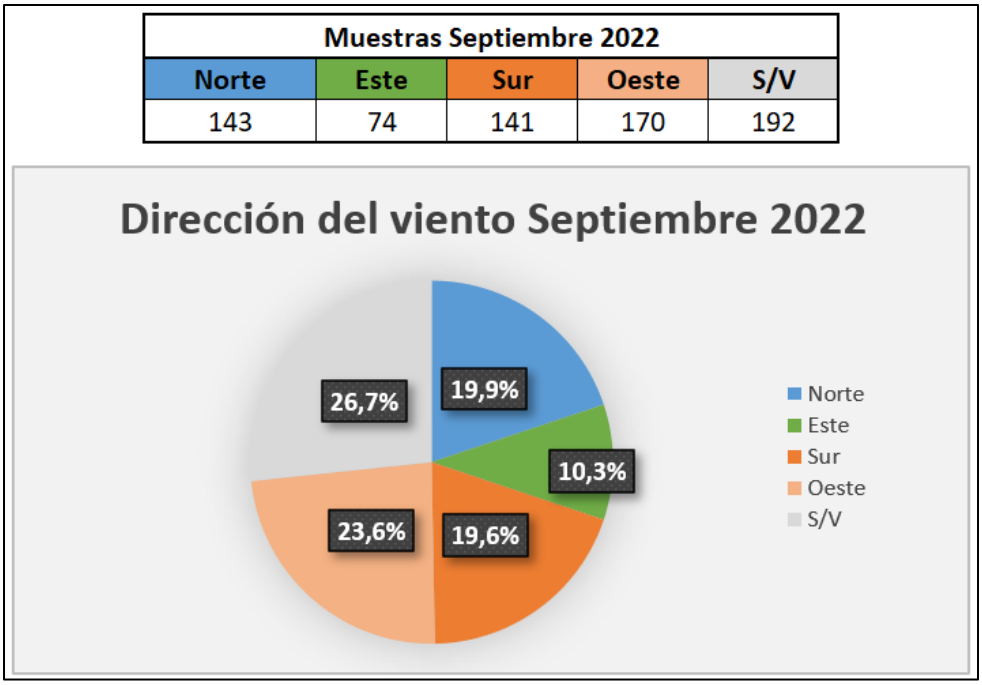
- Agosto 2022

Muestras Agosto 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
159	109	173	119	184



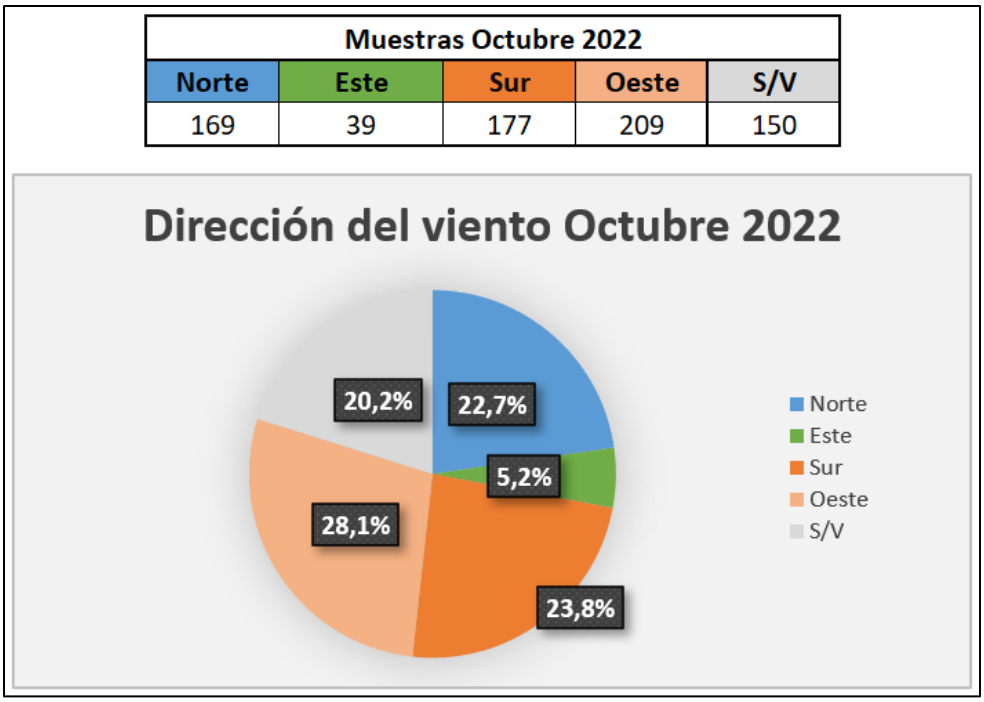
- Septiembre 2022

Muestras Septiembre 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
143	74	141	170	192



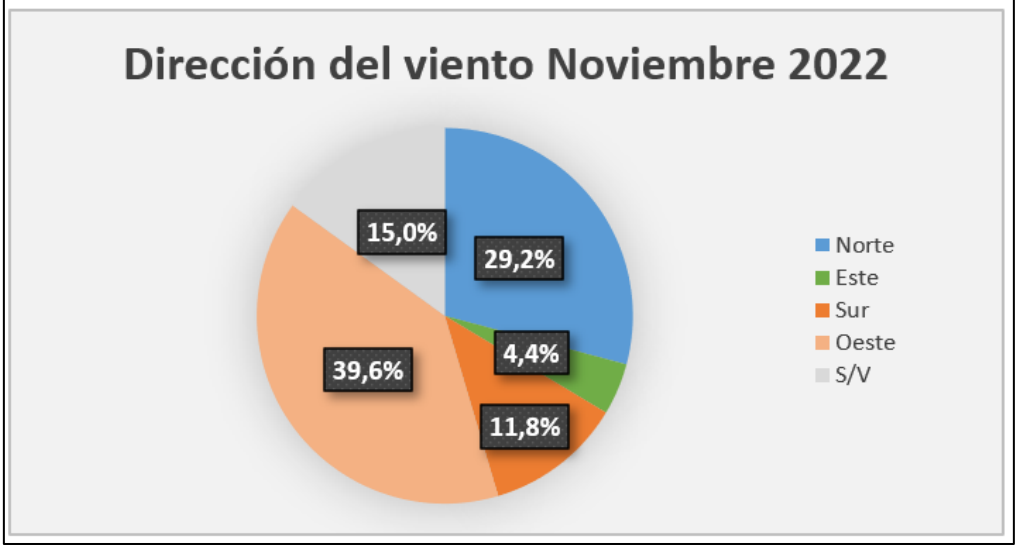
- Octubre 2022

Muestras Octubre 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
169	39	177	209	150



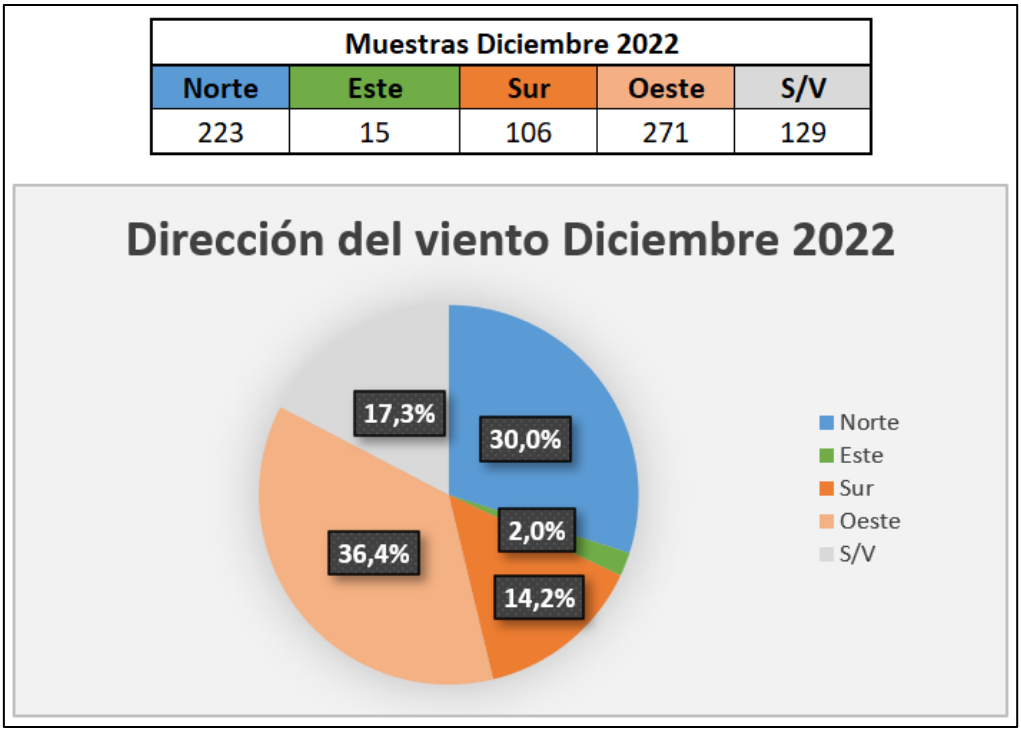
- Noviembre 2022.

Muestras Noviembre 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
210	32	85	285	108



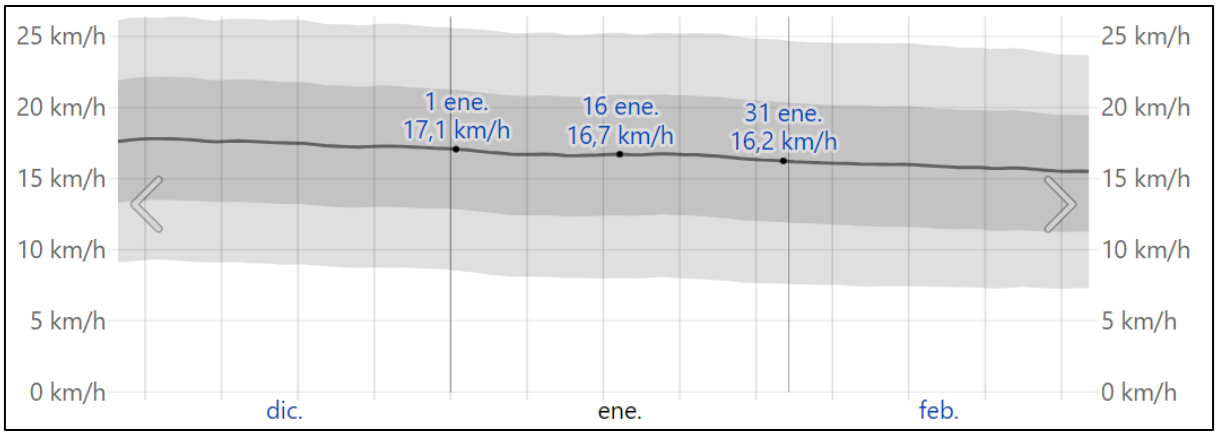
- Diciembre 2022

Muestras Diciembre 2022				
Norte	Este	Sur	Oeste	S/V
223	15	106	271	129

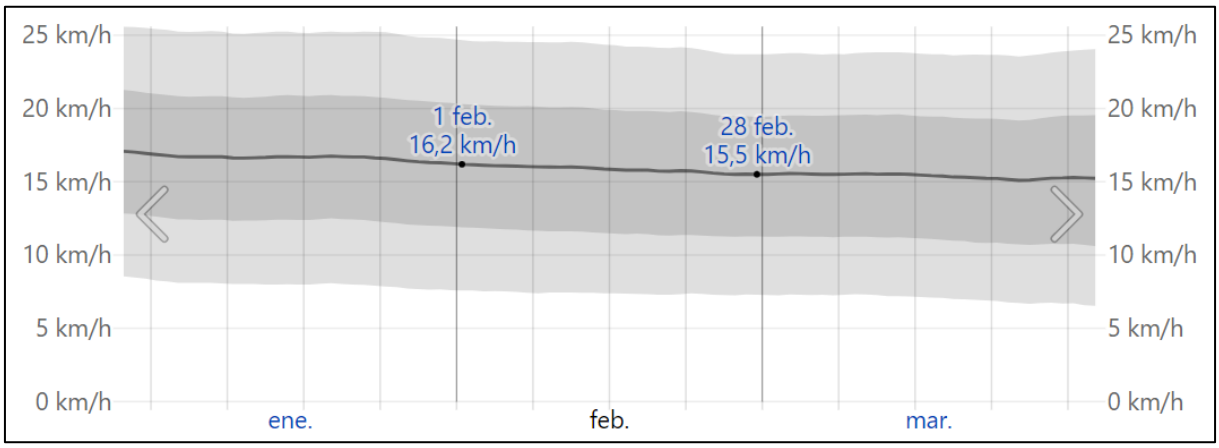


Anexo 3: Resumen de datos de velocidad del viento de 2022 en las cercanías del edificio Hucke.

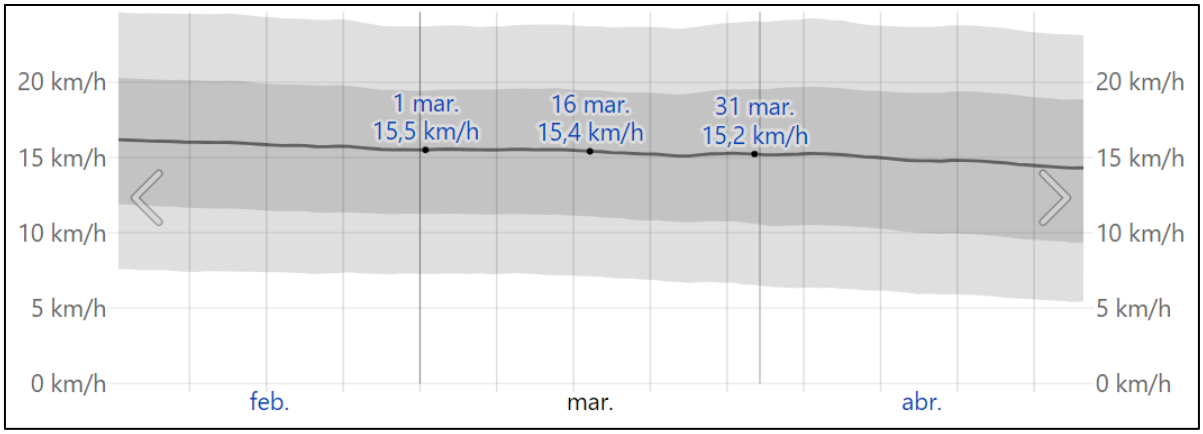
- Enero 2022



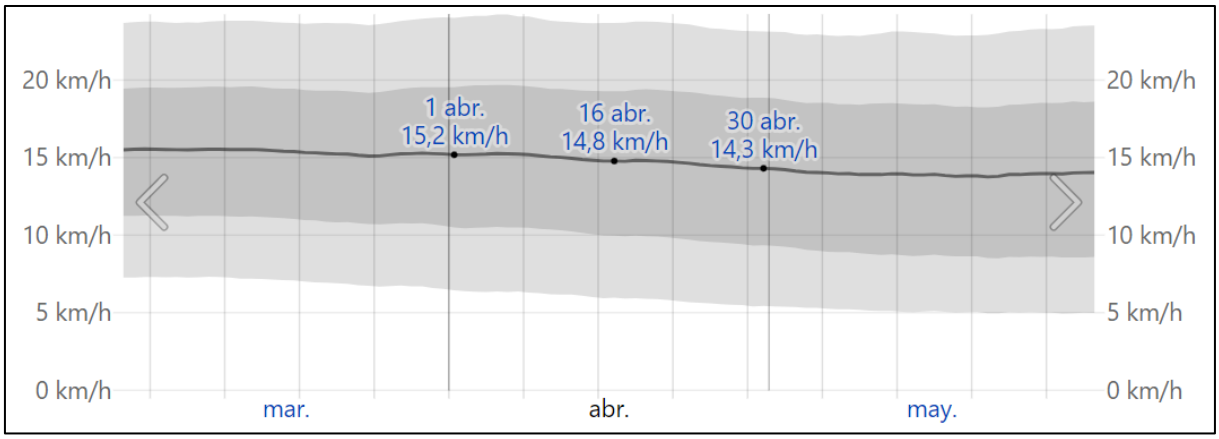
- Febrero 2022



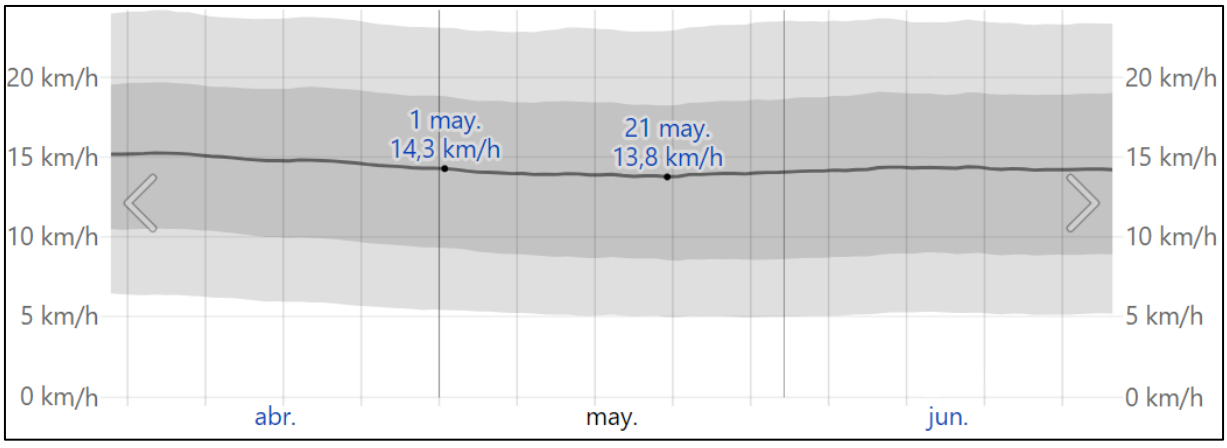
- Marzo 2022



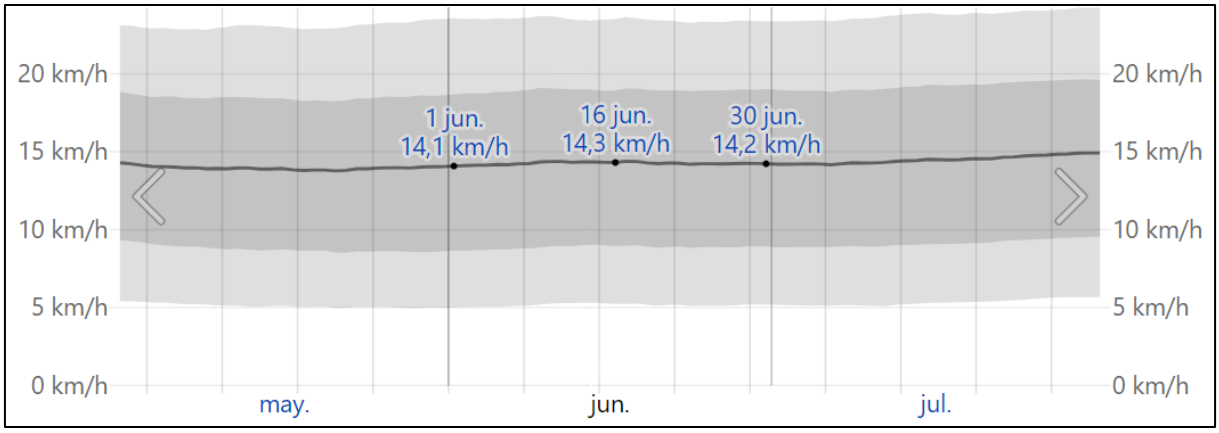
- Abril 2022



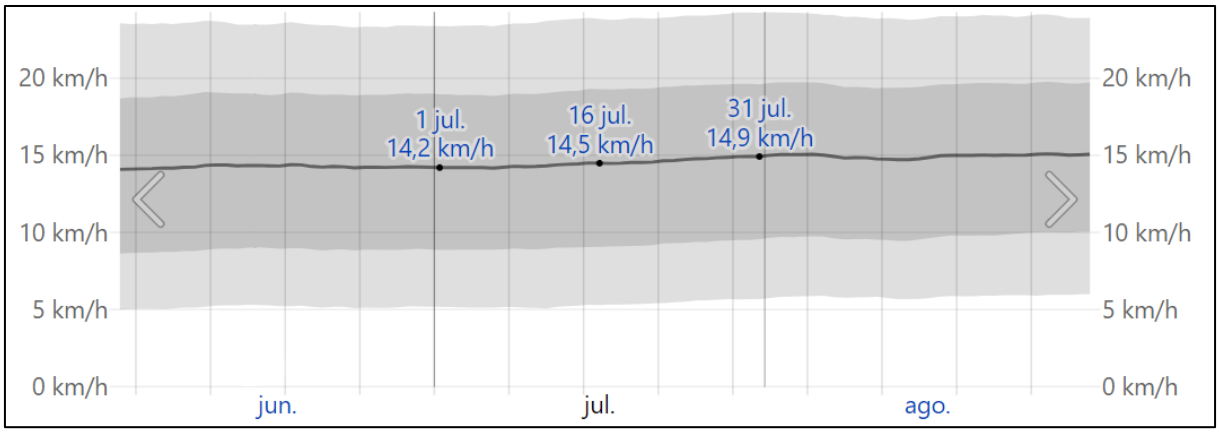
- Mayo 2022



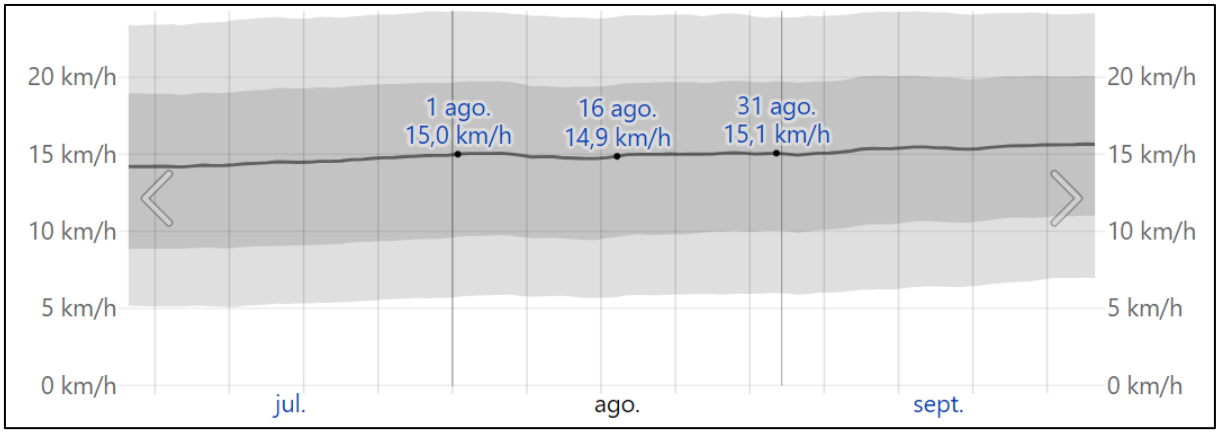
- Junio 2022



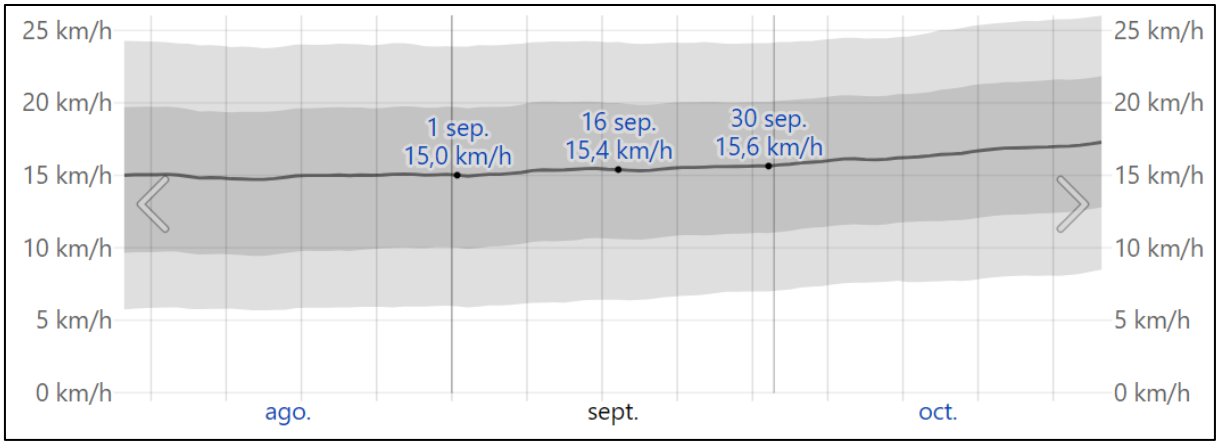
- Julio 2022



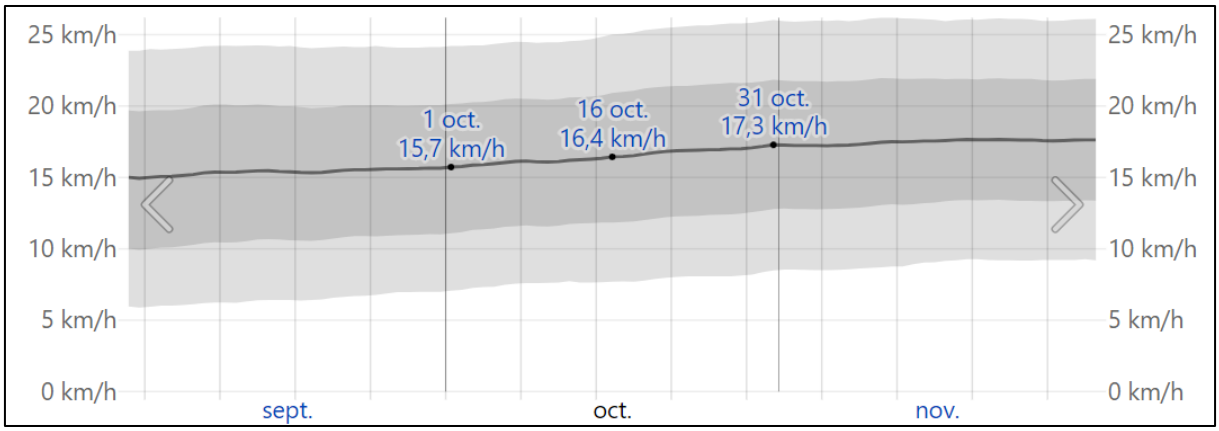
- Agosto 2022



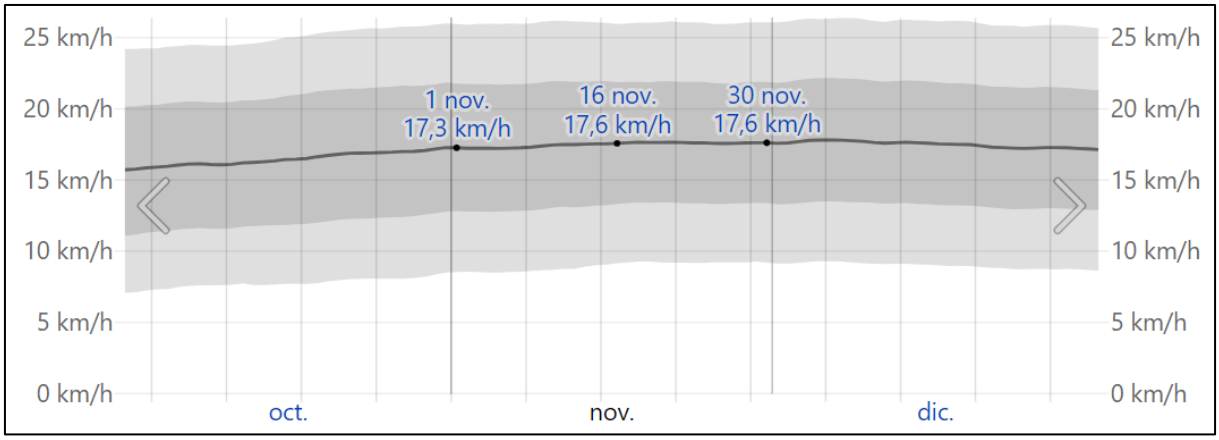
- Septiembre 2022



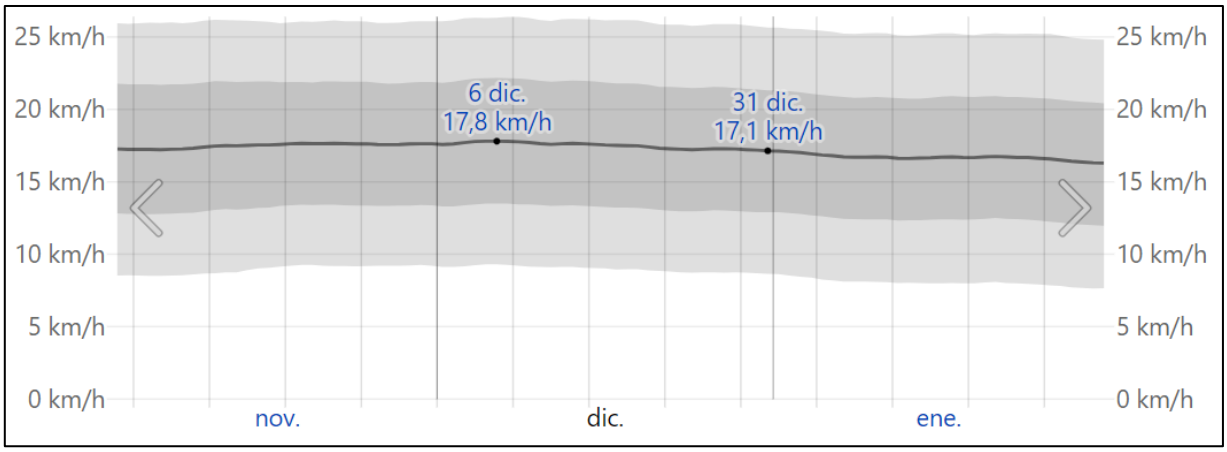
- Octubre 2022



- Noviembre 2022

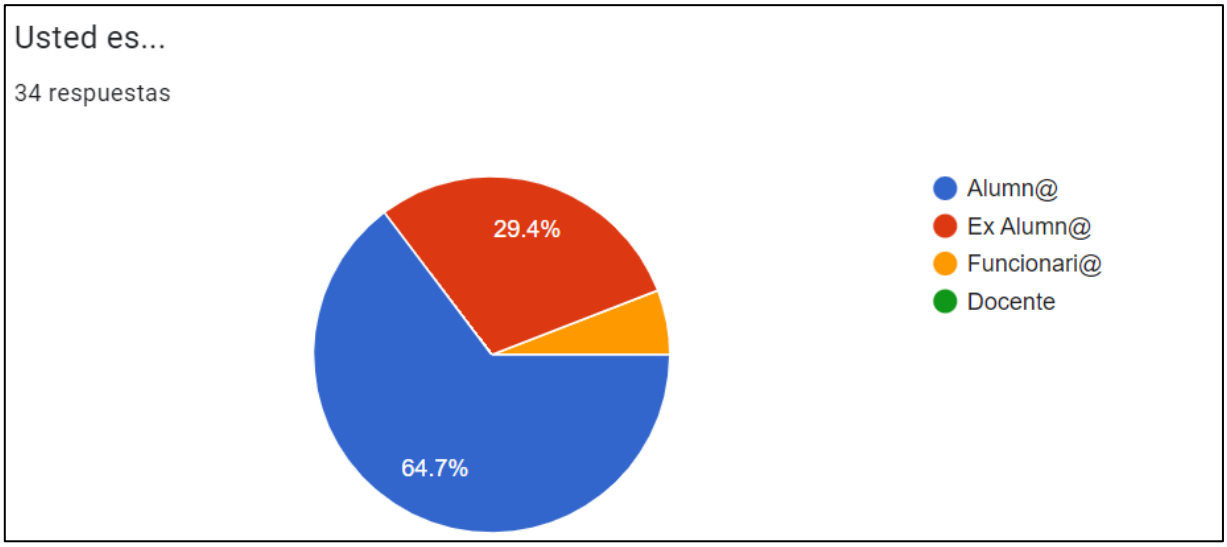


- Diciembre 2022



Anexo 4: Encuesta de satisfacción de usuarios respecto a la ventilación de la biblioteca de la FACING UV.

a) Respuestas de la primera pregunta de la encuesta: *"Usted es…"*

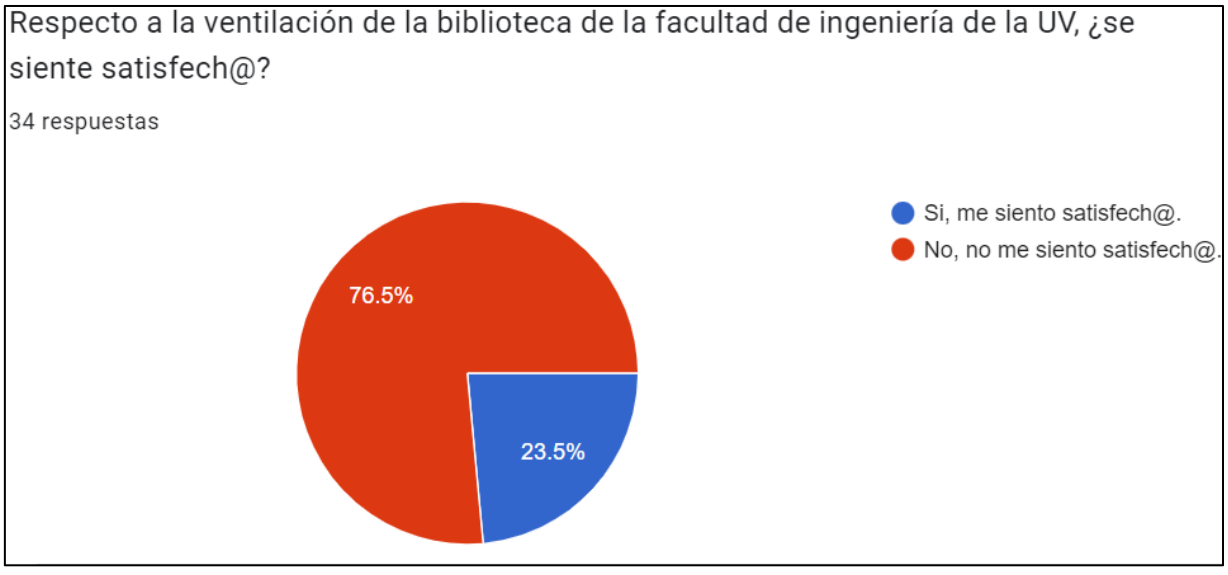


b) Respuestas de la segunda pregunta de la encuesta: *"¿Utiliza la biblioteca con frecuencia? En caso de responder "si", favor de especificar cuantos días aprox a la semana"*

- *No*
- *Si*
- *1*
- *Si, aprox 2 veces por semana*
- *Si, 1 día*
- *Si, de dos a tres días a la semana*
- *La usaba*
- *No con tanta frecuencia*
- *Últimamente no*

- *Si, 3 veces por semana*
- *utilizaba 2-3 veces por semana*
- *Sí, 2 días*
- *Si, 3 días a la semana*
- *no*
- *sí, una vez por semana*
- *sí, twice a week*
- *Si, 2 días*
- *Sí, todos los días*
- *Si, 3 días*
- *sí, 2 días*

c) Respuestas de la tercera pregunta de la encuesta: *"Respecto a la ventilación de la biblioteca de la facultad de ingeniería de la UV, ¿se siente satisfech@?"*



d) Respuestas de la cuarta pregunta de la encuesta: *"Respecto a la pregunta anterior ¿Por qué?"*

- *Se siente el aire pesado, como si no hubiera flujo de aire*
- *A veces funciona otras veces no funciona, diría que ni funciona*
- *La sensación en algunas fechas térmica en puede ser elevadas*
- *La ventilación no es suficiente*
- *Los instrumentos de ventilación no dan abasto al volumen completo de la biblioteca.*
- *Poco espacio e iluminación*
- *Siento que el aire está encerrado, y en días calurosos se hace sentir dentro de ella*
- *La ventilación existente es mínima*
- *El aire se vicia debido a que no hay un sistema de extracción*
- *Nunca sentí el aire viciado*
- *Siento que requiere mayor ventilación, se siente algo encerrado el ambiente. No me he fijado pero desconozco si cuenta con ventilación mecánica controlada (VMC) y si fuese factible realizarlo.*
- *Aire denso*
- *Porque no existe ventilación más que las ventanas que dan a la calle. Estas ventanas abatibles quedan a la altura de la vereda convirtiéndose en un peligro para quien está dentro, pero volviendo al tema de la ventilación no son una solución satisfactoria ya que el ruido emanado por la locomoción (destacando que se encuentra en una avenida concurrida) es un problema para los estudiantes que buscan concentración en el lugar de estudio.*
- *Las veces que he ido, siento que el aire no es el óptimo*
- *Siento que a veces cuando hay muchos compañeros en la biblioteca se siente pesado el ambiente*

- *Las veces que he asistido ha sido grato el ambiente*
- *Falta ventilación, es muy sofocante*
- *No me sentía sofocado cuando ocupaba la biblioteca pero solía ir cuando estaba desocupada*
- *Se siente bastante fresco*
- *Porque era cómodo estar en el interior de la biblioteca*
- *Porque el ambiente podría ser mejor*
- *Es poco amplia y no ventilada*
- *Se podría mejorar*
- *Ya que solo se utilizan ventanas que dan a la calle, con las cuales a veces tendía a hacer mucho frio. no hay más ventilación que esa*
- *Mucho calor*
- *Ya que la encuentro muy cerrada*
- *Porque no existe*
- *Hay momentos en que el aire dentro del recinto se pone denso y genera más calor, dependiendo de la cantidad de gente que esté en el interior*
- *No venden café*
- *A veces se siente agobiante el aire, en especial cuando hay varias personas*
- *Porque no he notado dicho sistema*
- *Hasta el momento cumple con lo básico*
- *Porque es un ambiente muy grato, no se siente calor y se conserva bien el silencio*
- *Es un ambiente libre ruidos y aireado*

e) Respuestas de la quinta pregunta de la encuesta: *"Si pudiese arreglar o cambiar algo, respecto a la ventilación de la biblioteca, ¿Qué seria?"*

- *Aire acondicionado*
- *Me gustaría cambiar el cómo entra y sale el aire a la biblioteca*
- *que este no tan solo en un lugar en específico si no, en toda la biblioteca y en su exterior*
- *Incorporación de sistemas de ventilación mecánicos para un mayor confort térmico*
- *Instalación de ventiladores*
- *Actualizar la tecnología de ventilación*
- *Agregar espacios que permitan un flujo de aire, o en su defecto aire acondicionado, y en el último caso ventiladores*
- *La arreglaría y haría extractores capaces para abarcar toda el área de la biblioteca*
- *Colocar ventilación, de preferencia con bajos db*
- *Instalación de un sistema de inyección y extracción de aire*
- *Existe demasiado polvo en suspensión, eso es un problema*
- *Implementar el sistema de VMC.*
- *Que la ventilación fuese mediante un sistema de ductos de extracción y renovación de aire*
- *La ventilación más que nada*
- *algunos purificadores de aire*
- *Más ventilación*
- *no se realmente xd*
- *Sería bueno un poco más de corriente de aire, no mucha*

- *Poder abrir las ventanas*
- *Que tuviera calefacción*
- *Que tenga una ventilación mejor ya que esto promueve la mejora sustancial en la calidad del aire, debido a a la acumulación de co2 en este lugar generando somnolencia por la falta de oxigeno*
- *Que la ventilación abarque la totalidad de la biblioteca, no ciertos sectores*
- *seria poner un sistema de ventilación acorde a donde está instalada la biblioteca, ya que, al estar abajo en esta existen pocas áreas de ventilación y acondicionamiento de extracción de aire acorde al ambiente, es decir, que se tenga en consideración la temperatura.*
- *Aire acondicionando*
- *cambiaria de lugar la biblioteca*
- *mejorar el sistema de ventilación, que circule más aire y se sienta fresco*
- *cafetera*
- *Aumentar el cambio de aire al interior de la biblioteca*
- *Mejorar el ambiente de recreación*
- *Mejorarla*
- *no le cambiaría nada*
- *nada*