

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera
Mecatrónica e Ingeniero Mecatrónico*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y
VENTILACIÓN DEL LABORATORIO DE SENSOPERCEPCIÓN Y CÁMARA DE
GESELL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”**

AUTORES:

ANDREA FERNANDA FIGUEROA CORDERO

RAFAEL ISRAEL LARREA GALINDO

TUTORA:

ING. OLENA LEONIDIVNA NAIDIUK, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Andrea Fernanda Figueroa Cordero con documento de identificación N° 0107527236 y Rafael Israel Larrea Galindo con documento de identificación N° 0105872600, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DEL LABORATORIO DE SENSO PERCEPCIÓN Y CÁMARA DE GESELL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Mecatrónica e Ingeniero Mecatrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.

Andrea Fernanda Figueroa Cordero

C.I. 0107527236

Rafael Israel Larrea Galindo

C.I. 0105872600

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DEL LABORATORIO DE SENSOPERCEPCIÓN Y CÁMARA DE GESELL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, realizado por Andrea Fernanda Figueroa Cordero y Rafael Israel Larrea Galindo, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2021.



Ing. Olena Naidiuk, MSc.

C.I. 0104430541

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Andrea Fernanda Figueroa Cordero con documento de identificación N° 0107527236 y Rafael Israel Larrea Galindo con documento de identificación N° 0105872600, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DEL LABORATORIO DE SENSO PERCEPCIÓN Y CÁMARA DE GESELL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2021.



Andrea Fernanda Figueroa Cordero

C.I. 0107527236



Rafael Israel Larrea Galindo

C.I. 0105872600

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios y de manera especial a mis padres quienes además de brindarme apoyo económico estuvieron en todos y cada uno de los momentos en mi vida universitaria, apoyándome e impulsándome a culminar la carrera y siendo parte de mi meta y logros obtenidos, siendo ellos pilar fundamental en mi crecimiento y formación personal y profesional. A mi hermana a quien admiro mucho por su inteligencia y determinación, quien me acompañó en los momentos más difíciles y me dio fortaleza para continuar y no rendirme en el trayecto de la carrera.

A nuestro tutor y docentes de la universidad quienes con sus enseñanzas y consejos me han formado en el ámbito educativo y académico pudiendo así realizar nuestro trabajo de titulación con éxito.

Rafael Israel Larrea Galindo

Agradezco de manera especial a mi madre Gabriela Cordero quien es mi ejemplo, por su determinación, fortaleza, amor y bondad. Ella me ha brindado su apoyo durante todo mi ámbito académico realizando innumerables sacrificios para que yo culmine mis estudios.

A mis hermanos Bruno, Ricardo, Bernarda, quienes me han motivado a no darme por vencida en momentos dolorosos.

A mis tíos Silvana, Paola, Juan Diego, Leonardo, María Eugenia, por brindarme su amor y confianza.

A mis amigos Daniel, Lisseth, Pablo, Rafael, Esteban, Anita, John, Marcia, quienes me han acompañado y brindado su afecto.

A mi tutora la Ingeniera Olena Naidiuk y profesores, por su gran apoyo durante la realización de este proyecto de titulación y en el transcurso de mi vida universitaria.

Andrea Fernanda Figueroa Cordero

DEDICATORIAS

El presente trabajo realizado con esfuerzo está dedicado de manera especial a mi abuela Alejandrina Astudillo y a mi abuelo Homero Cordero, quienes me guiaron para ser un buen ser humano brindándome su amor, sabiduría, determinación y apoyo en los momentos más difíciles. Aunque ahora ya no estén terrenalmente conmigo los tendré presentes en toda mi vida.

Andrea Fernanda Figueroa Cordero

De manera especial dedico este proyecto a una persona quien a pesar de no estar conmigo para verme avanzar con un escalón académico más en mi vida, es mi motor y mi impulso en todas las adversidades y obstáculos que se presentan en mi vida, mi padre quien fue una de las personas que más admiro y quien me ha sabido guiar y enseñar el camino correcto por el cual debo continuar mis días. A mi madre y hermana que, con su apoyo incondicional, su comprensión y ejemplo constante han sabido corregir mis pasos y es gracias a ellos que he logrado culminar mi carrera universitaria.

Rafael Israel Larrea Galindo

INDICE GENERAL

Contenido

CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIAS	VI
1. INTRODUCCION	- 9 -
2. PROBLEMA DE ESTUDIO	- 10 -
2.1. Antecedentes.....	- 10 -
2.2. Importancia y alcance	- 13 -
2.3. Delimitación.....	- 14 -
3. OBJETIVOS	- 15 -
3.1. Objetivo general.....	- 15 -
3.2. Objetivos específicos	- 15 -
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	- 16 -
4.1. Confort Térmico.....	- 16 -
4.1.1. Disipación del calor del cuerpo humano.....	- 17 -
4.1.2. Aclimatación	- 17 -
4.2. Zona de Confort	- 17 -
4.2.1. Condiciones de bienestar	- 19 -
4.3. Condiciones Ambientales	- 19 -
4.3.1. Aire Contaminado	- 19 -
4.3.2. Temperatura	- 20 -
4.3.2.1. Intercambio por Conducción.....	- 20 -
4.3.2.2. Intercambio por Convección	- 21 -
4.3.2.2.1. Convección Forzada.....	- 22 -
4.3.2.2.2. Convección Natural.....	- 22 -
4.3.2.3. Intercambio por Radiación.....	- 23 -
4.3.3. Humedad Relativa.....	- 23 -
4.3.4. Velocidad de aire	- 24 -
4.4. Ventilación.....	- 24 -
4.4.1. Especificaciones del aire	- 25 -
4.4.2. Necesidad de Ventilar un local	- 25 -
4.4.3. Ventilación forzada o mecánica	- 26 -
4.4.4. Ventilación natural.....	- 27 -
4.5. Climatización	- 28 -
4.5.1. Sistema de climatización Aire -Aire	- 28 -
4.5.1.1. Tipos de sistemas aire – aire	- 28 -

4.5.2.	Sistema de ductos.....	- 31 -
4.6.	Normativa ASHRAE	- 34 -
4.7.	Instrumentación.....	- 34 -
4.7.1.	Sensor de temperatura y humedad TS-100	- 34 -
4.7.2.	Termómetro Visual de Infrarrojos Fluke VT04A	- 35 -
4.7.3.	Medidor láser de distancia GLM15 BOSCH	- 36 -
5.	MARCO METODOLOGICO	- 37 -
5.1.	Evaluación de condiciones térmicas en el Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell - 37 -	
5.2.	Cálculos térmicos para el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell	- 39 -
5.2.1.	Coeficiente de transferencia de calor	- 41 -
5.2.1.1.	Cálculo de coeficiente de transferencia de calor para techo	- 42 -
5.2.1.2.	Cálculo de coeficiente de transferencia de calor para paredes.....	- 42 -
5.2.2.	Cálculo de cargas térmicas para paredes exteriores sometidas a radiación solar.....	- 43 -
5.2.2.1.	Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE)	- 43 -
5.2.3.	Cálculo de carga térmica por conducción en estado estable de una para pared, techo o vidrio y techo que no están sometidas a radiación solar	- 46 -
5.2.4.	Determinación de las cargas unitarias por iluminación y por aparatos electrónicos - 48 -	
5.2.4.1.	Iluminación	- 48 -
5.2.4.2.	Carga térmica en aparatos electrónicos.....	- 49 -
5.2.5.	Carga térmica en personas	- 50 -
5.2.5.1.	Carga térmica sensible	- 50 -
5.2.5.2.	Carga térmica latente	- 51 -
5.2.5.3.	Carga unitaria total por persona	- 52 -
5.2.6.	Ganancia de calor total.....	- 52 -
5.3.	Cálculo de ventilación para Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell	- 54 -
5.3.1.	Clasificación y recirculación del aire.....	- 54 -
5.3.1.1.	Clasificación de caudal de aire mínimo de ventilación en zonas de respiración . - 54 -	
5.3.2.	Ventilación en áreas	- 55 -
5.3.2.1.	Flujo de aire exterior de zona respirable	- 55 -
5.3.2.2.	Sistema de zona simple	- 56 -
5.4.	Selección de equipo de climatización y ventilación.	- 57 -
5.4.1.	Parámetros para selección de equipo	- 57 -
5.4.2.	Descripción de equipo seleccionado	- 58 -
5.5.	Diseño mecánico del sistema de climatización.....	- 60 -
5.5.1.	Especificación de zonas a climatizar y ventilar	- 61 -
5.5.2.	Diseño del sistema de climatización en cámara de Gesell	- 62 -
5.6.	Diseño de sistema eléctrico de protección para equipo eléctrico.....	- 63 -

5.7.	Simulación	- 65 -
5.7.1.	Validación de Simulación sin implementación de sistema en el Laboratorio de Sensopercepción.	- 65 -
5.7.3.	Condiciones Generales de simulación	- 72 -
5.7.3.1.	Dominio y Mallado	- 72 -
5.7.3.2.	Condiciones límite para elementos en el laboratorio de sensopercepción	- 75 -
5.7.3.3.	Condiciones límite para elementos en la Cámara de Gesell	- 80 -
5.7.4.	Resultados de simulación con implementación del sistema de climatización	- 82 -
5.7.4.1.	Laboratorio de sensopercepción.....	- 83 -
5.7.4.2.	Cámara de Gesell	- 86 -
5.7.5.	Comparación de resultados entre datos medidos y datos simulados.....	- 88 -
5.7.5.1.	Laboratorio de Sensopercepción.....	- 89 -
5.7.5.2.	Cámara de Gesell	- 90 -
5.7.6.	Selección de accesorios.....	- 92 -
5.7.6.1.	Ducto de tol galvanizado sin asilamiento.....	- 92 -
5.7.6.2.	Ducto de tol galvanizado con asilamiento	- 92 -
5.7.6.3.	Tubería de refrigeración, tipo ACR, diámetro 3/8", 5/8".....	- 93 -
5.7.6.4.	Cable de comunicación 14 AWG blindado.....	- 94 -
5.7.6.5.	Refrigerante R410A	- 95 -
5.5.4.6.	Tubería para drenaje de equipo interior	- 95 -
6.5.4.6.	Manga flexible con aislamiento 8" y 6".....	- 96 -
6.5.4.7.	Rejillas de suministro 12"x12", con damper.....	- 97 -
6.5.4.8.	Rejilla de retorno de 22"x22", sin damper	- 97 -
6.5.4.9.	Rejilla de renovación de aire, 10"x10"	- 97 -
6.5.4.10.	Control individual de pared.....	- 98 -
6.	Análisis de Simulación	- 99 -
7.	Análisis de costos	- 100 -
8.	Conclusiones y recomendaciones	- 103 -
9.	Referencias bibliográficas	- 106 -
10.	Anexos	- 110 -
	Anexos 1: Catalogo de equipo Fancoil	- 110 -
	Anexos 2: Tablero eléctrico	- 111 -
	Anexos 3: Plano del sistema de climatización y ventilación en el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell	- 116 -
	Anexos 3: Software Duct Sizer empleado para diseño de ductos.	- 119 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de la zona de confort del laboratorio de Sensopercepción	- 11 -
<i>Figura 2. Gráfico de la zona de confort de la Cámara de Gesell</i>	<i>- 12 -</i>
Figura 3. Ubicación Geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.	- 14 -
Figura 4. Zona de confort.....	- 18 -
Figura 5. Conducción de calor a través de una pared plana.....	- 21 -
Figura 6. Enfriamiento de un huevo cocido por convección forzada y natural	- 22 -
Figura 7. Intercambio por Radiación	- 23 -
Figura 8. Humedad relativa y riesgos asociados para diferentes niveles	- 24 -
Figura 9. Ventilación Mecánica.....	- 26 -
Figura 10. Ventilación Natural	- 27 -
Figura 11. Sistema aire-aire. Split Fijo	- 28 -
Figura 12. Sistema aire-aire. Split móvil.	- 29 -
Figura 13. Sistema aire-aire. Multisplit.	- 30 -
Figura 14. Sistema aire-aire. Airzone.	- 30 -
Figura 15. Tipo de derivación circular en ductos.....	- 31 -
Figura 16. Tipo de derivación rectangular de ducto	- 31 -
Figura 17. Tipos de codos rectangulares.....	- 32 -
Figura 18. Tipos de codos circulares	- 32 -
Figura 19. Distintos tipos de transformación entre conductos	- 33 -
Figura 20. Tipo de bocas, difusores y rejillas.	- 33 -
Figura 21. Sensor de temperatura y humedad.....	- 34 -
Figura 22. Termómetro Visual de Infrarrojo	- 35 -
Figura 23. Termómetro Visual de Infrarrojo	- 36 -
Figura 24. Ubicación del sensor de temperatura en el Laboratorio de Sensopercepción.....	- 37 -
Figura 25. Ubicación del sensor de temperatura en la Cámara de Gesell.....	- 37 -
Figura 26. Ubicación de paredes en el laboratorio de sensopercepción.....	- 40 -
Figura 27. Ubicación de paredes en la Cámara de Gesell.....	- 40 -
Figura 28. Equipo interior de climatización tipo fancoil	- 58 -
Figura 29. Equipo interior de climatización.....	- 59 -
Figura 30. Equipo interior de climatización.....	- 60 -
Figura 31. Laboratorio de sensopercepción.	- 61 -
Figura 32. Cámara de Gesell.....	- 61 -
Figura 33. Diseño del sistema de climatización del laboratorio de sensopercepción.	- 62 -
Figura 34. Diseño del sistema de climatización de la Cámara de Gesell.....	- 64 -
Figura 35. Tablero eléctrico de protección del sistema de climatización	- 64 -
Figura 36. Esquema de control del tablero de protección.....	- 64 -
Figura 37. Grafica de valores reales de temperatura vs valores simulados sin implementación de sistema	- 65 -
Figura 38. Función de comportamiento de temperatura en tiempo sin implementación del sistema- 66 -	- 66 -
Figura 39. Temperatura a 700s sin implementación de sistema	- 66 -
Figura 40. Temperatura a 2100s sin implementación del sistema	- 67 -
Figura 41. Temperatura a 4200s sin implementación de sistema.	- 67 -
Figura 42. Temperatura a 7000s sin implementación del sistema	- 68 -
Figura 43. Grafica de valores reales de temperatura vs valores simulados sin implementación de sistema	- 69 -
Figura 44. Función de comportamiento de temperatura en tiempo sin implementación del sistema- 69 -	- 69 -
Figura 45. Temperatura de la sala a 700s sin implementación de sistema.....	- 70 -

Figura 46. Temperatura de la sala a 2100s sin implementación de sistema.....	- 70 -
Figura 47. Temperatura de la sala a 4200s sin implementación de sistema.....	- 71 -
Figura 48. Temperatura de la sala a 7000s sin implementación de sistema.....	- 71 -
Figura 49. Dominio Laboratorio de sensopercepción	- 72 -
Figura 50. Número de nodos y elementos de mallado en el laboratorio de sensopercepción.....	- 73 -
Figura 51. Mallado Laboratorio de sensopercepción.....	- 73 -
Figura 52. Dominio Cámara de Gesell.....	- 74 -
Figura 53. Número de nodos y elementos de mallado en la cámara de Gesell.....	- 74 -
Figura 54. Mallado de la Cámara de Gesell.....	- 75 -
Figura 55. Condiciones límite para entrada de aire.....	- 75 -
Figura 56. Condiciones límite para salida de aire	- 76 -
Figura 57. Condiciones límite para equipo electrónico dado.....	- 76 -
Figura 58. Condiciones límite para equipo electrónico pared de golpes.	- 77 -
Figura 59. Condiciones límite para equipo electrónico laberinto	¡Error! Marcador no definido.
Figura 60. Condiciones límite para equipo electrónico piano.....	- 78 -
Figura 61. Condiciones límite para equipo tubo de colores.....	- 78 -
Figura 62. Condiciones límite para puerta de ingreso.....	- 79 -
Figura 63. Condiciones límite para paredes.	- 79 -
Figura 64. Condiciones límite para personas	- 80 -
Figura 65. Condiciones límite para entrada de aire.....	- 80 -
Figura 66. Condiciones límite para salida de aire	- 81 -
Figura 67. Condiciones límite para las paredes.	- 81 -
Figura 68. Condiciones límite para personas	- 82 -
Figura 69. Condiciones límite para puerta de ingreso.....	- 82 -
Figura 70. Ubicación del muestreo de temperatura en la simulación del laboratorio de sensopercepción.	- 83 -
Figura 71. Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 700 segundos.....	- 83 -
Figura 72. Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 1400 segundos.....	- 84 -
Figura 73. Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 2100 segundos.....	- 84 -
Figura 74. Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 4200 segundos.....	- 85 -
Figura 75. Flujo de aire en Laboratorio de sensopercepción	- 85 -
Figura 76. Ubicación del muestreo de temperatura en la simulación de la cámara de Gesell.	- 86 -
Figura 77. Temperatura de la Cámara de Gesell a los 700 segundos.....	- 86 -
Figura 78. Temperatura de la Cámara de Gesell a los 2100s.....	- 87 -
Figura 79. Temperatura de la Cámara de Gesell a los 4200 segundos.....	- 87 -
Figura 80. Temperatura de la Cámara de Gesell a los 7000 segundos.....	- 88 -
Figura 81. Función temperatura-tiempo Laboratorio de sensopercepción.....	- 89 -
Figura 82. Grafica de comparación entre valores de temperatura medidos y resultados de simulación en el Laboratorio de Sensopercepción.	- 89 -
Figura 83. Función temperatura-tiempo Cámara de Gesell	- 90 -
Figura 84. Gráfica de comparación entre valores de temperatura medidos y resultados de simulación en la Cámara de Gesell	- 91 -
Figura 85. Ducto de ventilación sin aislante.	- 92 -
Figura 86. Tubería ACR	- 93 -
Figura 87. Cilindro de Refrigerante R410A.....	- 95 -
Figura 88. Manga Flexible con aislamiento.....	- 96 -
Figura 89. Control Individual de Pared.....	- 98 -
Figura 90. Tramo transición.....	- 119 -
Figura 91. Tramo codo 90.....	- 119 -
Figura 92. Tramo ducto.....	- 120 -
Figura 93. Tramo transición.....	- 120 -

Figura 94. Tramo ducto.....	- 121 -
Figura 95. Manga de suministro	- 121 -
Figura 96. Tramo ducto.....	- 122 -
Figura 97. Tramo ducto.....	- 122 -
Figura 98. Tramo transición.....	- 123 -
Figura 99. Tramo ducto.....	- 123 -
Figura 100. Manga de suministro	- 124 -
Figura 101. Tramo de ducto	- 124 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestreo del Laboratorio de Sensopercepción.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Muestreo de la Cámara de Gesell.	- 12 -
Tabla 3. Requerimientos aceptables en la zona de Confort según la normativa ASHRAE	- 18 -
Tabla 4. Propiedades del Aire	- 25 -
Tabla 6. Parámetros de condiciones ambientales en el Laboratorio de Sensopercepción	- 38 -
Tabla 7. Parámetros de condiciones ambientales en la Cámara de Gesell.....	- 39 -
Tabla 8. Temperatura promedio del laboratorio de sensopercepción y Cámara de Gesell	- 41 -
Tabla 9. Tabla de conductividad térmica de algunos materiales comunes en construcción	- 42 -
Tabla 10. Parámetros para obtención del coeficiente de calor del techo	- 42 -
Tabla 11. Parámetros para obtención del coeficiente de calor de paredes.....	- 43 -
Tabla 12. Tabla de valores para el cálculo de diferencia de temperatura para carga de enfriamiento- 44	-
Tabla 13. Valores para el cálculo de diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.....	- 45 -
Tabla 14. Selección de parámetros para corrección de temperatura para pared sometida a radiación.	- 45 -
Tabla 15. Ganancia de calor del Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell de paredes exteriores.....	- 46 -
Tabla 16. Parámetros de temperatura.....	- 47 -
Tabla 17. Ganancias en paredes y techo sin someter a radiación del Laboratorio de Sensopercepción..-	- 47 -
Tabla 18. Ganancias en paredes y techo sin someter a radiación de la cámara de Gesell	- 47 -
Tabla 19. Factor de corrección de potencia en lámparas	- 48 -
Tabla 20. Ganancia térmica por iluminación en laboratorio de sensopercepción.....	- 49 -
Tabla 21. Ganancia térmica por iluminación en cámara de Gesell.....	- 49 -
Tabla 22. Tabla de potencias de equipos electrónicos en laboratorio de sensopercepción.....	- 49 -
Tabla 23. Ganancia térmica sensible por uso de espacios	- 50 -
Tabla 24. Factor de carga de enfriamiento debido al uso de cada espacio	- 50 -
Tabla 25. Carga térmica sensible de personas en laboratorio de sensopercepción	- 51 -
Tabla 26. Carga térmica sensible de personas en cámara de Gesell	- 51 -
Tabla 27. Carga térmica latente de personas en laboratorio de sensopercepción	- 51 -
Tabla 28. Carga térmica latente de personas en cámara de Gesell	- 52 -
Tabla 29. Carga térmica total por persona en laboratorio de sensopercepción.....	- 52 -
Tabla 30. Carga térmica total por persona en cámara de Gesell	- 52 -
Tabla 31. Ganancia total necesaria para selección de equipo de climatización en el laboratorio de sensopercepción.	- 53 -
Tabla 32. Ganancia total necesaria para selección de equipo de climatización en cámara de Gesell.- 53	-
Tabla 33. Clasificación del aire en función de la Normativa ASHRAE	- 54 -
Tabla 34. Caudal de aire mínimo de ventilación en zona de respiración ASHRAE.....	- 55 -

Tabla 35. Efectividad de distribución de la zona de aire ASHRAE	- 55 -
Tabla 36. Flujo requerido en el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell en base a la normativa ASHRAE	- 57 -
Tabla 37. Características de evaporadora tipo fancoil de 12,000 btu/h	- 59 -
Tabla 38. Características de evaporadora tipo fancoil 9,000 btu/h	- 60 -
Tabla 39. Error porcentual para validación de simulación sin implementación de sistema	- 65 -
Tabla 40. Error porcentual para validación de simulación sin implementación de sistema	- 68 -
Tabla 41. Valores de temperatura registrados de medición y simulación en el Laboratorio de Sensopercepción	- 89 -
Tabla 42. Valores de temperatura registrados de medición y simulación en la Cámara de Gesell..	- 91 -
Tabla 43. Características de ducto sin aislante.....	- 92 -
Tabla 44. Características de ducto con aislante	- 93 -
Tabla 45. Características de tubería de refrigeración.....	- 94 -
Tabla 46. Características de cable.....	- 94 -
Tabla 47. Características de refrigerante R410A.	- 95 -
6. Tabla 48. Características de tubería para drenaje.....	- 95 -
Tabla 49. Características de manga flexible con aislamiento	- 96 -
Tabla 50. Características de rejillas de suministro.....	- 97 -
Tabla 51. Característica de rejilla de retorno	- 97 -
Tabla 52. Característica de rejilla de retorno	- 97 -
Tabla 53. Característica de control individual	- 98 -
Tabla 54. Presupuesto de materiales y suministros.....	- 100 -
Tabla 55. Presupuesto de mano de obra.....	- 101 -
Tabla 56. Presupuesto de Maquinaria	- 102 -
Tabla 57. Presupuesto de logística.....	- 103 -
Tabla 58. Presupuesto total	- 103 -

1. RESUMEN

El proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar un Sistema de climatización y ventilación mecánicos para el área del Laboratorio de sensopercepción y la cámara de Gesell de la Universidad Politécnica Salesiana, en función de los estándares de diseño de la normativa ASHRAE y la normativa INEN. El desarrollo del diseño se elaboró en 4 etapas:

Se recolectó información necesaria para realizar un diseño adecuado, identificando los módulos electrónicos, tomas de dimensiones de la estructura de las zonas mediante el empleo de diferentes sensores para la obtención de información.

Se obtuvo información para realizar los cálculos de las cargas térmicas de cada espacio con la finalidad de seleccionar un equipo que cumpla con los requisitos de funcionamiento para garantizar las condiciones adecuadas en base a la normativa ASHRAE de climatización y ventilación.

Se seleccionó el equipo y se procedió con el diseño de ductos para los sistemas de suministro, retorno y renovación dentro de los espacios y conjuntamente la simulación del sistema para verificar el control del ambiente dentro de las zonas. Conjuntamente se realizó el diseño eléctrico de protección de los equipos, para luego escoger los accesorios y materiales eléctricos y mecánicos para la propuesta tomando en cuenta las especificaciones que se deben cumplir.

Para finalizar se realizó un análisis económico del proyecto, donde se calculó el costo de diseño, costos de ejecución y se estimó el valor presente neto para la propuesta de implementación del proyecto a futuro.

2. INTRODUCCION

En el presente proyecto investigativo se detalla la necesidad de tener ambientes controlados en función de temperatura, humedad y distribución del aire. El diseño de un sistema de ventilación y climatización debe garantizar un estado de confort térmico, control del ambiente y la reducción del número de partículas nocivas dentro de espacios.

Para el diseño del sistema de climatización y ventilación se realizó levantamiento de la infraestructura y temperaturas donde se realizó el estudio de la problemática existente. Entre las condiciones de mayor interés está el impacto negativo sobre el rendimiento de las personas al realizar distintas actividades en las áreas sin un control adecuado de temperatura y capacidad limitada que tienen los usuarios para adaptarse a las condiciones ambientales.

La utilización de equipos de vanguardia hace que cada vez sean más pequeños, estables y eficientes siendo ideales para el diseño en el laboratorio de sensopercepción y en la cámara de Gesell. Estos equipos cumplen con el principio de funcionamiento de Lord Kelvin con el fin de permitir ambientes agradables térmicamente como sanos. Los equipos de aire acondicionado trabajan por medio de un circuito frigorífico hermético que se basa en el principio de absorción y desprendimiento de calor a través un gas o refrigerante, basándose en leyes de termodinámica y la transferencia de calor.

El proyecto se desarrolla previo a las diferentes asignaturas cursadas en la Universidad Politécnica Salesiana como transferencia de calor, termo fluidos, maquinas eléctricas, sistemas CAD-CAM con finalidad de afianzar conocimientos que permitan el impulso de este diseño y así mejorar las condiciones de bienestar en los usuarios.

2. PROBLEMA DE ESTUDIO

2.1. Antecedentes

El proyecto se orienta hacia el Laboratorio de Sensopercepción de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, tiene como propósito el desarrollo psicomotriz y sensopercepciones, para brindar soporte en procesos de rehabilitación, intervención psicológica, pedagógica y educativa de niños, jóvenes, adultos mayores, personas con y sin discapacidad; y hacia la Cámara de Gesell que funciona como aula de clases para los alumnos de posgrado y maestría.

Se ha realizado pruebas de funcionamiento con los módulos encendidos en el Laboratorio de Sensopercepción dando como resultado malestar e incomodidad en los usuarios por condiciones inadecuadas de confort debido a que la infraestructura no cuenta con recirculación de aire generando malos olores por este motivo se ha visto necesario para la recolección de datos experimentales de temperatura y humedad. Es importante establecer que las mediciones se efectuaron con 15 personas dentro del espacio. En la Tabla 1 se puede observar los distintos parámetros necesarios para establecer las condiciones de funcionamiento del Laboratorio.

Tabla 1

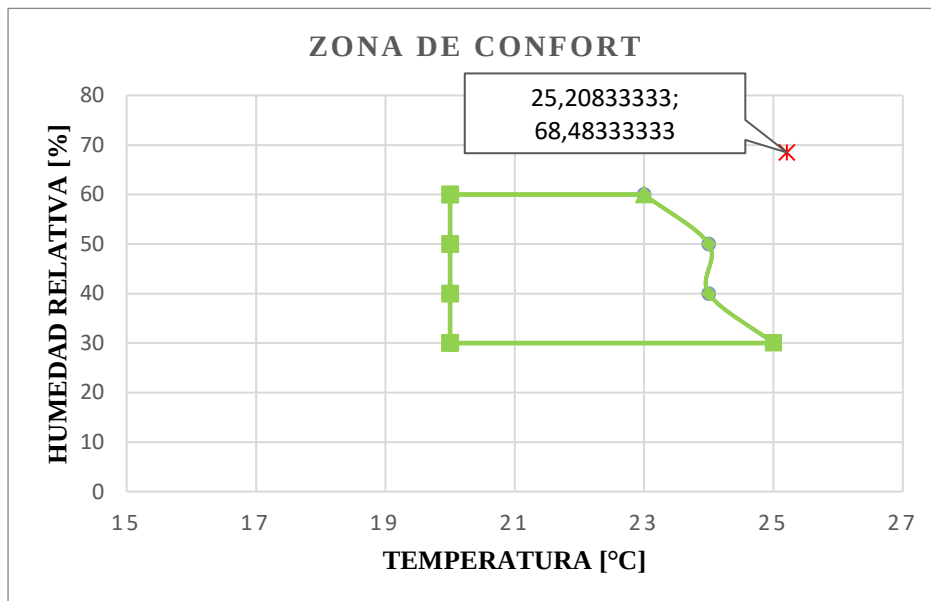
Muestreo del Laboratorio de Sensopercepción

Ítem	Tiempo (s)	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Punto de Rocío °C	Bulbo Húmedo
1	0	25	67,3	16,2	13,8
2	700	24,9	67,4	16,1	13,7
3	1400	25,1	66,7	16,2	13,7
4	2100	25	67,4	16,2	13,8
5	2800	24,9	67,5	16,1	13,8
6	3500	25,1	66,7	16,2	13,7
7	4100	25,1	69,5	16,6	14,4
8	4800	25,3	69,3	16,7	14,5
9	5500	25,1	69,1	16,5	14,3
10	6200	25,6	70,1	17,1	15
11	7000	25,7	70,1	17,1	15,1
12	7700	25,7	70,7	17,2	15,2
PROMEDIO		25,21	68,48	16,52	14,25

Fuente: Los autores.

Figura 1

Gráfico de la zona de confort del laboratorio de Sensopercepción



Fuente: Los autores.

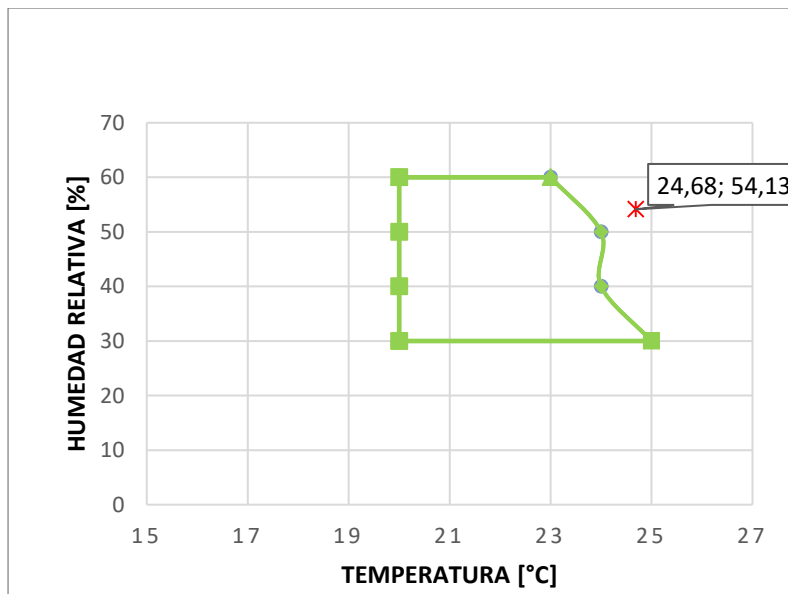
La Figura 1 del laboratorio de Sensopercepción se observa un promedio de 25,2°C y una humedad de 68,48% estado fuera de la zona de confort según la normativa ASHRAE, la cual estipula que el ser humano goza de bienestar físico, mental y social estando en un rango de temperatura entre 20°C y 23°C y con la humedad relativa entre un 40% y 60% (Confort térmico, 2020).

En la Cámara de Gesell se efectuaron pruebas de funcionamiento en las cuales se presenció malestar e incomodidad en los estudiantes, es importante establecer que no existe recirculación de aire en esta área. Realizamos un muestreo de distintos parámetros indicados en la Tabla 2 para evaluar la zona de confort en esta área.

Tabla 2*Muestreo de la Cámara de Gesell*

Ítem	Tiempo (s)	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Punto de Rocío °C	Bulbo Húmedo °C
1	0	24,6	55,43	9,5	13,4
2	700	24,3	57,7	9,8	13,4
3	1400	24,4	57,7	9,9	13,5
4	2100	24,6	55,4	9,5	13,4
5	2800	24,6	55,8	9,6	13,5
6	3500	24,8	53,6	9,2	13,3
7	4100	24,9	52,8	9	13,3
8	4800	24,6	55,8	9,6	13,5
9	5500	24,6	52,4	8,7	13,1
10	6200	24,7	50,5	8,2	12,8
11	7000	25,1	50,9	8,7	13,2
12	7700	24,6	52,4	8,7	13,1
13	8400	25,1	53,3	9,4	13,6
PROMEDIO		24,68	54,13	9,22	13,32

Fuente: Los autores.

Figura 2*Gráfico de la zona de confort de la Cámara de Gesell*

Fuente: Los autores.

En la Figura 2 se puede observar un promedio de 24,68°C y una humedad del 54,13% en la Cámara de Gesell estando fuera de la zona de confort según la normativa ASHRAE (Confort térmico, 2020).

El promedio de humedad relativa y temperatura en ambas zonas crea malestar a nivel físico como mental en los usuarios causando fatiga e impidiendo la correcta realización de sus clases por lo que es menester controlar dichos factores del ambiente para generar confort térmico en las personas mejorando el rendimiento en sus actividades. Además, la correcta ventilación en dichas zonas evitará la polución, virus y la generación de aires viciados que afectan directamente a la salud.

2.2. Importancia y alcance

El interés de este proyecto surge debido a la necesidad de realizar un diseño de climatización y ventilación para brindar mejores condiciones a los usuarios en sus respectivas clases en el Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell.

La comodidad del cuerpo humano depende principalmente de tres factores ambientales como son la temperatura que busca la comodidad térmica y elimina cualquier causa de estrés térmico, la humedad relativa siendo una medida de la capacidad del aire para absorber humedad por lo que afecta a la disipación del calor del cuerpo; por último, tenemos el movimiento del aire, el cual debe ser lo suficientemente fuerte para eliminar el calor y la humedad de la vecindad del cuerpo.

Si el aire se encuentra electrificado negativamente en espacios abiertos ayuda directamente a la salud del ser humano, en cambio sí un ambiente adquiere una gran cantidad de iones positivos produce polución y enrarecimiento ambiental generando polvo, ácaros y virus en el ambiente cerrado lo cual es dañino para las personas. Los individuos requieren respirar permanentemente aire que aporte oxígeno para su metabolismo, este aire debe poseer buena calidad y estar libre de contaminantes que reaccionen en contra de su organismo (Hidalgo y Lara, 2017).

Como se indicó, el cuerpo humano necesita de una cantidad de oxígeno permanente para su metabolismo, pero cuando las personas están en un lugar confinado los niveles de O₂ disminuyen generando cantidades anormales de CO₂, siendo lo máximo recomendado 0,1% (MIDUVI, 2011).

2.3. Delimitación

Figura 3

A map of the area around the Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. The main building is a large green rectangle labeled "Estadio de la Universidad Politécnica Salesiana..." and "Estadio Valeriano Gavinielli". It is located at the intersection of Av. Tumbucayco and Del Obrero. Other streets shown include Ave de las Américas, Barrial Blanco, Del Obrero, Calle Viena, and De Las Carreras. Surrounding businesses and landmarks include: LICORERÍA MANDINGO 24/7, Zulei Ditas, StartUPS Coworking Cuenca, Cajero Banco Del Pacifico, Electroned Cia. Ltda, Multiplaza MIRAFLORES Centro comercial, KFC - Miraflores Comida rápida - 55, Kyori, Supermaxi, AITECH, Aldoano Valeriano G., Rectificador, Talleres TEC, Solucion TODOCAR, Latoneria, Transportes Ortiz S.A, Galán Quality Seals Fast Tienda de repuestos para automotores, and Ric. The map also shows a small inset image of a stadium in the bottom left corner.

- 14 -

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de climatización y ventilación bajo la normativa ASHRAE para generar condiciones de confort en Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

3.2. Objetivos específicos

1. Determinar las condiciones ambientales, locativas de las áreas determinadas en el proyecto.
2. Diseñar el sistema de climatización y ventilación en base a la normativa ASHRAE.
3. Seleccionar controlador para el sistema de ventilación y climatización.
4. Simular el sistema de climatización y ventilación dentro de Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell mediante el empleo del software ANSYS
5. Analizar y validar resultados.
6. Especificar y seleccionar equipos, accesorios y materiales.
7. Analizar costos.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Confort Térmico

Para funcionar de manera adecuada, el cuerpo humano debe mantener en su núcleo interno una temperatura próxima a los 37 °C, independientemente de las condiciones ambientales de su entorno. Cuando una persona es capaz de conservar esa temperatura sin algún tipo de esfuerzo fisiológico es muy posible que se encuentre en un estado conocido como confort térmico, el cual expresa su satisfacción respecto a dichas condiciones (Confort térmico, 2020).

El estado de confort térmico, por naturaleza es probable que pase inadvertido. Es mucho más fácil tomar conciencia del momento en que pasamos al estado contrario, es decir la sensación de inconfort térmico. El inconfort térmico suele ser provocado por la incidencia negativa de factores relacionados tanto con el propio cuerpo como con su entorno. Cuando se presenta de manera ocasional y moderada, simplemente genera incomodidad en las personas, pero cuando se presenta de manera constante y/o intensa puede alterar los ciclos de actividad y descanso, reducir la eficiencia en el desempeño cotidiano e incluso provocar importantes trastornos de salud (Confort térmico, 2020).

Se puede definir confort térmico “el estado mental que expresa la satisfacción con el entorno” (ASHRAE, 2013, p. 1) esta definición concuerda con la normativa ISO 7730 donde se define al confort térmico como ‘una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico’. Además, es crucial determinar la dependencia del confort con base en factores físicos, sociales y psicológicos de las personas (Hidalgo y Lara, 2017; MIDUVI, 2011).

La normativa ecuatoriana de construcción considera un rango térmico aceptable de temperatura está en 18 °C a 24 °C discrepando de los parámetros de la normativa Ashrae debido a la diversidad climática que existe en nuestro país el término se lo considera como ‘confort adaptativo’ obteniendo los rangos de 25 °C y humedad 90% para la sección Costa y Amazonía; en la sierra rangos de 16 °C y humedad del 75% (Hidalgo y Lara, 2017).

4.1.1. Disipación del calor del cuerpo humano

El metabolismo influye directamente en la disipación de calor de las personas además existen factores ambientales que se transfieren en el aire y están en contacto con el cuerpo humano para mantener una temperatura (González y Fernando, 2018).

Los mecanismos con los cuales las personas ganan o pierden calor son los siguientes:

- Conducción: Esta en contacto directo con una superficie la cual está a diferente temperatura.
- Convección: Cuando un fluido entra en contacto con el cuerpo solido a diferente temperatura.
- Radiación: Cuando un cuerpo caliente irradia calor a un cuerpo de menor temperatura (Roing, 2007).

4.1.2. Aclimatación

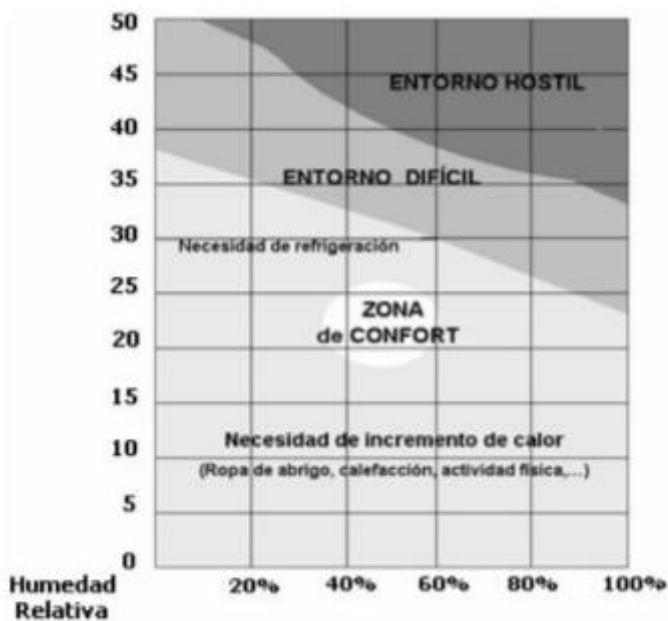
Expuesto a nuevas condiciones ambientales, una persona es capaz de aclimatarse, es decir, acostumbrarse a ellas, en un periodo relativamente corto. Durante este tiempo las preferencias térmicas cambian. Por ejemplo, una persona que reside en Bogotá puede preferir una temperatura de 20 °C, pero después de pasar unos meses en la ciudad de Cartagena de Indias es posible que prefiera una temperatura de 24 °C. Esta capacidad de aclimatación del ser humano es una de las razones por las que ha podido adaptarse a los más variados climas terrestres, algunos de ellos realmente extremos. (Torres y Castañeda, 2010).

4.2. Zona de Confort

La temperatura y la humedad relativa se encuentran vinculadas directamente debido a que mayor sea el índice de temperatura en el ambiente genera un incremento de humedad en el ambiente. Por esta razón cuando se busca una zona de confort para el ser humano estas variables deben ser controladas (Duque et al., 2017).

Figura 4

Zona de confort



Fuente: (Duque et al., 2017).

Tabla 3

Requerimientos aceptables en la zona de Confort según la normativa ASHRAE

Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
30	20	25
40-50	20	24
60	20	23

Fuente: (Duque et al., 2017).

Para que las personas se encuentren bajo una sensación de confort y bienestar físico es necesario estar el rango temperatura de 21°C a 23 °C y una humedad relativa entre 40% y 60%. En la tabla 3 se visualizan parámetros de temperatura y humedad que se deberán establecer en el diseño de ventilación y climatización (Duque et al., 2017).

4.2.1. Condiciones de bienestar

Uno de los requisitos fundamentales de la arquitectura es ofrecer a las personas ambientes adecuados para vivir trabajar y desarrollarse. El término “ambientes adecuados” es bastante amplio y en buena medida subjetivo pues abarca aspectos físicos, psicológicos, sociales e incluso estéticos. Lo que es necesario reconocer es que los edificios deberían ofrecer a sus ocupantes unas condiciones ambientales óptimas. Esas condiciones están relacionadas con el manejo de la luz y el sonido, pero sobre todo con factores asociados al ambiente térmico como la temperatura, la humedad y el movimiento del aire.

En la actualidad el crear un ambiente térmicamente confortable en la edificación, es uno de los parámetros más importantes considerados al diseñar edificios, no solo para buscar una habitabilidad térmica de los habitantes, sino también para buscar reducir el consumo de energía en el edificio durante su periodo de vida (Torres y Castañeda, 2010).

4.3. Condiciones Ambientales

Los tres factores fundamentales para el bienestar físico y mental del ser humano corresponden a la temperatura, humedad y ventilación. En el siguiente punto se describirán a detalle estos factores para una mejor comprensión.

4.3.1. Aire Contaminado

Se describe como la presencia de gases o partículas que enrarecen el ambiente generando que la salud del ser humano sea afectada, los contaminantes más comunes en el aire son los siguientes.

- Bacterias: afectan directamente a las vías de respiración generando enfermedades como neumonía y tuberculosis.
- Hongos se genera usualmente por el deterioro de materiales de la edificación, o de equipos.
- Toxinas sustancias generadas por microorganismos como hongos, plantas y animales, las cuales pueden ser nocivas para otros seres vivos. Estas sustancias se propagan con el aire y cuando se mezclan con el aire llegan al sistema respiratorio causando enfermedades.

- Materiales de Construcción, polvos y otras partículas, estas partículas asientan en las superficies creando capas y cuando son sacudidas entran directamente en contacto con las personas (González y Fernando, 2018).

4.3.2. Temperatura

La temperatura es una magnitud física que mide la energía térmica de una sustancia, también deriva de la idea para definir el equilibrio térmico de un cuerpo. La energía térmica se basa en el movimiento de las partículas; cuando un cuerpo tiene un índice de temperatura alto se refiere a que sus átomos se mueven a una mayor velocidad. A Pesar de que la temperatura y el calor son conceptos relacionados son diferentes puesto que la temperatura es una propiedad del cuerpo y el calor es una forma de energía en la que se puede transferir de un sistema a otro (Inzunza, 2006; Rodríguez, 2016; Belendez, 2017).

El calor disipado por el ser humano se genera debido a las actividades metabólicas dentro de este, el calor que se produce varía en función de la actividad física, edad, género y talla corporal. El calor producido por el cuerpo se ve afectado por el ambiente que se encuentre en contacto con el cuerpo humano (Belendez, 2017).

El calor se puede transferir en tres modos diferentes estos necesitan de la existencia de diferentes temperaturas y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja (Roing, 2007).

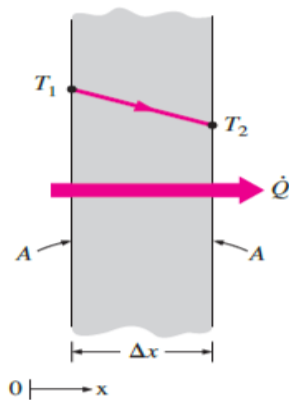
4.3.2.1. Intercambio por Conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas en una sustancia hacia las partículas adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre dichas partículas. El intercambio por conducción en líquidos y gases se debe a la coalición y a la difusión de moléculas en movimiento aleatorio, mientras en los sólidos por medio de vibraciones de las moléculas en una casilla y al transporte de energía por parte de los electrones (Roing, 2007).

La razón de conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de este, su espesor y el material del que esté hecho, así como la diferencia de temperatura a través de él (Roing, 2007).

Figura 5

Conducción de calor a través de una pared plana



Fuente: (Roing, 2007)

$$\dot{Q} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

$\dot{Q}$ es la razón de conducción de calor

A es el área del cuerpo

Δx es el espesor del cuerpo

ΔT es la diferencia entre temperaturas

k es la conductividad termica del material

4.3.2.2. Intercambio por Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento del fluido. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Roing, 2007).

4.3.2.2.1. Convección Forzada

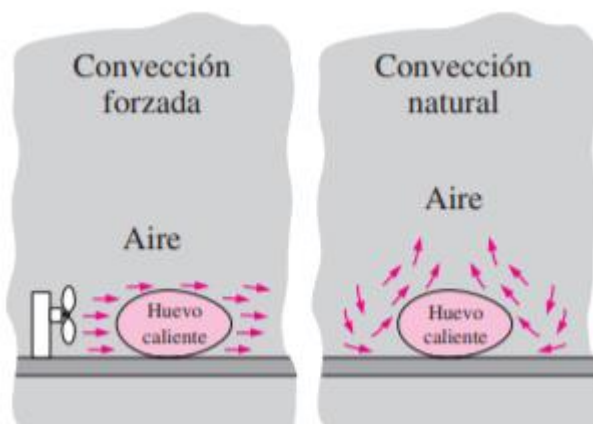
Si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento (Roing, 2007).

4.3.2.2.2. Convección Natural

Si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido (Roing, 2007).

Figura 6

Enfriamiento de un huevo cocido por convección forzada y natural



Fuente: (Roing, 2007)

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \quad (2)$$

$\dot{Q}_{conv}$ es el coeficiente de transferencia de calor por convección

h es el coeficiente de transferencia de calor por convección

A_s es el área superficial

T_s es la temperatura de la superficie

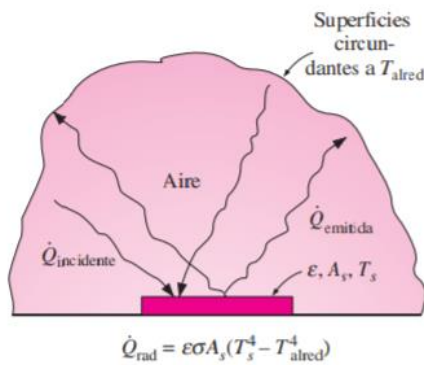
T_{∞} es la temperatura del fluido

4.3.2.3. Intercambio por Radiación

Cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas de la materia producen energía, lo cual se conoce como radiación. La transferencia de calor por radiación no sufre atenuación en un vacío (Roing, 2007)

Figura 7

Intercambio por Radiación



Fuente: (Roing, 2007)

$$\dot{Q}_{emitida} = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{alred}^4) \quad (3)$$

$\dot{Q}_{emitida}$ es el coeficiente de transferencia de calor por radiación

ϵ es la emisivilidad de la superficie

σ es la obsortividad

A_s es el área superficial

T_s^4 es la temperatura termodinámica

T_{alred}^4

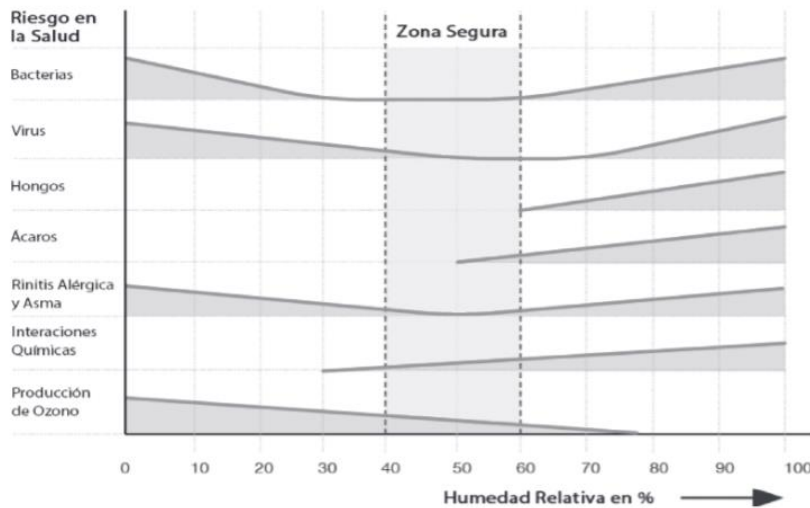
4.3.3. Humedad Relativa

La humedad relativa tiene un efecto considerable sobre el confort, ya que es una medida de la capacidad del aire para absorber humedad, afecta directamente a la cantidad de calor que un cuerpo puede disipar por evaporación. La humedad relativa elevada retarda el rechazo de calor por evaporación, en especial a altas temperaturas, y la baja humedad lo acelera (Roing, 2007).

El nivel de humedad relativa se encuentra en el rango de 30% a 70%, pero para que las personas no sientan calor ni frío es recomendable que se encuentre en 50% debido a que en este rango no es necesario que el cuerpo active algún mecanismo (Roing, 2007).

Figura 8

Humedad relativa y riesgos asociados para diferentes niveles



Fuente: (Duque et al., 2017)

4.3.4. Velocidad de aire

La velocidad del aire interfiere en forma directa en el balance térmico y en la sensación térmica, ya que, según sea la velocidad, variara la capa de aire sirviendo como aislante y aumentara la evaporación del sudor.

El rango de medida de acuerdo a la norma ISO7726 se extiende de 0.05 m/s a 2 m/s. La exactitud exigida es del 5% al medirse como el valor medio de 1 o 3 minutos. Existen dos tipos de instrumentos para medir la velocidad del aire: Los anemómetros de aspas giratorias y los termo anemómetros (Angamarca y Eduard, 2017)

4.4. Ventilación

La ventilación en una edificación es necesaria para alcanzar el confort térmico, optimizar la durabilidad de los materiales y potenciar los ambientes saludables. La buena transformación del aire en cualquier construcción es decisiva para el proceso de reposición de oxígeno, eliminación de olores desagradables y contaminantes. (Spain, 2007) (Morochó y Juárez, 2015). “Instalaciones de ventilación se encargan de extraer o introducir aire nuevo en un ambiente o zona interior, evitando la formación de ambientes insalubres” (Grote, 2012, p 18-25)

4.4.1. Especificaciones del aire

Como se estableció anteriormente el aire es primordial para la vida, por esta razón es importante conocer y entender que elementos lo componen y cuáles son sus propiedades. Por lo tanto, en la Tabla 4 se describen propiedades del aire.

Tabla 4

Propiedades del Aire

Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Menos peso que el agua.	
Menor densidad que el agua.	
Volumen indefinido.	Reacciona en función de la temperatura.
No existe en el Vacío.	Su composición se basa en una gran cantidad de elementos.
Incoloro, Inodoro e Insípido.	

Fuente: (Intensity, 2015).

4.4.2. Necesidad de Ventilar un local

El objetivo principal de la ventilación es el intercambio de aire poco deseable por otro de mejor calidad. Este proceso supone renovar, remover y expulsar para mantener la calidad del aire interno, asegurando la salud de los residentes y mejorando el funcionamiento y conservación del inmueble (Intensity, 2015).

Para hacer esto posible, debemos diseñar un sistema que se base en cuenta algunos principios:

- El flujo de aire que entra debe ser igual al flujo que sale.
- El aire debe circular desde las áreas secas, como salas, dormitorios y comedores, hacia los lugares húmedos, como cocinas, baños, laboratorios y habitaciones con emisiones contaminantes significativas.
- Las áreas con varias funcionalidades deben disponer de aberturas en cada zona destinada a un uso diferente.
- Estos principios deben ser analizados en conjunto con las características particulares del proyecto para escoger un sistema de ventilación adecuado (Intensity, 2015)

4.4.3. Ventilación forzada o mecánica

Se llama ventilación forzada cuando se realiza a través de la creación artificial de presiones en los conductos de distribución de aire. Se puede conseguir mediante el uso de ventiladores, extractores y/o unidades de tratamiento de aire (Intensity, 2015).

Un ambiente cerrado sin ventanas o entradas de aire necesita de este tipo de ventilación, ya que reemplaza el requerimiento de fuentes naturales de ventilación necesarias para crear un ambiente seguro para las personas, en la Tabla 5 se observan los requerimientos de aire fresco según la normativa 62-1989. Este tipo de ventilación ayuda con el proceso de remoción de contaminantes de una manera continua.

Tabla 5

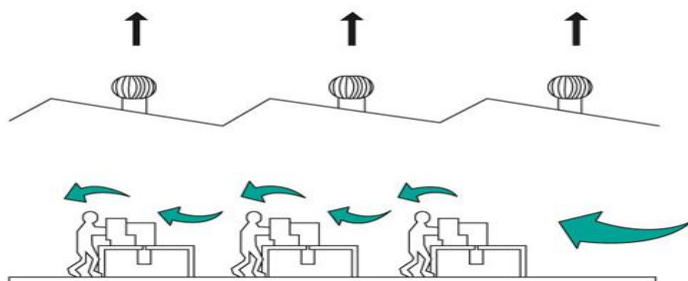
Requerimiento aire fresco en edificaciones ASHRAE 62-1989

Requerimiento por persona	Salones de clase, bibliotecas, supermercados	Comedores, sala de conferencias, oficinas.	Sala de hospitales	Cuarto de hotel	Sala de descanso	Almacenes de ventas por m ²	Edificios Residenciales Ca/h
L/s	8	10	13	15	30	1,0-1,5	0,35 -7,5
ft ³ /min	15	20	25	30	60	0,2-0,3	15

Fuente: (Roing, 2007)

Figura 9

Ventilación Mecánica



Fuente: (Intensity, 2015)

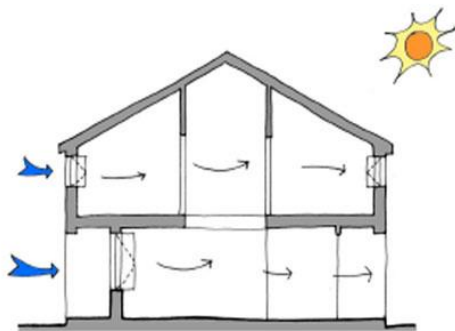
4.4.4. Ventilación natural

La renovación del aire se produce por la actividad del viento. No se involucran energías externas o artificiales, por lo que generalmente se diseñan aberturas en la edificación que comunican con el ambiente exterior (Intensity, 2015).

A diferencia de los sistemas mecánicos de ventilación, deben ser diseñados con el inmueble, ya que los componentes y diseño estructural pueden reducir o incrementar el movimiento del aire. (Intensity, 2015)

Figura 10

Ventilación Natural



Fuente: (Intensity, 2015).

Ventajas:

- Sirve como estrategia bioclimática para la expulsión del sobrecalentamiento y la disminución de la sensación de calor en periodos de alta temperatura.
- Soluciona los ruidos provocados por los sistemas de ventilación forzada.
- No demanda energía eléctrica.
- Demanda muy poca mantención (Intensity, 2015).

Desventajas:

- Es difícil regular el aire, ya que depende de las condiciones climatológicas y de la superficie de los agujeros de comunicación con el exterior.
- La cuantificación de sus efectos en la etapa de diseño es compleja.
- Es muy sensible a los vientos, la variación térmica y las pérdidas energéticas.

- Usa conductos verticales, de dimensiones relativamente importantes.
- Las aberturas en las fachadas pueden ser poco estéticas (Intensity, 2015).

4.5. Climatización

El objetivo de un sistema de aire acondicionado es permitir que las condiciones térmicas de un determinado recinto o área sean controladas por los usuarios de dichos espacios, con esto se mantienen condiciones aceptables en el espacio ambiental del edificio. (Martínez, 2015).

4.5.1. Sistema de climatización Aire -Aire

Estos son los más comunes utilizados en el caso de la construcción residencial, los comercios, entidades bancarias, etc. (OVACEN, 2012).

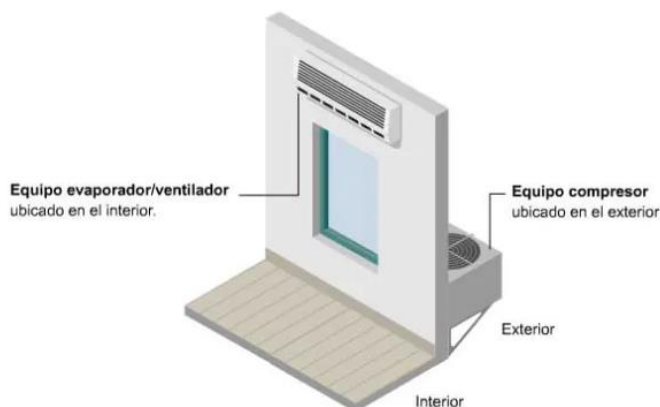
Estas instalaciones se aprecian mucho en cielo falsos y muros conectados a difusores de aire y conductos colocando una unidad exterior unida normalmente por tuberías de cobre aisladas con los desagües adecuados. En un principio también los podíamos encontrar instalados en las ventanas, con la parte externa intercambiando el calor. (OVACEN, 2012)

4.5.1.1. Tipos de sistemas aire – aire

- Split fijo: El más demandado y económico del mercado debido a su fácil instalación y mantenimiento (OVACEN, 2012).

Figura 11

Sistema aire-aire. Split Fijo

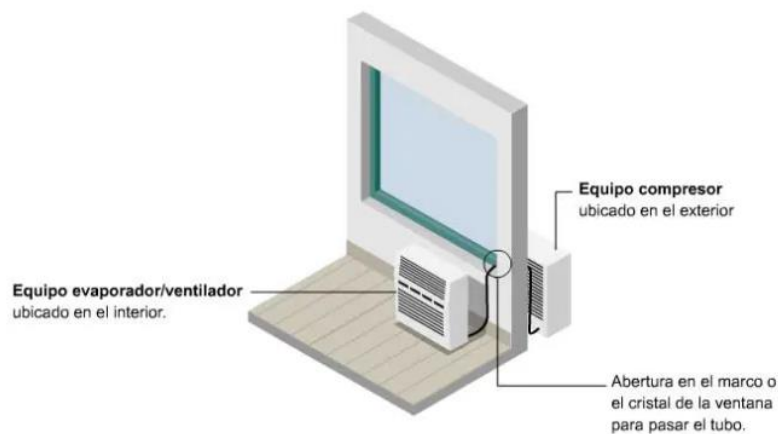


Fuente: (OVACEN, 2012)

- Split móvil: Llamado así ya que se puede mover o trasladar de habitación, además su instalación no requiere la intervención de un profesional. Sin embargo, la gama de potencias es definida y consume mucha energía. Se aconseja su instalación cuando la complejidad de la misma hace inviable otro tipo de climatizador (OVACEN, 2012).

Figura 12

Sistema aire-aire. Split móvil

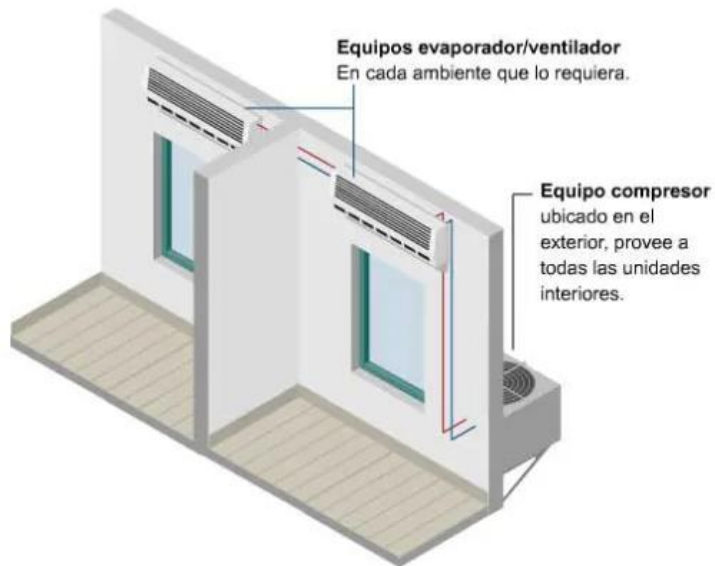


Fuente: (OVACEN, 2012)

- Multisplit: Se define como un sistema Split con varias unidades interiores, esto permite climatizar todo el recinto(recomendable en edificaciones de más de 100 metros cuadrados y en urbanizaciones o condominios ubicados en zonas de climas muy calurosos) (OVACEN, 2012).

Figura 13

Sistema aire-aire. Multisplit

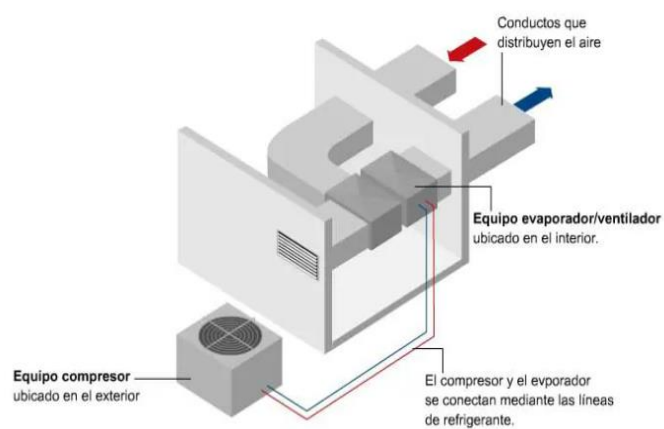


Fuente: (OVACEN, 2012)

- Airzone: Sin duda la mejor opción cuando hay más de una habitación a climatizar. Un sistema centralizado distribuye el frío mediante conductos, dispone de un termostato que abre o cierra el paso del aire en función de la habitación. (OVACEN, 2012).

Figura 14

Sistema aire-aire. Airzone



Fuente: (OVACEN, 2012)

4.5.2. Sistema de ductos

- Conductos:

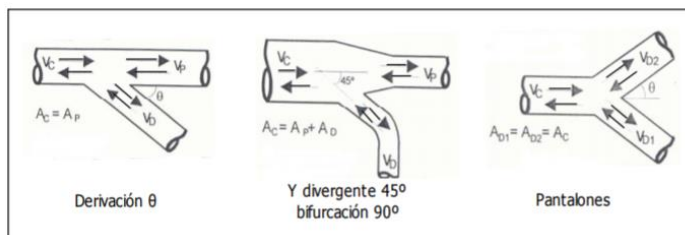
Los conductos de aire puede ser circulares o rectangulares, estos deben ser de un material que no propague el fuego, no desprendan gases tóxicos en caso de incendio y resistencia las vibraciones generadas por el paso del aire en su interior. En su mayoría los ductos están fabricados por acero galvanizado o de materiales aislantes (Confort térmico, 2020).

- Derivaciones:

Las derivaciones son accesorios que se emplean para bifurcar conductos con el objeto de distribuir el flujo en la figura 15 y 16 se puede observar diferentes derivaciones (Confort térmico, 2020).

Figura 15

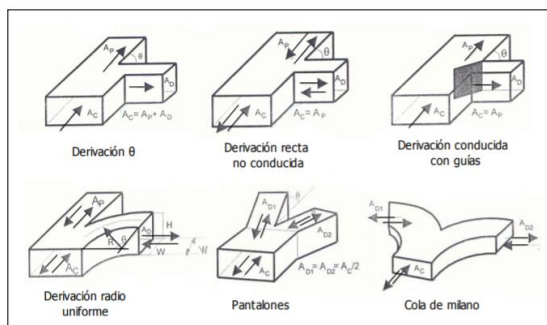
Tipo de derivación circular en ductos



Fuente: (Confort térmico, 2020)

Figura 16

Tipo de derivación rectangular de ducto



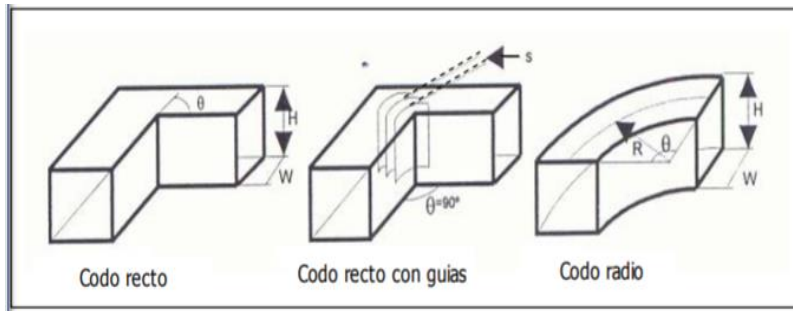
Fuente: (Confort térmico, 2020)

- Codos:

Son elementos utilizados con el objeto de modificar la dirección del flujo, existen distintos tipos de codos como se puede observar en la figura 17 y figura 18 (Confort térmico, 2020).

Figura 17

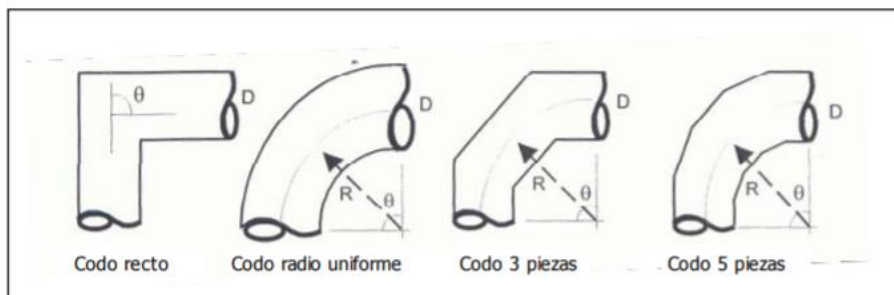
Tipos de codos rectangulares



Fuente: (Confort térmico, 2020)

Figura 18

Tipos de codos circulares



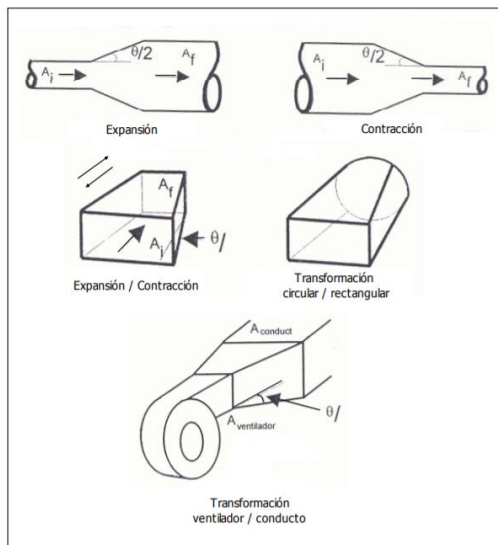
Fuente: (Confort térmico, 2020)

- Transformaciones:

Se utilizan transformaciones o transiciones con la finalidad de unir ductos de diferente forma o sección recta. La pendiente más recomendada para reducir la sección del ducto es del 15%. En el caso de no sea posible llegar al 15% se puede aumentar la inclinación hasta un 25%. Si el flujo y los ductos disminuyen de manera gradual se denomina contracción esta produce un incremento de velocidad y una disminución de presión a la salida (Confort térmico, 2020).

Figura 19

Distintos tipos de transformación entre conductos



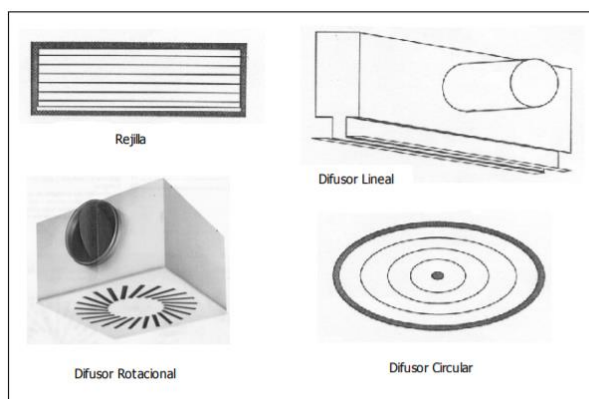
Fuente: (Confort térmico, 2020)

- **Compuertas y Bocas:**

Son elementos conectados por medio de mangas con el ducto para la difusión de aire. Las rejillas cuentan con láminas fijas o móviles en la Figura 20 se pueden observar los tipos de difusores (Confort térmico, 2020).

Figura 20

Tipo de bocas, difusores y rejillas



Fuente: (Confort térmico, 2020)

4.6. Normativa ASHRAE

Fue creada en 1959 con la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. ASHRAE es una asociación de tecnología que se enfoca en los sistemas de edificios con la finalidad de mejorar la eficiencia energética, la calidad del aire y la sostenibilidad dentro de la industria, mediante la creación de normativas (ASHRAE, 2013).

4.7. Instrumentación

4.7.1. Sensor de temperatura y humedad TS-100

Figura 21

Sensor de temperatura y humedad



Fuente: (CPS, 2014)

El sensor TS-100 es empleado como una herramienta portable, inalámbrica y pequeña, su alta eficacia y precisión en la medición de parámetros la hace de gran utilidad para medir parámetros como Temperatura de bulbo, sensación térmica, humedad y punto de rocío. El equipo se vincula por medio de Bluetooth Smart de forma inalámbrica con el teléfono, Tablet o reloj inteligente para la transferencia de datos por lo que la obtención de estos datos es de fácil acceso (CPS, 2014).

Características:

- La herramienta cancela 20000 lecturas de temperatura y humedad que se puede cargar en un dispositivo.

- El equipo envía informes profesionales personalizados por correo electrónico.
- Carcasa robusta y resistencia a la intemperie (CPS, 2014).

4.7.2. Termómetro Visual de Infrarrojos Fluke VT04A

Figura 22

Termómetro Visual de Infrarrojo



Fuente: (Fluke, 2015).

El termómetro posee marcadores de punto caliente y frío para que sea más sencilla la verificación de los puntos con mayor y menor temperatura. Además, el dispositivo cuenta con alarmas de temperatura y funciones de monitoreo automático que identifican problemas intermitentes con la temperatura (Fluke, 2015).

Características:

- Función de imagen visual y mapa de infrarrojo para identificar la ubicación exacta del posible problema mediante la función de la imagen visual con la superposición del mapa infrarrojo.
- Tamaño pequeño siendo cómodo para el operario del dispositivo
- Baterías AA para alimentación del equipo (Fluke, 2015).

4.7.3. Medidor láser de distancia GLM15 BOSCH

El láser permite tomar medidas exactas es de fácil manipulación y su tamaño facilita el trabajo en obras o lugares de construcción al usuario. El dispositivo tiene posee un alto índice de resistencia a caídas (Bosch, 2019).

Figura 23

Termómetro Visual de Infrarrojo



Fuente: (Bosch, 2019).

Características:

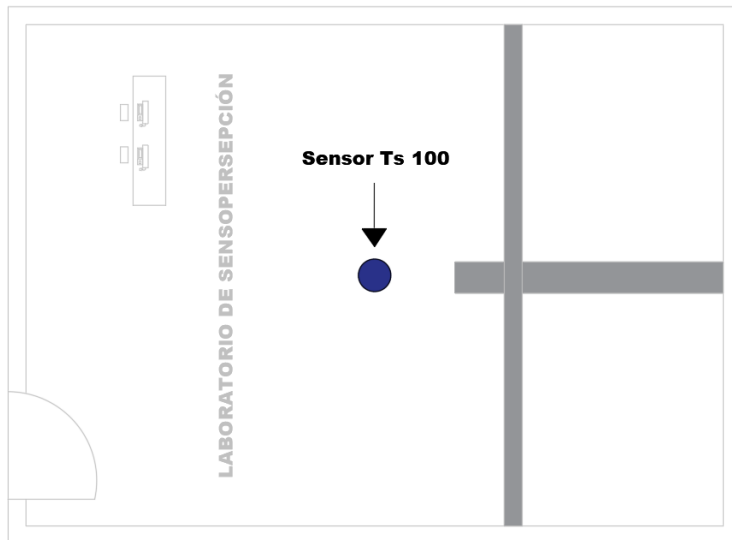
- Rapidez para la obtención de medidas en cuestión de segundos.
- Alimentación de 2 X 1,5 V LR03 (AAA).
- Peso aproximado de 0,1 kg.
- Precisión de medición 3mm (Bosch, 2019).

5. MARCO METODOLOGICO

5.1. Evaluación de condiciones térmicas en el Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell

Figura 24

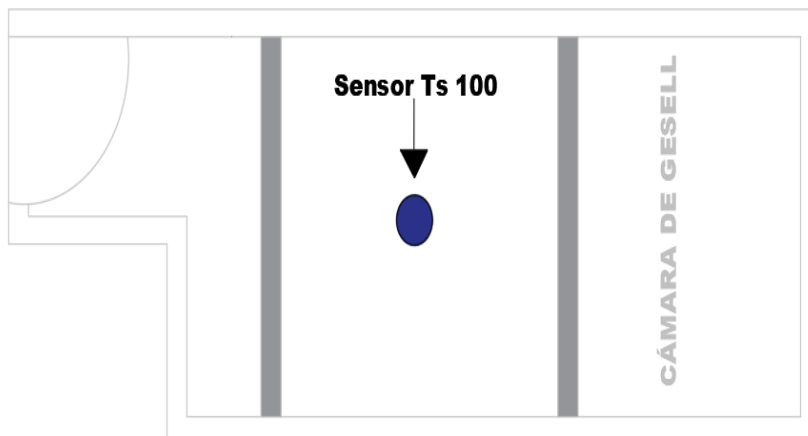
Ubicación del sensor de temperatura en el Laboratorio de Sensopercepción



Fuente: (Los Autores).

Figura 25

Ubicación del sensor de temperatura en la Cámara de Gesell



Fuente: (Los Autores).

Para las mediciones se procedió a colocar el sensor TS 100 en el centro de las áreas a diseñar los sistemas de ventilación y climatización, con la finalidad de obtener datos cada 11 minutos de las variables como son temperatura, humedad, punto de rocío. Es importante establecer que la toma de mediciones se realizó con la presencia de 15 personas dentro de las distintas áreas para obtener datos aproximados con la cantidad de ocupantes de los espacios, en la Tabla 5 y Tabla 6 se pueden observar los valores de las variables que sirven para establecer parámetros para la simulación y diseño de los sistemas.

Tabla 5

Parámetros de condiciones ambientales en el Laboratorio de Sensopercepción

Ítem	Tiempo (s)	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Punto de Rocío °C	Bulbo Húmedo
1	0	25	67,3	16,2	13,8
2	700	24,9	67,4	16,1	13,7
3	1400	25,1	66,7	16,2	13,7
4	2100	25	67,4	16,2	13,8
5	2800	24,9	67,5	16,1	13,8
6	3500	25,1	66,7	16,2	13,7
7	4100	25,1	69,5	16,6	14,4
8	4800	25,3	69,3	16,7	14,5
9	5500	25,1	69,1	16,5	14,3
10	6200	25,6	70,1	17,1	15
11	7000	25,7	70,1	17,1	15,1
12	7700	25,7	70,7	17,2	15,2
PROMEDIO		25,21	68,48	16,52	14,25

Fuente: (Los Autores).

Tabla 6*Parámetros de condiciones ambientales en la Cámara de Gesell*

Ítem	Tiempo (s)	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Punto de Rocío °C	Bulbo Húmedo °C
1	0	24,6	55,43	9,5	13,4
2	700	24,3	57,7	9,8	13,4
3	1400	24,4	57,7	9,9	13,5
4	2100	24,6	55,4	9,5	13,4
5	2800	24,6	55,8	9,6	13,5
6	3500	24,8	53,6	9,2	13,3
7	4100	24,9	52,8	9	13,3
8	4800	24,6	55,8	9,6	13,5
9	5500	24,6	52,4	8,7	13,1
10	6200	24,7	50,5	8,2	12,8
11	7000	25,1	50,9	8,7	13,2
12	7700	24,6	52,4	8,7	13,1
13	8400	25,1	53,3	9,4	13,6
PROMEDIO		24,68	54,13	9,22	13,32

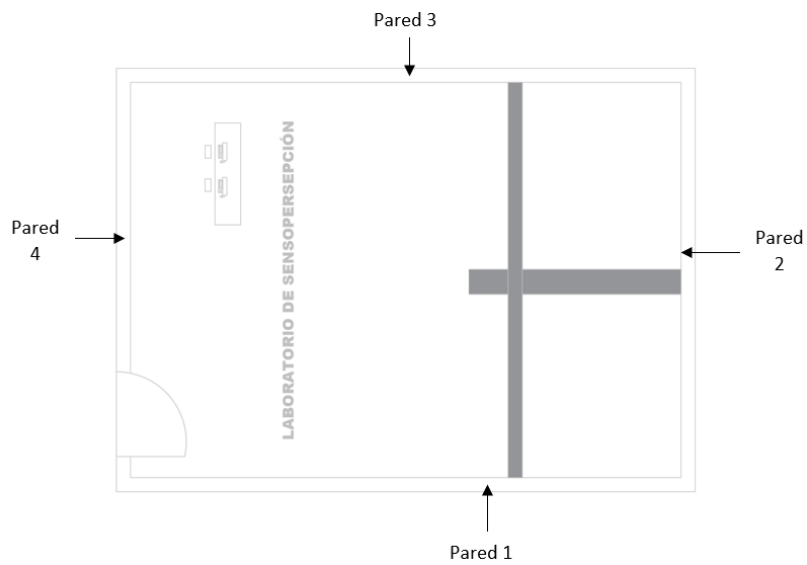
Fuente: (Los Autores).

5.2. Cálculos térmicos para el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell

Para tener referencia en las figuras 26 y 27 se presentan los esquemas de ubicación de las paredes tanto del laboratorio de sensopercepción como de la cámara de Gesell.

Figura 26

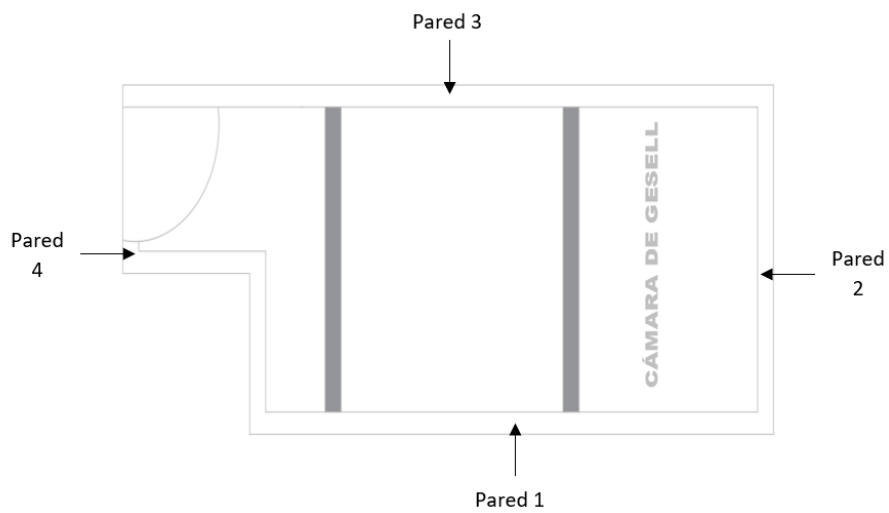
Ubicación de paredes en el laboratorio de sensopercepción.



Fuente: (Los Autores).

Figura 27

Ubicación de paredes en la Cámara de Gesell.



Fuente: (Los Autores).

Mediante la obtención de los distintos parámetros a partir de mediciones con la instrumentación necesaria se procedió a realizar un promedio de las temperaturas obtenidas en cada área como se visualiza en la Tabla 7.

Tabla 7

Temperatura promedio del laboratorio de sensopercepción y Cámara de Gesell

Laboratorio de sensopercepción	Cámara de Gesell
25,21 °C	24,68 °C

Fuente: (Los Autores).

5.2.1. Coeficiente de transferencia de calor

Para una pared plana o un techo compuesto de capas de material de construcción e incluyendo películas de aire de superficie y espacios de aire internos, el área es constante. Cuando salen una o más capas no uniformes, se debe considerar el flujo de calor paralelo. El área, todavía se toma como un área constante total y se calcula a partir de planos arquitectónicos (ASHRAE, 2016).

El cálculo de coeficiente de transferencia de calor se obtiene de la siguiente formula (ASHRAE, 2016):

$$U = \text{Coeficiente de transferencia de calor} = \frac{1}{x_t R_t} \left[\frac{W}{m^2 \text{°C}} \right] \quad (4)$$

Donde:

X_t = distancia transversal de la capa de material

$$R_t = \text{suma de resistencias termicas} = \frac{1}{k}$$

k = Coeficiente de conductividad termica

Tabla 8*Tabla de conductividad térmica de algunos materiales comunes en construcción*

Material	Conductividad térmica
Hormigón	1,63
Yeso	0,26
Aire	0,02
Bloque	0,09
Esponja	0,026
Aire	0,026

Fuente: (Goldsack, 2012).

5.2.1.1. Cálculo de coeficiente de transferencia de calor para techo

En la Tabla 9 se puede observar los parámetros para obtención del coeficiente de calor del techo.

Tabla 9*Parámetros para obtención del coeficiente de calor del techo.*

Materiales	K (W/m°C)	X (m)	R
Losa	1,63	0,25	0.61
Aire	0,02	1	50
Cielo Falso	0,26	0,01	3.84

Fuente: (ASHRAE, 2016).

$$U_t = \frac{1}{X1R1 + X2R2 + X3R3} \quad (5)$$

$$U_t = \frac{1}{(0.25 * 0.61) + (1 * 50) + (0.01 * 3.84)}$$

$$U_t = 0.02 \frac{W}{m^2 \text{°C}}$$

5.2.1.2. Cálculo de coeficiente de transferencia de calor para paredes

En la Tabla 10 se pueden observar los parámetros para obtención del coeficiente de calor para paredes.

Tabla 10

Parámetros para obtención del coeficiente de calor de paredes.

Materiales	K (W/m ² °C)	X (m)	R
Concreto	1,63	0,015	0,61
Bloque	0,09	0,3	11.11
aislante esponja	0,026	0,12	38.46

Fuente: (Goldsack, 2012).

$$U_{pd} = \frac{1}{X1R1 + X2R2 + X3R3} \quad (5)$$

$$U_{pd} = \frac{1}{(0.015 * 0.61) + (0.3 * 11.11) + (0.12 * 38.46)}$$

$$U_{pd} = 0.12 \frac{W}{m^2 \text{°C}}$$

5.2.2. Cálculo de cargas térmicas para paredes exteriores sometidas a radiación solar

Para nuestro cálculo de cargas térmicas en paredes exteriores sometidas a radiación solar tenemos una pared exterior tanto para el laboratorio de senso percepción como para la cámara de Gesell.

5.2.2.1. Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE)

Para realizar el cálculo de la DTCE se considera el coeficiente de corrección para latitud, y mes (LM), corrección debido al color de la superficie (K), factor de corrección para ventilación de cielo raso (f=0,75 en el caso que exista cielo raso, para los demás casos ocupar f=1). A continuación, la ecuación de cálculo (ASHRAE, 2016):

$$DTCEe = [(DTCE + LM) * K + (78 - tr) + (to - 85)] * f \quad (6)$$

donde:

DTCEe = valor corregido de DTCE

DTCE = temperatura de las tablas

LM = correcciones para latitud y mes

$k = \text{correccion debido al color de la superficie}$

K=1 para superficies oscuras o áreas industriales

K=0.5 para techos de color, claros en zonas rurales

K=0.65 para paredes de color claro en zonas rurales

$tr = \text{temperatura del recinto} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$

$to = \text{temperatura de diseño exterior promedio, temperatura ambiente} = 25^{\circ}\text{C}$

$f = \text{factor de correccion para ventilacion del cielo raso}$

f=0.75 para techo falso, en los demás casos f=1

Los valores de DTCE se consideraron de la ilustración que se muestra a continuación en la Tabla 11, según el tipo de pared, es decir de bloque sin espacios de aire, orientación y la hora de mayor exposición solar.

Tabla 11

Tabla de valores para el cálculo de diferencia de temperatura para carga de enfriamiento

GRUPO E	
ORIENTACION	DTCE MAXIMA
N	22
NE	26
E	38
SE	37
SE	34
SW	45
W	49
NW	38

Fuente: (ASHRAE, 2016).

Tomando en cuenta la orientación de la pared exterior SE y el grupo E para bloque 8 in

$$DTCE = 37$$

Los valores de LM se consideraron de la Tabla 12 que se representa a continuación. Los valores según la orientación del local hacia el norte (24°N) y el mes en que las condiciones climáticas son críticas (ENE/NOV).

Tabla 12

Valores para el cálculo de diferencia de temperatura para carga de enfriamiento

Latitud	Mes	SE/SW
24	diciembre	3
	ene/nov	3
	feb/oct	3
	mar/sept	1
	abr/agos	-1
	may/jul	-3
	junio	-4

Fuente: (ASHRAE, 2016).

Tabla 13

Selección de parámetros para corrección de temperatura para pared sometida a radiación

Latitud	Mes	SE
24 °N	ENE/NOV	3

Fuente: (Los Autores).

Los valores de K para corrección en función de color de la superficie para nuestro caso es K=0.65 para paredes de color blanco (ASHRAE, 2016).

Realizando el cálculo con todos los valores obtenemos:

- Para laboratorio de sensopercepción:

$$DTCEe = [(DTCE + LM) * K + (78 - tr) + (to - 85)] * f \quad (6)$$

$$DTCEe = [(37 + 3) * 0.65 + (78 - 25) + (25.2 - 85)] * 0.75$$

$$DTCEe = 14.4$$

- Para cámara de Gesell:

$$DTCEe = [(DTCE + LM) * K + (78 - tr) + (to - 85)] * f \quad (6)$$

$$DTCEe = [(37 + 3) * 0.65 + (78 - 25) + (24.68 - 85)] * 0.75$$

$$DTCEe = 14.01$$

En la Tabla 14 se puede visualizar la ganancia de calor por conducción a través de la pared exterior en el laboratorio de sensopercepción y la Cámara de Gesell:

$$Q = U * A * DTCEe \quad (7)$$

Tabla 14

Ganancia de calor del Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell de paredes exteriores

	U	Área paredes expuestas	DTCEe	Q (W)
Laboratorio de sensopercepción (pared 4 - SE)	0,12	26.32	14.4	45.48
Cámara de Gesell (pared 4 - SE)	0,12	6.11	14.01	10.27

Fuente: (Los Autores).

5.2.3. *Cálculo de carga térmica por conducción en estado estable de una para pared, techo o vidrio y techo que no están sometidas a radiación solar (ASHRAE, 2016)*

$$Q = U * A * \Delta t \quad (8)$$

$$Q = \text{ganancia de calor}$$

A = Area de sección transversal, se miden perpendicularmente a la dirección del flujo y son constantes para una pared plana, un techo o un vidrio

$$U = \text{coeficiente de transferencia de calor}$$

Δt = diferencia de temperatura entre el espacio sin acondicionar y el acondicionado

Para realizar el cálculo de la ganancia de calor en paredes que no están expuestas a radiación solar se necesita establecer la diferencia de temperaturas existente en cada zona, para esto se usaron sensores de temperatura en cada laboratorio, obteniendo los siguientes registros visualizados en la Tabla 15:

Tabla 15*Parámetros de temperatura*

	T _s (°C)	Tr (°C)	ΔT (°C)
Laboratorio de sensopercepción	25.21	22	3.21
Cámara de Gesell	24.68	22	2.68

Fuente: (Los Autores).

T_s: medición tomada por medio del sensor de temperatura

Tr: temperatura requerida, dato de temperatura para confort térmico

En las tablas 17 y 18 se puede observar la ganancia en paredes y techo sin someter a radiación en el Laboratorio de Sensopercepción y la Cámara de Gesell.

Tabla 16*Ganancias en paredes y techo sin someter a radiación del Laboratorio de Sensopercepción*

Orientación	Descripción	Área	U	ΔT (°C)	Q (w)
NE	Pared1	23,08	0.12	3,21	8,890416
NW	Pared2	5,6	0.12	3,21	2,15712
SW	Pared3	23,08	0.12	3,21	8,890416
	Techo	43,68	0.020	3,21	2,81196
TOTAL					22,749912

Fuente: (Los Autores).

Tabla 17*Ganancias en paredes y techo sin someter a radiación de la cámara de Gesell*

Orientación	Descripción	Área	U	ΔT (°C)	Q (w)
NE	Pared1	21,29	0.12	2,68	6,846864
NW	Pared2	4,95	0.12	2,68	1,59192
SW	Pared3	21,29	0.12	2,68	6,846864
	Techo	14,46	0.020	2,68	0,77452
TOTAL					16,060168

Fuente: (Los Autores).

5.2.4. Determinación de las cargas unitarias por iluminación y por aparatos electrónicos

Las cargas internas involucran componentes de las cargas de enfriamiento que surgen de fuentes internas al espacio acondicionado, los componentes son:

- Iluminación
- Personas
- Aparatos y equipos de laboratorio
- Equipos electrónicos.
- Otras cargas internas

5.2.4.1. Iluminación

Para obtener la carga térmica debido a iluminación se usa la siguiente formula:

$$Q_i = P_i * f_s * f_u \quad (9)$$

Donde:

Q_i = carga termica generada por iluminacion

P_i = potencia de la lampara

f_s = factor de correccion de potencia

f_u = fraccion de Q_i en uso

Tabla 18

Factor de corrección de potencia en lámparas

Potencia	Fs
35	1,3
60	1,2
185	1,06
215	1,06

Fuente: (ASHRAE, 2016).

Las lámparas existentes dentro de cada laboratorio tienen una potencia de 215 Watts por lo tanto de la Tabla 18 se elige F_s para dicha potencia. Las lámparas en promedio pasan encendidas 5 horas es decir $1/5$ del día, factor de carga en uso $f_u=0.2$.

Tabla 19

Ganancia térmica por iluminación en laboratorio de sensopercepción

Numero de lámparas	Potencia de lampara (W)	f_s	F_u	Q_i (W)
5	215	1.06	0.2	227.9

Fuente: (Los Autores).

Cámara de Gesell:

Tabla 20

Ganancia térmica por iluminación en cámara de Gesell

Numero de lámparas	Potencia de lampara (W)	f_s	F_u	Q_i
2	215	1.06	0.2	91.16

Fuente: (Los Autores).

5.2.4.2. Carga térmica en aparatos electrónicos

En la tabla 21 se puede observar los distintos módulos electrónicos que existen y las cargas térmicas de cada uno en el Laboratorio de Sensopercepción.

Tabla 21

Tabla de potencias de equipos electrónicos en laboratorio de sensopercepción

Descripción	Potencia (W)	POTENCIA BTU _h
Computador	65	221,78
Cueva de luces	180	614,16
Piano de luces	180	614,16
Pared de golpes	360	1228,32
Iluminación RGB	120	409,44
Pared de laberinto	60	204,72
Tubo de colores	60	204,72
Dados de colores	60	204,72
TOTAL	1085	3702,02

Fuente: (Los Autores).

$$q_{el} = 1085 \text{ W}$$

$$q_{el} = 3702.02 \text{ BTUh}$$

5.2.5. Carga térmica en personas

5.2.5.1. Carga térmica sensible

Se obtiene de la siguiente formula:

$$q_s = \frac{q_s}{\text{persona}} * \# \text{personas} * CLF \quad (10)$$

Donde:

$$q_s = \text{carga termica sensible}$$

$$CLF = \text{Factor de carga de enfriamiento}$$

Tabla 22

Ganancia térmica sensible por uso de espacios

Actividad	Aplicaciones	qs (w)	ql (w)
trabajo liviano	Oficinas, laboratorios	75	75

Fuente: (ASHRAE, 2016).

Para trabajo liviano obtenemos de la tabla $q_s = 75$

Tabla 23

Factor de carga de enfriamiento debido al uso de cada espacio

Total horas	CLF			
	Horas después de ocupación			
	1	2	3	4
2	0,49	0,58	0,17	0,13
4	0,49	0,59	0,66	0,71
6	0,5	0,6	0,67	0,72
8	0,51	0,61	0,67	0,72

Fuente: (ASHRAE, 2016)

El tiempo de ocupación de cada ambiente será de 4 horas al día, con 2 horas de descanso entre cada entrada al espacio, escogemos CLF=0.59.

En la tabla 24 y 25 se puede observar la carga térmica sensible de personas dentro del Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell, obtenido mediante los parámetros seleccionados de la Tabla 22 y 23 en función de la ecuación 10.

Tabla 24

Carga térmica sensible de personas en laboratorio de sensopercepción

Número de personas	qs/persona	CLF	qs (W)
15	75	0.59	663.75

Fuente: (Los Autores).

Tabla 25

Carga térmica sensible de personas en cámara de Gesell

Número de personas	qs/persona	CLF	qs (W)
15	75	0.59	663.75

Fuente: (Los Autores).

5.2.5.2. Carga térmica latente

En la tabla 26 y 27 se puede observar la carga térmica latente en el área del Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell obtenidos mediante la ecuación 11. El parámetro ql se obtiene de la figura 32.

$$q_l = \frac{q_l}{\text{persona}} * \# \text{personas} \quad (11)$$

$$q_l = \text{carga termica latente tabla 4.5}$$

Tabla 26

Carga térmica latente de personas en laboratorio de sensopercepción

Número de personas	ql/persona	ql (W)
15	75	1125

Fuente: (Los Autores).

Tabla 27*Carga térmica latente de personas en cámara de Gesell*

Número de personas	ql/persona	ql (W)
15	75	1125

Fuente:

5.2.5.3. Carga unitaria total por persona

$$q_p = q_s + q_l \quad (12)$$

Tabla 28*Carga térmica total por persona en laboratorio de sensopercepción*

qs	ql	qp (W)
663.75	1125	1788.75

Fuente: (Los Autores).

Tabla 29*Carga térmica total por persona en cámara de Gesell*

qs	ql	qp (W)
663.75	1125	1788.75

Fuente: (Los Autores).

5.2.6. Ganancia de calor total

Se realiza una sumatoria de cada carga térmica para obtener un Q total en cada área a diseñar, en la Tabla 30 se puede observar la carga total necesaria de 10815,6303 BTU/h para climatizar el Laboratorio de Sensopercepción y en la Tabla 31 se visualiza la carga total de 6504,09145 BTU/h para climatizar la Cámara de Gesell.

Tabla 30

Ganancia total necesaria para selección de equipo de climatización en el laboratorio de sensopercepción

Descripción		Q (W)	Q(BTUh)
pared	Exterior	45,48	155,17776
	Pared1	8,890416	30,3340994
	Pared2	2,15712	7,36009344
	Pared3	8,890416	30,3340994
techo	Techo1	2,81196	9,59440752
iluminación	5 lámparas incandescentes	227,9	777,5948
equipos electrónicos	Computador	65	221,78
	Cueva de luces	180	614,16
	Piano de luces	180	614,16
	Pared de golpes	360	1228,32
	Iluminación RGB	120	409,44
	Pared de laberinto	60	204,72
	Tubo de colores	60	204,72
	Cados de colores	60	204,72
	Calor sensible	663,75	2264,715
	Calor latente	1125	3838,5
TOTAL			10815,6303

Fuente: (Los Autores).

Tabla 31

Ganancia total necesaria para selección de equipo de climatización en cámara de Gesell

Descripción		Q(w)	Q(BTUh)
Pared	Exterior	10,27	35,04124
	Pared1	6,846864	23,3615
	Pared2	1,59192	5,43163104
	Pared3	6,846864	23,3615
Techo	Techo1	0,77452	2,64266224
Iluminación	2 lámparas incandescentes	91,16	311,03792
Personas	Calor sensible	663,75	2264,715
	Calor latente	1125	3838,5
TOTAL			6504,09145

Fuente: (Los Autores).

5.3. Cálculo de ventilación para Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell

5.3.1. Clasificación y recirculación del aire

Se utilizo la clasificación del aire tipo 2 de la Tabla 32 para los parámetros de cálculo de ventilación en el laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell debido a que estos cumplen con las características para recirculación dentro de un mismo lugar debido a que las tareas ejecutadas en los espacios son similares y las fuentes de contaminación están en el mismo nivel.

Tabla 32

Clasificación del aire en función de la Normativa ASHRAE

Clasificación 1	Clasificación 2	Clasificación 3	Clasificación 4
Aire con bajas cantidades de contaminantes, olores e irritantes	Aire con cantidad media de contaminantes, sustancias irritantes y niveles de olores.	Aire con cantidades significativas de contaminantes, olores e irritantes.	Aire con cantidades altamente rechazables de contaminantes, partículas potencialmente peligrosas, bioaerosoles o gases, que debido a su alta concentración pueden ser considerados

Fuente: (ASHRAE, 2016)

5.3.1.1. Clasificación de caudal de aire mínimo de ventilación en zonas de respiración

Para los cálculos de ventilación se emplea la categoría de laboratorio debido a que encajan con las actividades que se desarrollan en la cámara de Gesell y Laboratorio de Sensopercepción. Mediante el empleo de los parámetros de la Tabla 33 donde se especifica los caudales de ventilación que son necesarios por personas/área y la Tabla 34 donde se especifica el parámetro de efectividad de distribución del aire se procederá a realizar los cálculos para ventilación de las zonas a diseñar.

Tabla 33*Caudal de aire mínimo de ventilación en zona de respiración ASHRAE*

CAUDAL DE AIRE MINIMO PARA VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACION									
categoría de Ocupación	Caudal de aire exterior para persona		Caudal de aire exterior del área		Nota	Densidad de ocupación	Caudal combinado de aire exterior		Clase
	Rp		Ra			#/1000			
	cfm/persona	l/s persona	cfm/pie2	L/s(m2)		pie2 or#/100m2	cfm/persona	L/s persona	
Laboratorio/	10	5	0,18	0,9	A	25	17	8,6	2

Fuente: (ASHRAE, 2007)

Tabla 34*Efectividad de distribución de la zona de aire ASHRAE*

Efectividad de distribución de aire en zona	
Configuración de distribución de aire	Ez
La toma de aire para el suministro cerca de la ubicación de la extracción y/o retorno	0,5

Fuente: (ASHRAE, 2007)

5.3.2. Ventilación en áreas

5.3.2.1. Flujo de aire exterior de zona respirable

Para calcular el flujo de aire exterior de la zona respirable se debe definir el área de trabajo y la cantidad de personas con las que se trabajara en la misma. Con base en la Tabla 32 y Tabla 33 y la información sobre los parámetros de trabajo de cada lugar se emplea los datos para el cálculo deseado. Es importante establecer que los cálculos están realizados bajo las peores condiciones de trabajo en cada espacio. (ASHRAE, 2007)

$$V_{bz} = R_p * P_z + R_a * A_z \quad (13)$$

$$A_z = \text{Area de zona de piso, Área neta ocupable de piso } m^2$$

$$P_z$$

= Zona de poblacion: El mayor numero de personas que se espera ocupen la zona bajo uso tipico

$$R_p = \text{Caudal de flujo de aire exterior requerido por persona.}$$

$$R_a = \text{Caudal de flujo de aire exterior requerido por unidad de área.}$$

Flujo de aire exterior de la zona en función de la efectividad

En la Tabla 34 se estableció la configuración de distribución de aire para el cálculo de ventilación, se tomó este parámetro en función del diseño del sistema de ventilación y climatización. (ASHRAE, 2007)

$$V_{oz} = V_{bz}/E_z \quad (14)$$

V_{oz} = Flujo de aire exterior de zonas

V_{bz} = Flujo de aire exterior de la zona respirable

E_z = Efectividad de distribucion de aire de zona

5.3.2.2. Sistema de zona simple

El sistema de zona simple se refiere a que cada espacio se maneja por separado y los mismos contarán con equipos que cumpla con los requerimientos necesario en base con el cálculo de flujo requerido en la Tabla 35. Estos sistemas contarán con recirculación y suministros de aire. (ASHRAE, 2007)

$$V_{ot} = V_{oz} \quad (15)$$

V_{ot} = Flujo de zona simple en funcion de aire exterior y recirculacion de la zona

V_{oz} = Flujo de aire exterior de la zona respirable en funcion de la eficacia

Tabla 35

Flujo requerido en el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell en base a la normativa ASHRAE

Zona	Área	Área	Cantidad de personas	Flujo de aire exterior de zona respirable	Flujo de aire exterior de zona respirable	Flujo de aire exterior de zona respirable en función de la efectividad	Flujo de aire exterior de zona respirable en función de la efectividad	Sistema de zona	Sistema de zona
	m2	pie2		cfm	l/s	cfm	l/s	cfm	l/s
Laboratorio	43,68	470,17	15,00	234,63	114,31	469,26	228,62	469,26	228,62
Cámara	19,13	205,92	15,00	178,02	88,01	356,03	176,03	356,03	176,03

Fuente: (ASHRAE, 2007).

5.4. Selección de equipo de climatización y ventilación.

5.4.1. Parámetros para selección de equipo

Para la selección del equipo se realizó los cálculos previos para ventilación y climatización de las dos zonas. Es de suma importancia cumplir con las necesidades que requiere cada espacio con el objetivo de mejorar las condiciones de confort y salud en los usuarios. El sistema con el cual se va a trabajar en los espacios es un sistema solo aire tipo fancoil para los equipos interiores y para los exteriores tipo Inverter.

Para la selección del equipo se tomó en cuenta los siguientes factores:

- Potencia frigorífica se refiere a la cantidad de aire caliente que puede absorber y renovar el fancoil.
- Potencia calorífica se refiere a la capacidad de renovar el aire frío para que caliente o enfrié el espacio.
- Caudal de aire es la cantidad de aire que puede mover el fancoil en un periodo de tiempo.
- Nivel de ruido tener en cuentas la cantidad de decibelios del equipo puesto que la maquina puede generar un gran ruido y perturbar a los usuarios.

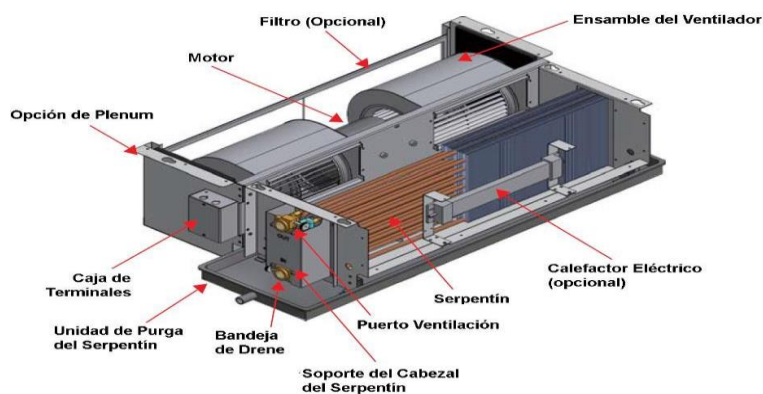
- Consumo del equipo depende de la potencia y del motor que tiene incorporado el equipo.
- Eficiencia energética debe ser alta por lo que son emisores y no productores (Preciogas, 2019).

5.4.2. Descripción de equipo seleccionado

El equipo tipo fancoil sirve para calentar y enfriar espacios, está compuesto por un intercambiador de calor, ventilador y filtro. El equipo está considerado como un sistema eficiente, cómodo, y versátil para climatizar todo tipo de área por su adaptabilidad a cualquier necesidad. Además, el equipo se puede combinar con cualquier sistema sea calderas, bomba de calor entre otros. El equipo al ser un sistema compacto ocupa poco espacio para su instalación es eficaz y económico en mantenimiento y averías, resultando ser un sistema ideal para nuestro diseño (Preciogas, 2019) (Naturgy, 2018) (Caloryfrío, 2016).

Figura 28

Equipo interior de climatización tipo fancoil

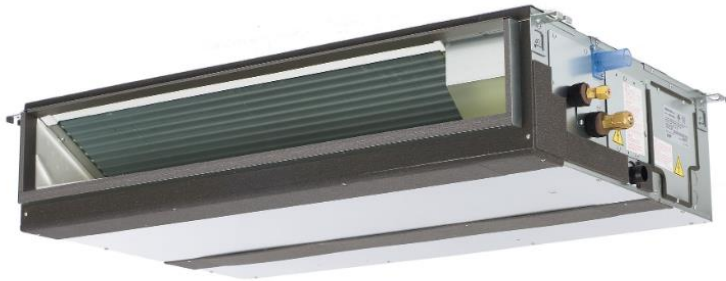


Fuente: (Bibing, 2014)

En el laboratorio de sensopercepción se necesita de un equipo con una capacidad mínima de 10815 btu/h y un flujo de 469,26 cfm. Por lo que se escogió un equipo comercial que cumple con los requerimientos mínimos necesarios de funcionamiento para la zona a diseñar. En la Tabla 36 se pueden observar las características del equipo seleccionado.

Figura 29

Equipo interior de climatización



Fuente: (Mitsubishi, 2019)

Tabla 36

Características de evaporadora tipo fancoil de 12,000 btu/h

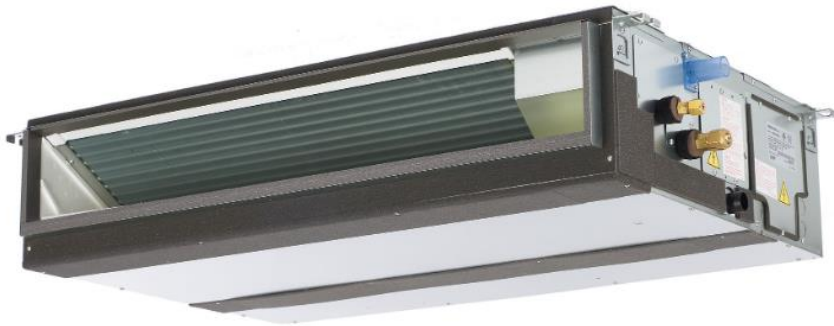
Característica:	Requerimiento Mínimo
Capacidad Enfriamiento:	12,000 Btu/h
Capacidad Calentamiento:	17,000 Btu/h
Fuente de Energía:	208 / 230V, 1 phase, 60Hz
Consumo Máximo Enfriamiento:	860 W
Consumo Máximo Calentamiento:	1400 W
Presión Sonora Máxima, con flujo de aire a alta velocidad:	28 dB
Bomba de Condensado:	Requiere instalación Bomba Externa
Flujo de Aire a Máxima velocidad, Máximo:	459 CFM
Flujo de Aire a baja velocidad, Mínimo:	353 CFM
Presión Estática:	Hasta 0,020" in WG

Fuente: (Mitsubishi, 2019)

En la Cámara de Gesell se necesita de un equipo con una capacidad mínima de 6504 btu/h y un flujo de 356,06 cfm. Por lo que se escogió un equipo comercial que cumple con los requerimientos mínimos necesarios de funcionamiento para la zona a diseñar. En la Tabla 37 se pueden observar las características del equipo seleccionado.

Figura 30

Equipo interior de climatización



Fuente: (Mitsubishi, 2019)

Tabla 37

Características de evaporadora tipo fancoil 9,000 btu/h

Característica:	Requerimiento Mínimo
Capacidad Enfriamiento:	9,000 Btu/h
Capacidad Calentamiento:	9,500 Btu/h
Fuente de Energía:	208 / 230V, 1 phase, 60Hz
Consumo Máximo Enfriamiento:	720 W
Consumo Máximo Calentamiento:	1060 W
Presión Sonora Máxima, con flujo de aire a alta velocidad:	28 dB
Bomba de Condensado:	Requiere instalación Bomba Externa
Flujo de Aire a Máxima velocidad, Mínimo:	353 CFM
Flujo de Aire a baja velocidad, Mínimo:	282 CFM
Presión Estática:	Hasta 0,020" in WG

Fuente: (Mitsubishi, 2021)

5.5. Diseño mecánico del sistema de climatización

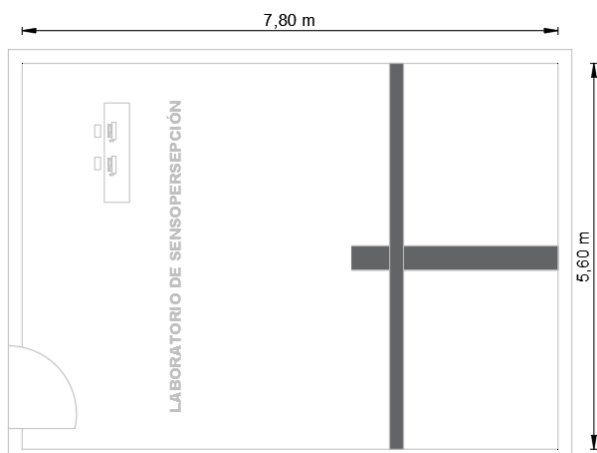
En base a los cálculos obtenidos y a la selección de equipo en el apartado 5.4. se procedió a realizar un diseño de climatización y ventilación en las zonas a diseñar.

5.5.1. Especificación de zonas a climatizar y ventilar

El laboratorio se encuentra ubicado debajo del graderío del coliseo de la Universidad Politécnica Salesiana, el espacio cuenta con aislamiento acústico, distintos módulos electrónicos y el piso posee recubrimiento. Este espacio no cuenta con ventilación natural o ventilación mecánica.

Figura 31

Laboratorio de sensopercepción

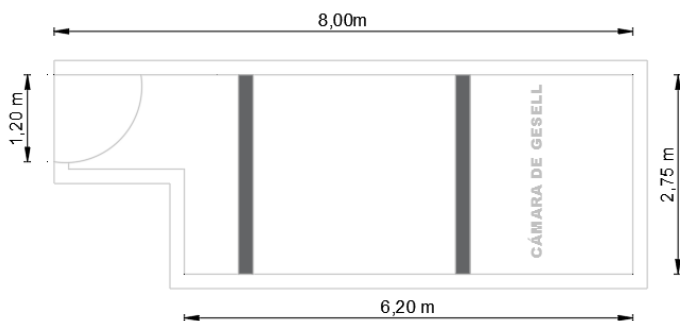


Fuente: (Los Autores).

La Cámara de Gesell se encuentra ubicado debajo del graderío del coliseo de la Universidad Politécnica Salesiana, esta no cuenta con ventilación natural ni forzada.

Figura 32

Cámara de Gesell



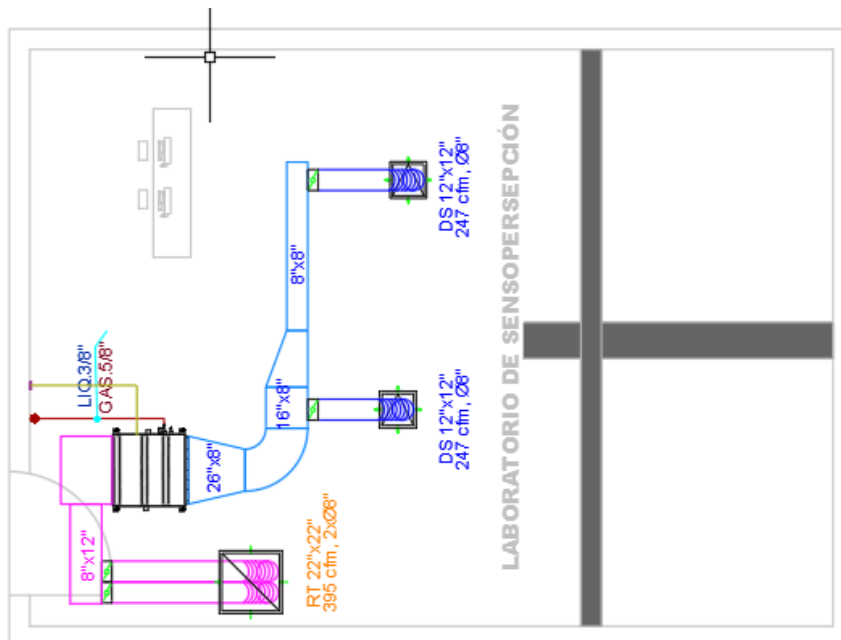
Fuente: (Los Autores).

5.5.2. Diseño del sistema de climatización en cámara de Gesell

El sistema de climatización en las dos áreas está diseñado en tres partes fundamentales para brindar un correcto y eficiente funcionamiento. Primero se diseñó el ducto de suministro desempeñando tarea del envío de flujo de aire necesario para ventilación del área en función de una temperatura de confort; luego se diseñó el ducto de retorno con el objeto de toma aire del área climatizada para volver a la máquina. La tercera sección trata de las infiltraciones de aire nuevo con la finalidad de renovar el aire para brindar un aire de calidad a los usuarios del área.

Figura 33

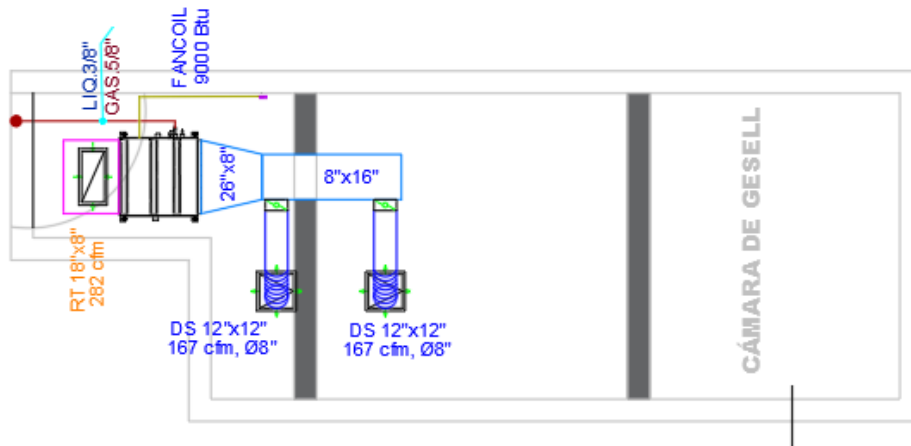
Diseño del sistema de climatización del laboratorio de sensopercepción



Fuente: (Los Autores).

Figura 34

Diseño del sistema de climatización de la Cámara de Gesell



Fuente: (Los Autores).

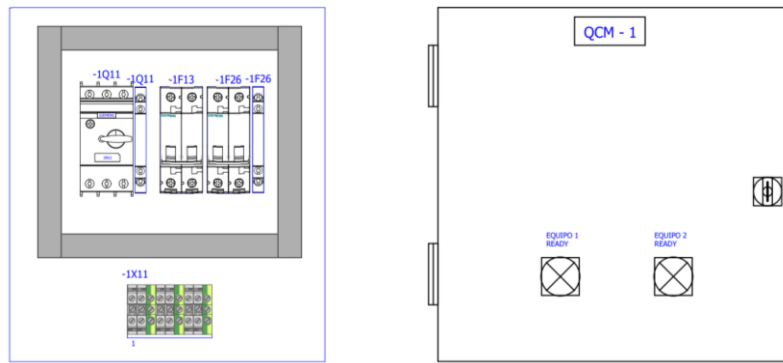
5.6. Diseño de sistema eléctrico de protección para equipo eléctrico

El diseño se desarrolló bajo los parámetros de la normativa IEC 60445 donde se especifican gráficos, símbolos y reglas numéricas para identificar los diferentes componentes electrónicos. El empleo de esta norma internacional facilita la realización de cualquier diseño puesto que contiene información clave para su uso.

Cuando se desarrollan los planos del sistema eléctrico fuimos específicos con la simbología con la finalidad de que pueda identificar los distintos componentes para realizar mantenimientos en los tableros. Para el sistema se vio la necesidad de emplear guardamotor, fusibles y luces piloto.

Figura 35

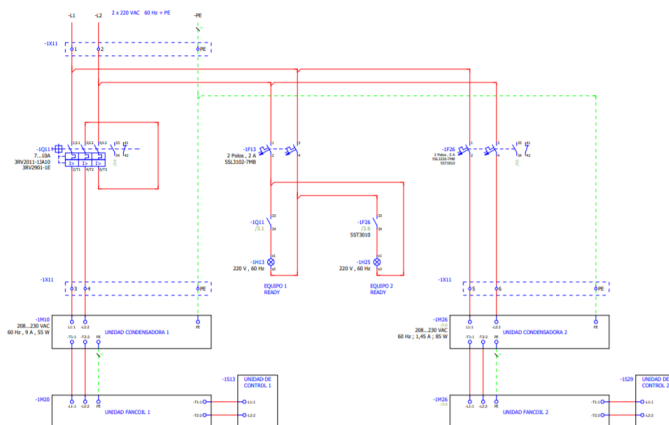
Tablero eléctrico de protección del sistema de climatización



Fuente: (Los Autores).

Figura 36

Esquema de control del tablero de protección



Fuente: (Los Autores).

5.7. Simulación

5.7.1. Validación de Simulación sin implementación de sistema en el Laboratorio de Sensopercepción.

Tabla 38

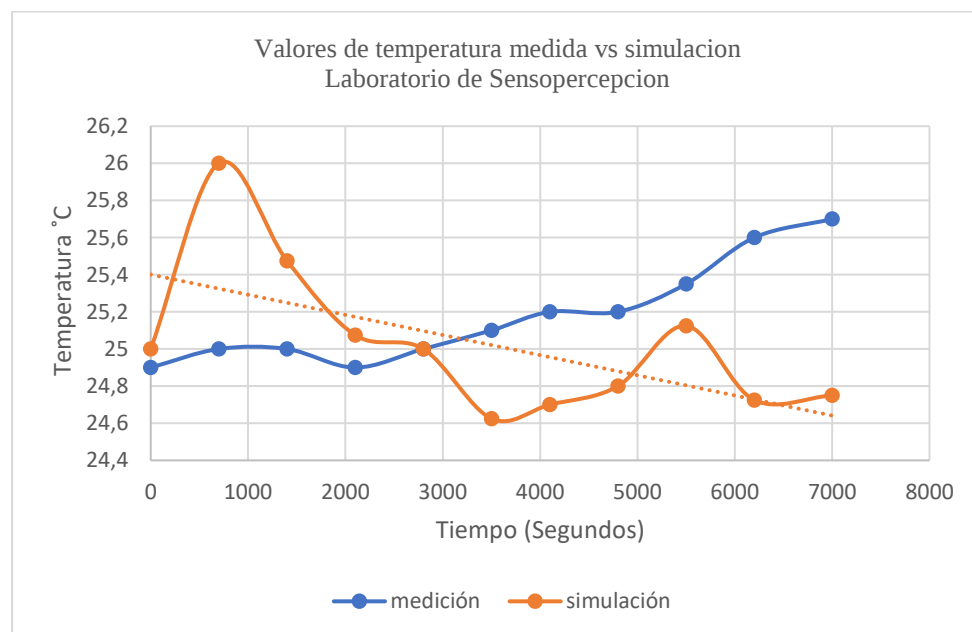
Error porcentual para validación de simulación sin implementación de sistema

Tiempo (segundos)	Valores medidos (°C)	Valores simulación (K)	Valores simulación sin implementación del sistema (°C)	Error	Error Porcentual (%)
0	24,9	298,15	25	0,1	0,4
700	25	299,15	26	1	3,8461539
1400	25	298,625	25,475	0,475	1,8645731
2100	24,9	298,225	25,075	0,175	0,6979063
2800	25	298,15	25	0	0
3500	25,1	297,775	24,625	0,475	1,928934
4100	25,2	297,85	24,7	0,5	2,0242915
4800	25,2	297,95	24,8	0,4	1,6129032
5500	25,35	298,275	25,125	0,225	0,8955224
6200	25,6	297,875	24,725	0,875	3,5389282
7000	25,7	297,9	24,75	0,95	3,8383838

Fuente: (Los Autores).

Figura 37

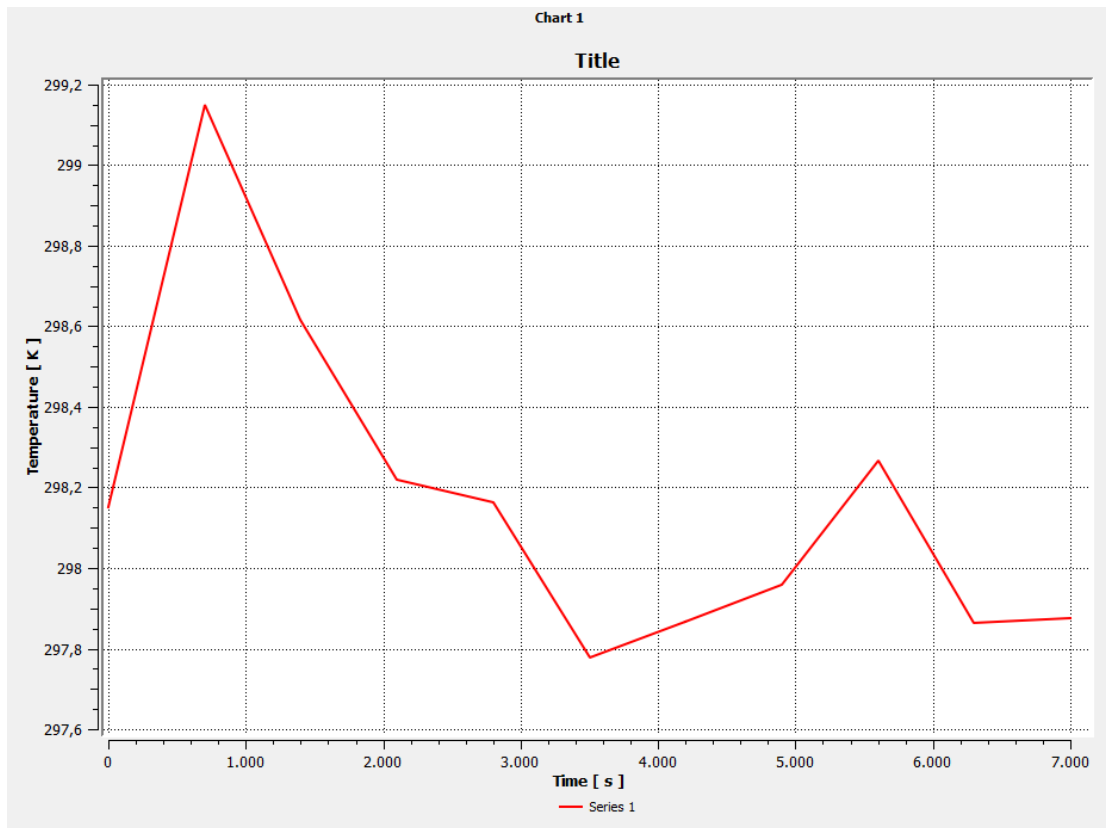
Grafica de valores reales de temperatura vs valores simulados sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 38

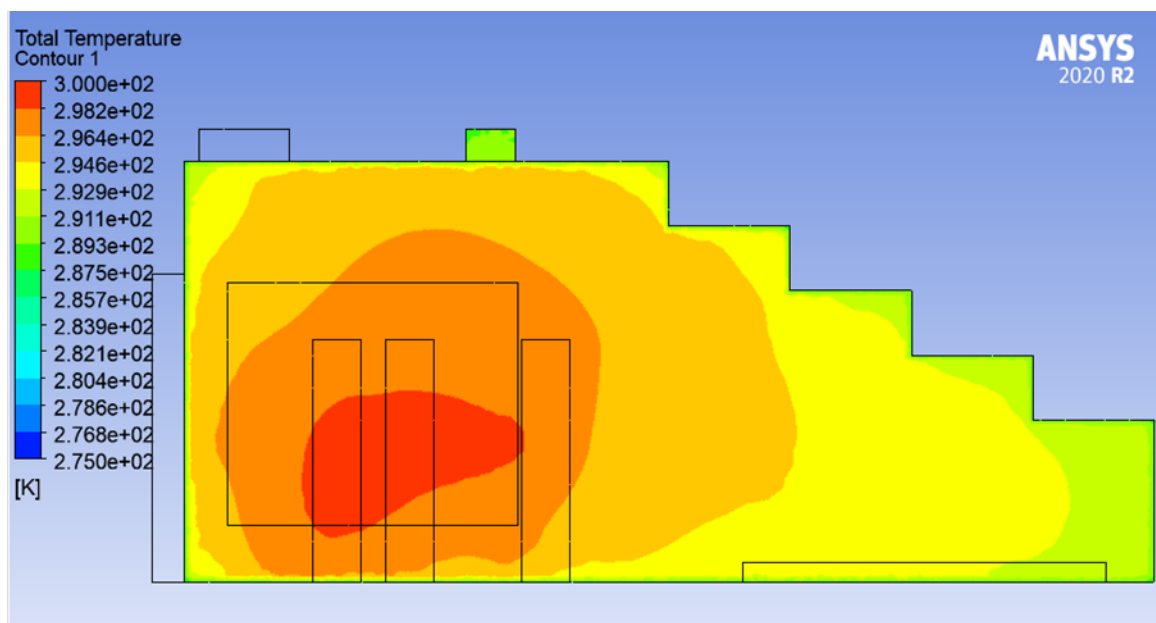
Función de comportamiento de temperatura en el tiempo sin implementación del sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 39

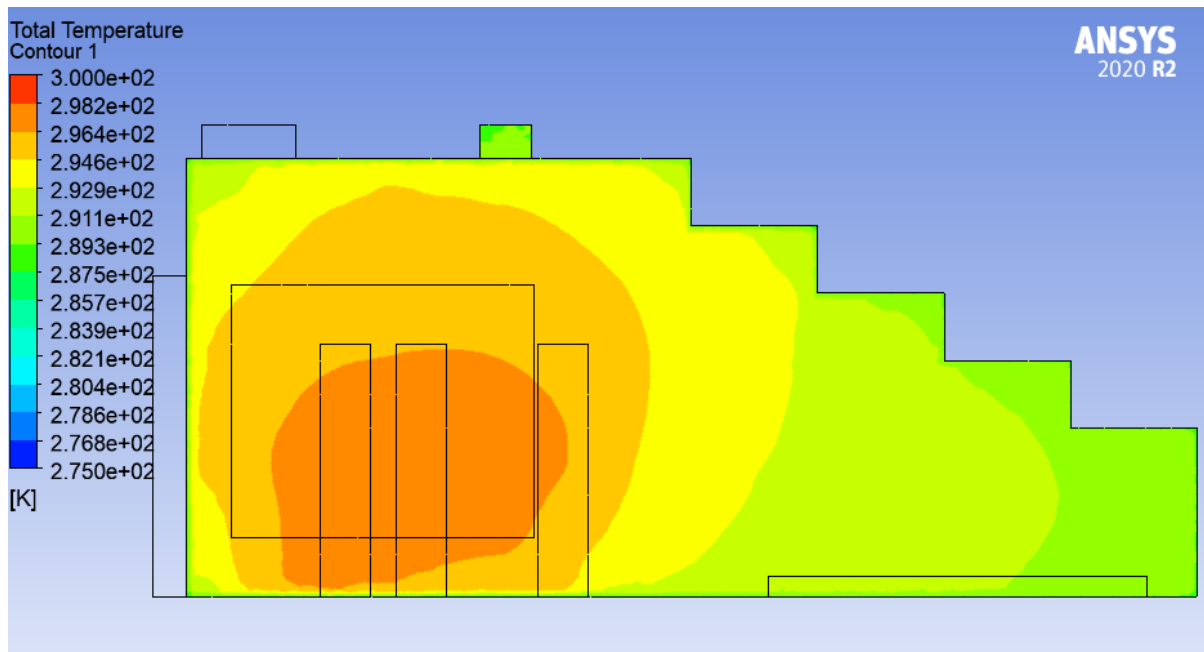
Temperatura a 700s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 40

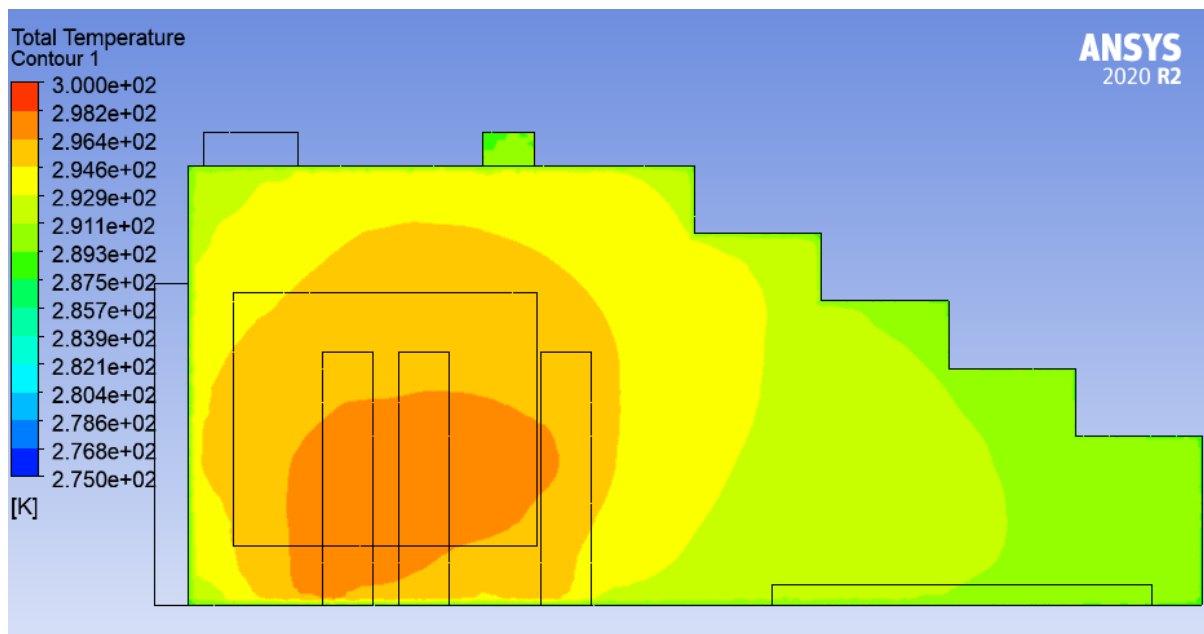
Temperatura a 2100s sin implementación del sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 41

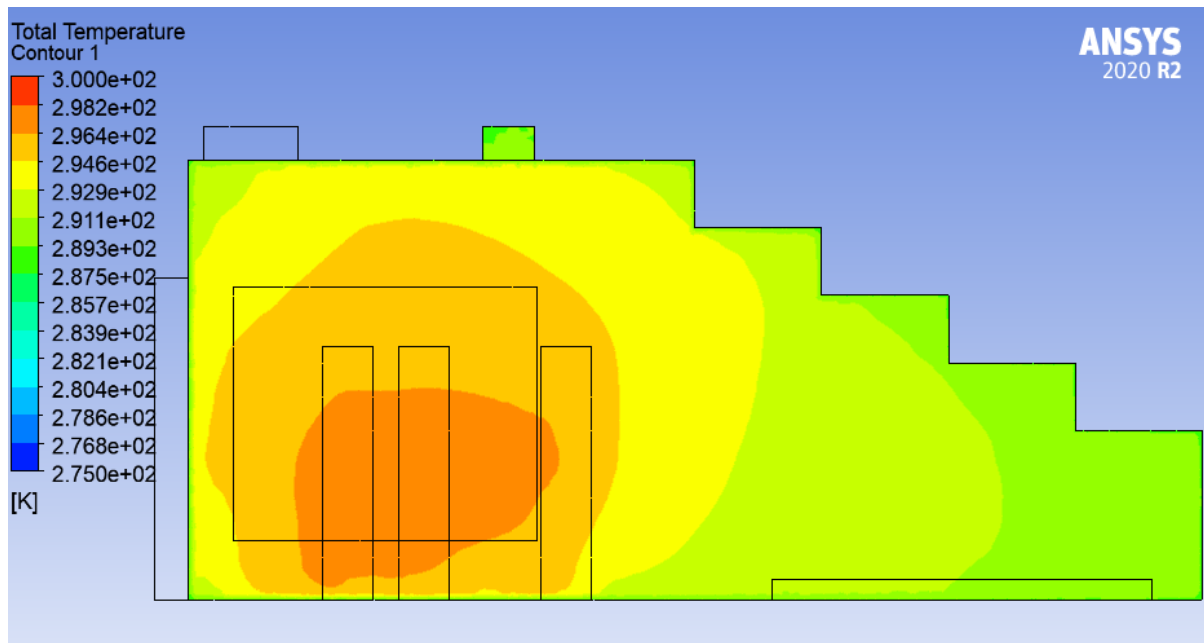
Temperatura a 4200s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 42

Temperatura a 7000s sin implementación del sistema



Fuente: (Los Autores).

5.7.2. Validación de Simulación sin implementación de sistema en Cámara de Gesell

Tabla 39

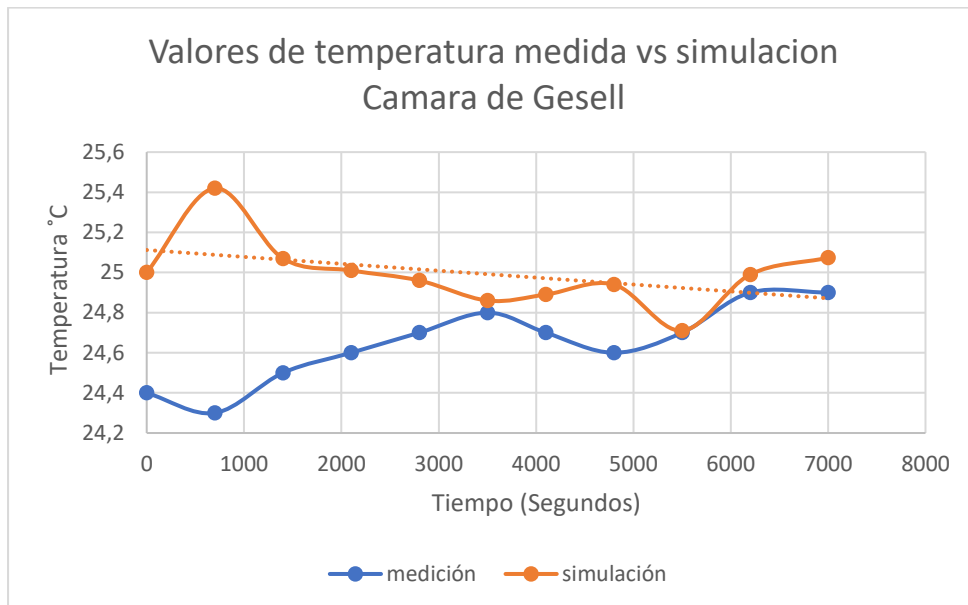
Error porcentual para validación de simulación sin implementación de sistema

Tiempo (segundos)	Valores medidos (°C)	Valores simulación (K)	Valores simulación sin implementación del sistema (°C)	Error	Error Porcentual (%)
0	24,4	298,15	25	0,6	2,4
700	24,3	298,57	25,42	1,12	4,4059795
1400	24,5	298,22	25,07	0,57	2,2736338
2100	24,6	298,16	25,01	0,41	1,6393443
2800	24,7	298,11	24,96	0,26	1,0416667
3500	24,8	298,01	24,86	0,06	0,2413516
4100	24,7	298,04	24,89	0,19	0,7633588
4800	24,6	298,09	24,94	0,34	1,3632719
5500	24,7	297,86	24,71	0,01	0,0404695
6200	24,9	298,14	24,99	0,09	0,3601441
7000	24,8	298,22	25,0733	0,1733	0,6911735

Fuente: (Los Autores).

Figura 43

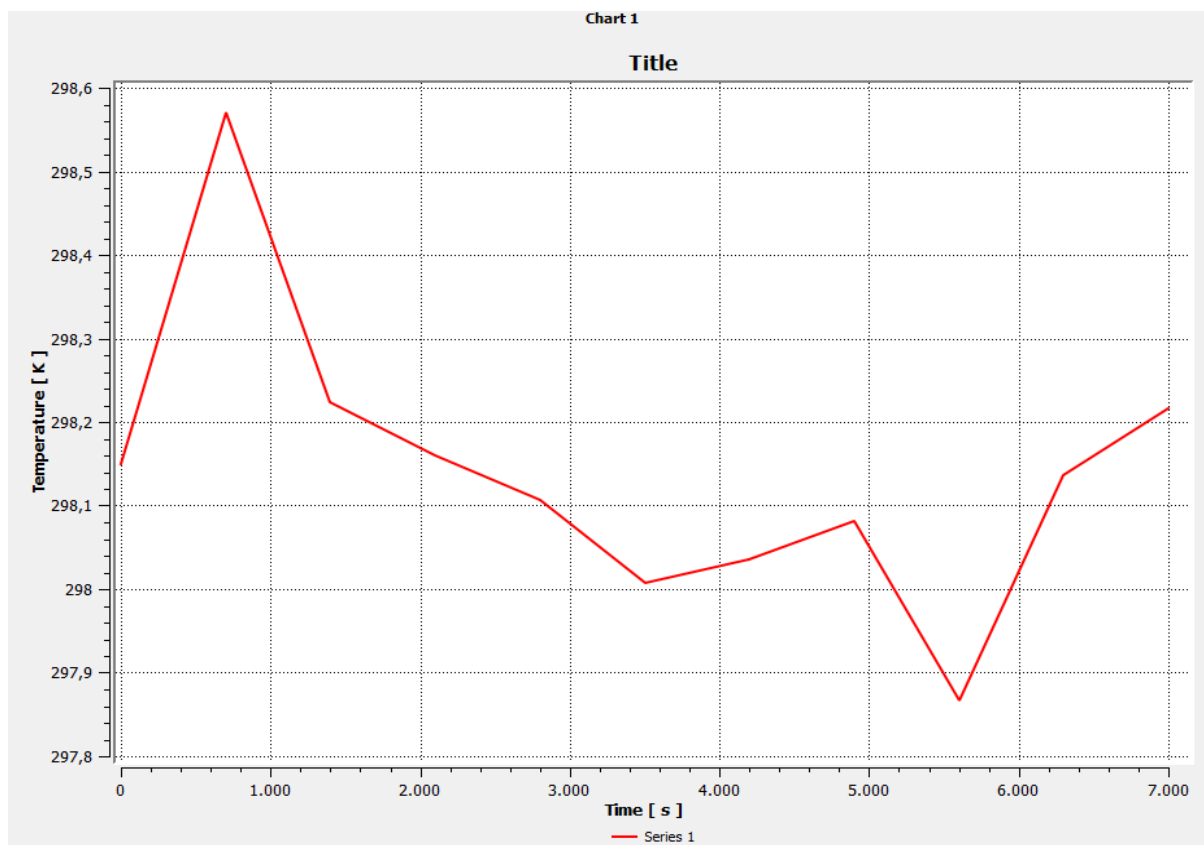
Grafica de valores reales de temperatura vs valores simulados sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 44

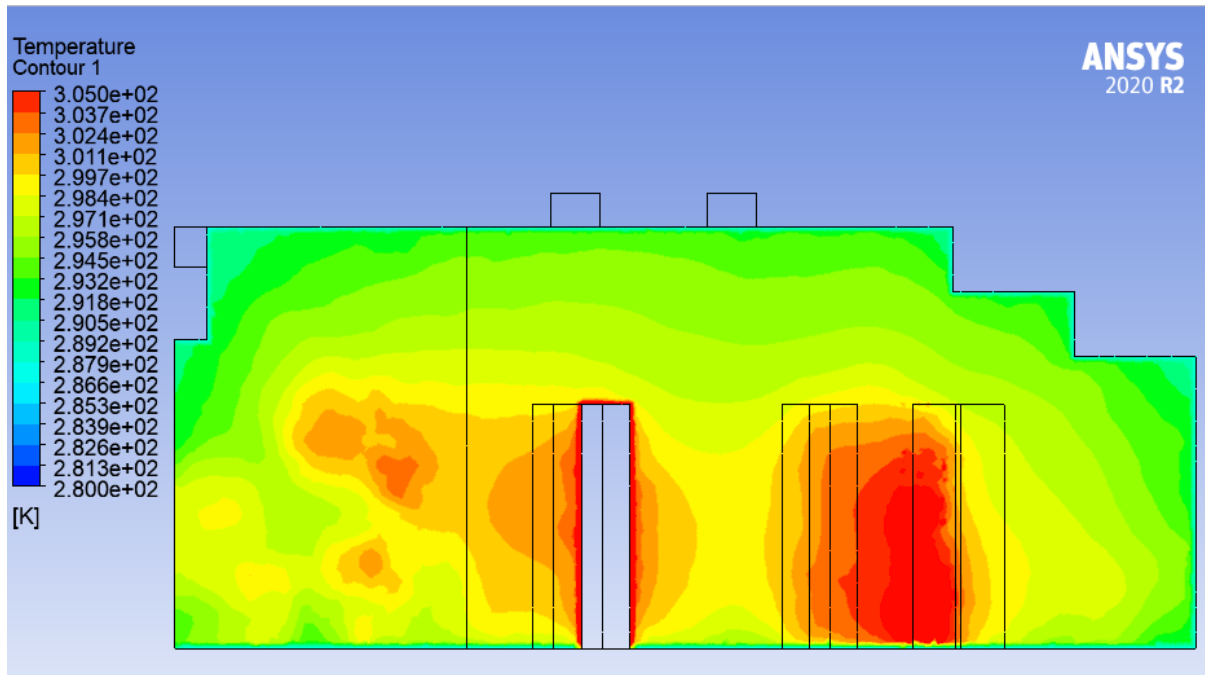
Función de comportamiento de temperatura en el tiempo sin implementación del sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 45

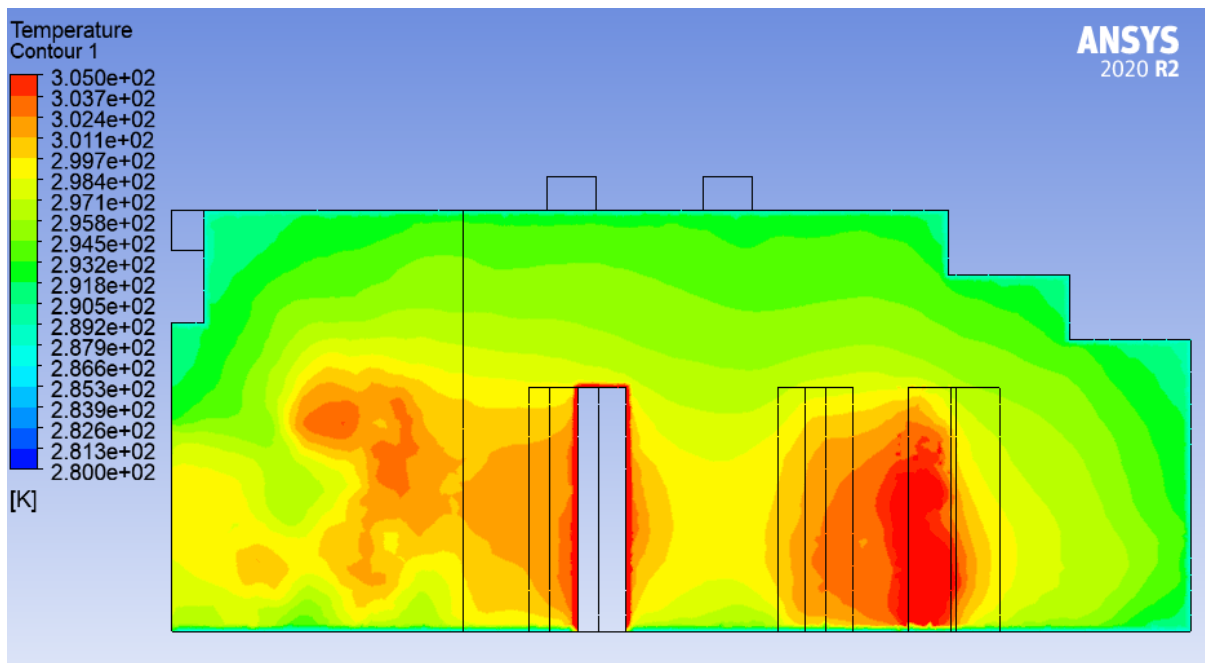
Temperatura de la sala a 700s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 46

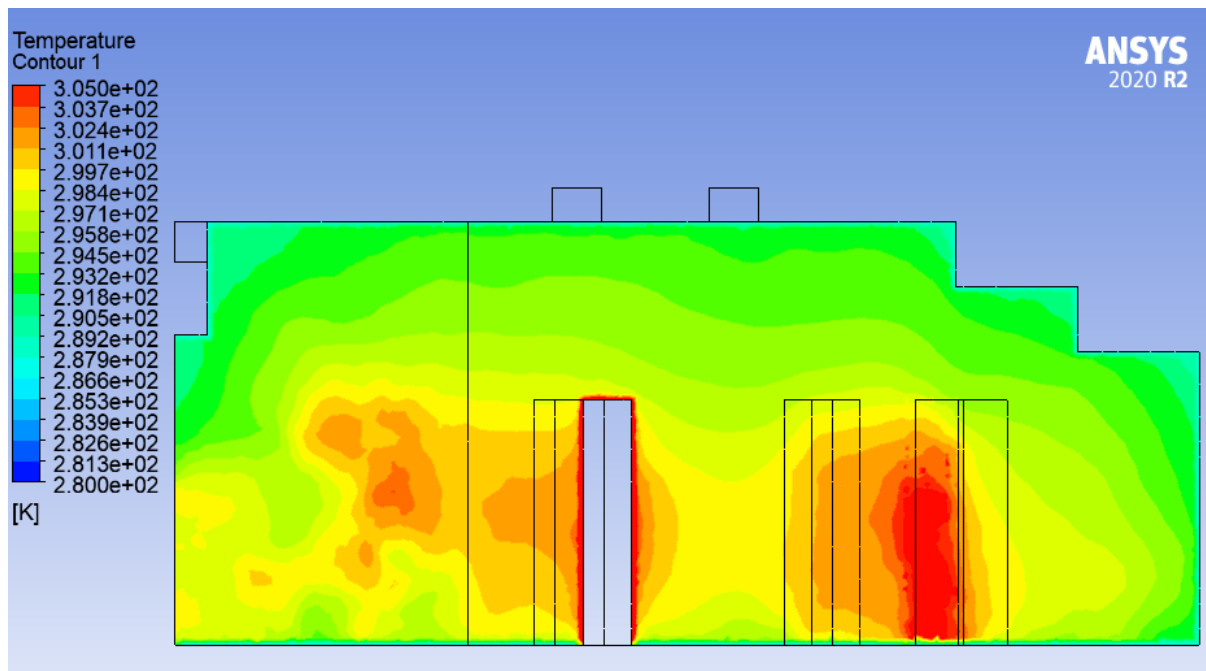
Temperatura de la sala a 2100s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 47

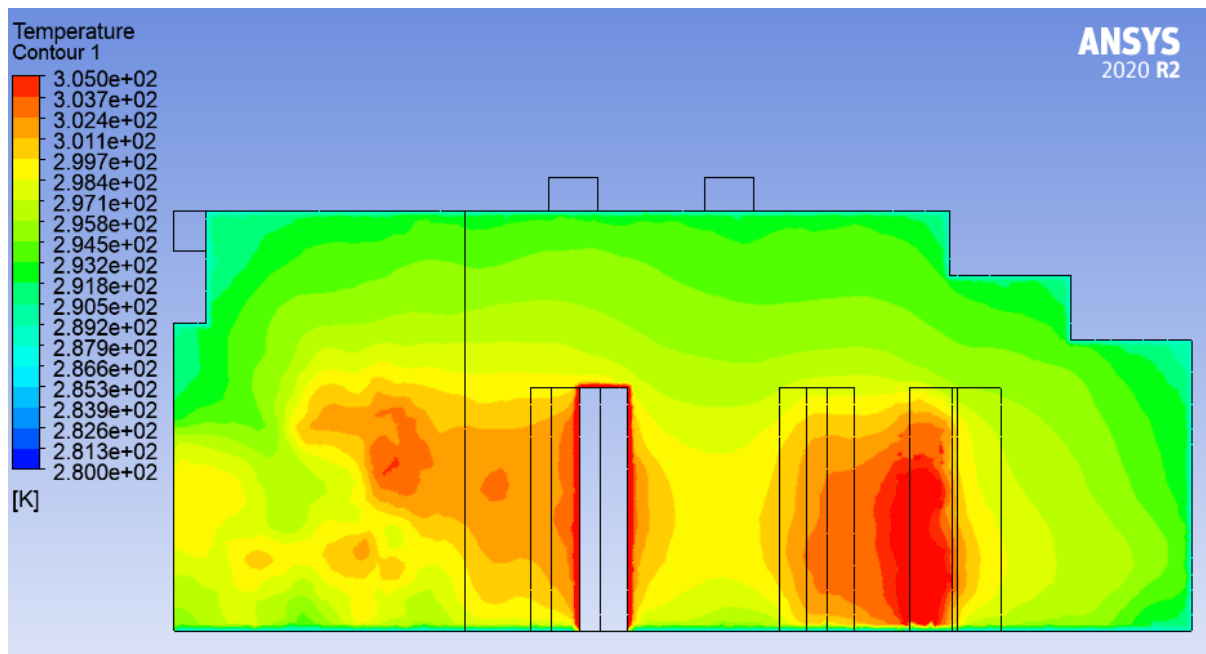
Temperatura de la sala a 4200s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

Figura 48

Temperatura de la sala a 7000s sin implementación de sistema



Fuente: (Los Autores).

En las Tablas 38 y 39 se puede observar que el error porcentual esta debajo del 5% en función de la temperatura real y resultados de temperatura de simulación en las áreas a diseñar,

por lo tanto, se concluye que la simulación posee validación para el desarrollar la implementación del diseño de climatización y ventilación y verificar la mejora de temperatura en dichas áreas.

5.7.3. Condiciones Generales de simulación

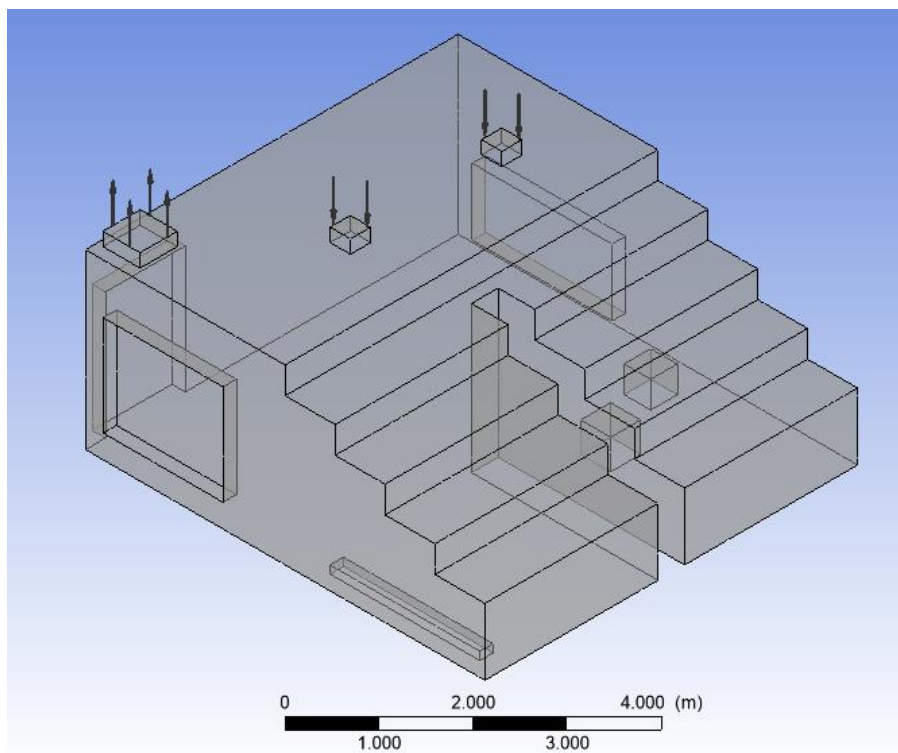
Establecimos las condiciones límite para cada uno de los elementos que forman parte tanto del laboratorio de sensopercepción como de la Cámara de Gesell.

5.7.3.1. Dominio y Mallado

Se establecieron los parámetros de dominio y mallado para los distintos espacios a simular.

Figura 49

Dominio Laboratorio de sensopercepción



Fuente: (Los Autores).

Figura 50

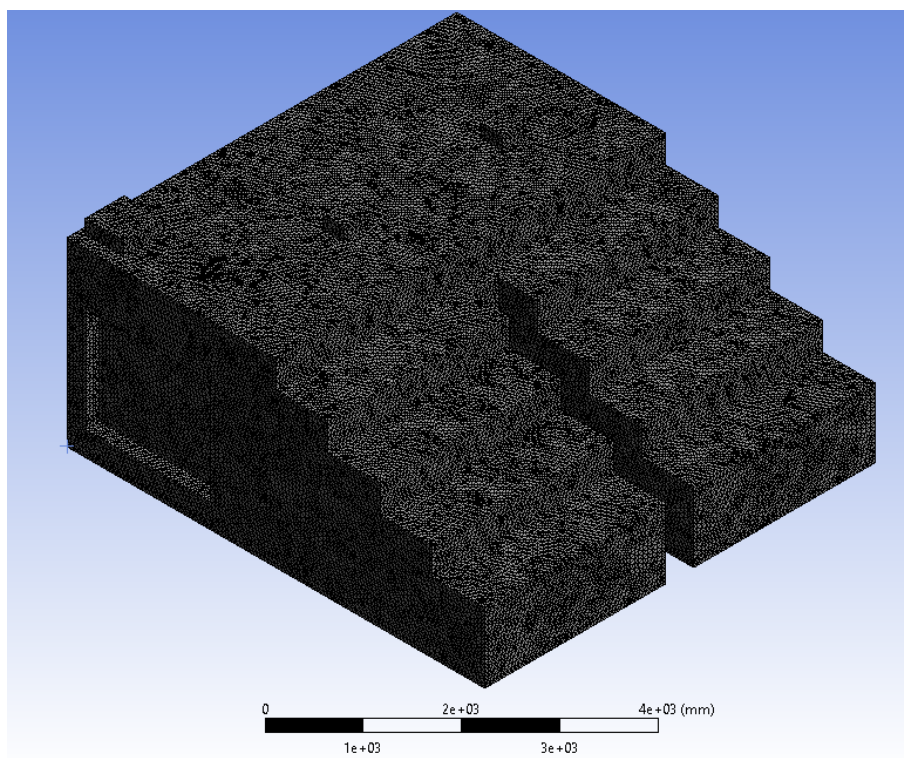
Número de nodos y elementos de mallado en el laboratorio de sensopercepción

Details of "Mesh" ▾ ⚙ □ ×	
[-] Display	
Display Style	Use Geometry Setting
[+] Defaults	
[+] Sizing	
[+] Quality	
[+] Inflation	
[+] Advanced	
[-] Statistics	
☐ Nodes	284947
☐ Elements	1509483

Fuente: (Los Autores).

Figura 51

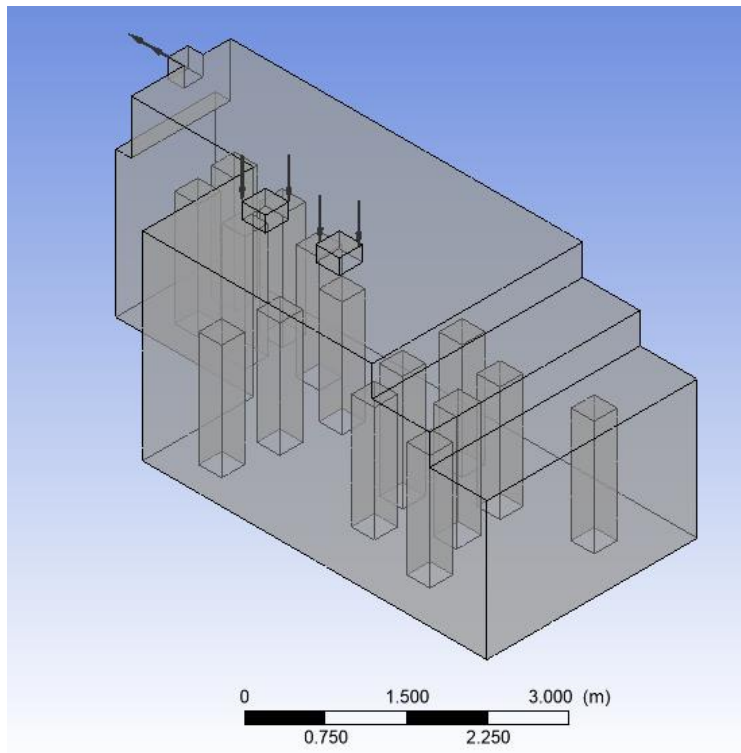
Mallado Laboratorio de sensopercepción



Fuente: (Los Autores).

Figura 52

Dominio Cámara de Gesell



Fuente: (Los Autores).

Figura 53

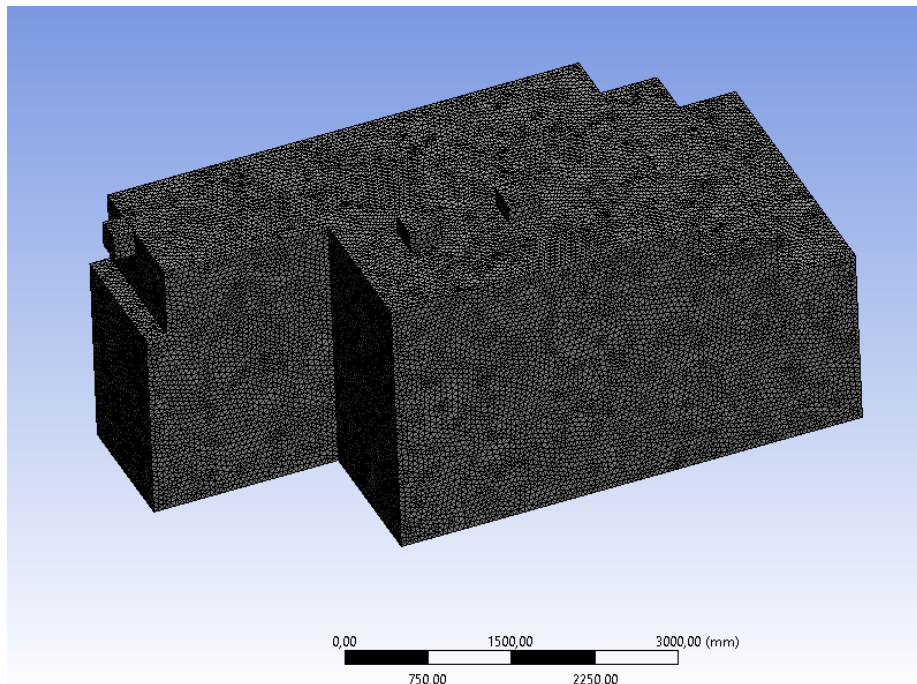
Número de nodos y elementos de mallado en la cámara de Gesell

Details of "Mesh"	
+ Display	
+ Defaults	
+ Sizing	
+ Quality	
+ Inflation	
+ Advanced	
- Statistics	
☐ Nodes	176596
☐ Elements	929836

Fuente: (Los Autores).

Figura 54

Mallado de la Cámara de Gesell

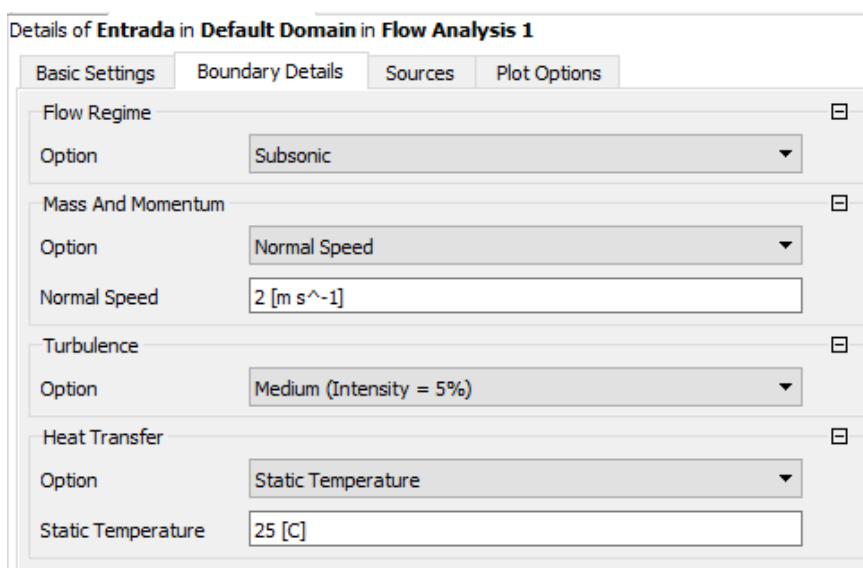


Fuente: (Los Autores).

5.7.3.2. Condiciones límite para elementos en el laboratorio de sensopercepción

Figura 55

Condiciones límite para entrada de aire



Fuente: (Los Autores).

Figura 56

Condiciones límite para salida de aire

Details of **Salida** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Flow Regime ⊞

Option Subsonic ▼

Mass And Momentum ⊞

Option Average Static Pressure ▼

Relative Pressure 1 [atm]

Pres. Profile Blend 0.05

Pressure Averaging ⊞

Option Average Over Whole Outlet ▼

Fuente: (Los Autores).

Figura 57

Condiciones límite para equipo electrónico dado

Details of **Dado** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Heat Flux ▼

Heat Flux in 54.25 [W m⁻²]

Fuente: (Los Autores).

Figura 58

Condiciones límite para equipo electrónico pared de golpes

Details of **Golpes** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Heat Flux ▼

Heat Flux in 89.55 [W m⁻²]

Fuente: (Los Autores).

Figura 59

Condiciones límite para equipo electrónico laberinto

Details of **Laberinto** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Heat Flux ▼

Heat Flux in 17.96 [W m⁻²]

Fuente: (Los Autores).

Figura 60

Condiciones límite para equipo electrónico piano

Details of **Piano** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Heat Flux ▼

Heat Flux in 147.78 [W m⁻²]

Fuente: (Los Autores).

Figura 61

Condiciones límite para equipo tubo de colores

Details of **Tubo** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Heat Flux ▼

Heat Flux in 78 [W m⁻²]

Fuente: (Los Autores).

Figura 62

Condiciones límite para puerta de ingreso

Details of **Puerta** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▾

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▾

Heat Transfer ⊞

Option Adiabatic ▾

Fuente: (Los Autores).

Figura 63

Condiciones límite para paredes

Details of **Pared** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▾

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▾

Heat Transfer ⊞

Option Temperature ▾

Fixed Temperature 15.91 [C]

Fuente: (Los Autores).

Figura 64

Condiciones límite para personas

Details of **Personas** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

Option Temperature ▼

Fixed Temperature 35 [C]

Fuente: (Los Autores).

5.7.3.3. Condiciones límite para elementos en la Cámara de Gesell

Figura 65

Condiciones límite para entrada de aire

Details of **Entrada** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Flow Regime ⊞

Option Subsonic ▼

Mass And Momentum ⊞

Option Normal Speed ▼

Normal Speed 2 [m s⁻¹]

Turbulence ⊞

Option Medium (Intensity = 5%) ▼

Heat Transfer ⊞

Option Static Temperature ▼

Static Temperature 23 [C]

Fuente: (Los Autores).

Figura 66

Condiciones límite para salida de aire

Details of **Salida** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Flow Regime ⊞

Option Subsonic ▼

Mass And Momentum ⊞

Option Average Static Pressure ▼

Relative Pressure 1 [atm]

Pres. Profile Blend 0.05

Pressure Averaging ⊞

Option Average Over Whole Outlet ▼

Fuente: (Los Autores).

Figura 67

Condiciones límite para las paredes

Details of **Paredes** in **Default Domain** in **Flow Analysis 1**

Basic Settings Boundary Details Sources Plot Options

Mass And Momentum ⊞

Option No Slip Wall ▼

☐ Wall Velocity ⊕

Wall Roughness ⊞

Option Smooth Wall ▼

Heat Transfer ⊞

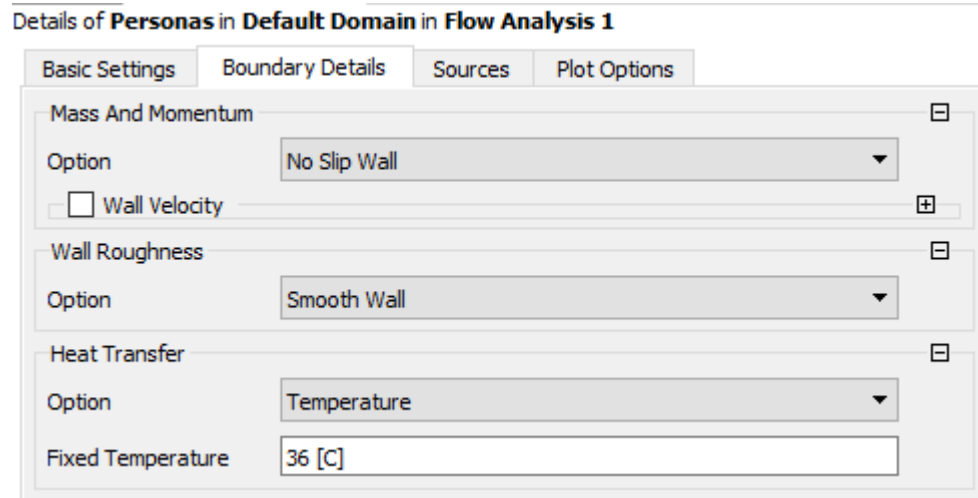
Option Temperature ▼

Fixed Temperature 14.62 [C]

Fuente: (Los Autores).

Figura 68

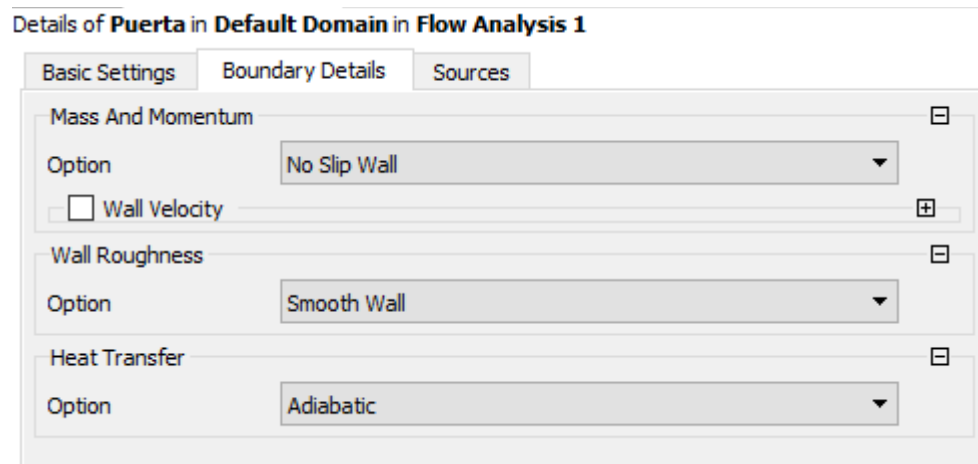
Condiciones límite para personas



Fuente: (Los Autores).

Figura 69

Condiciones límite para puerta de ingreso



Fuente: (Los Autores).

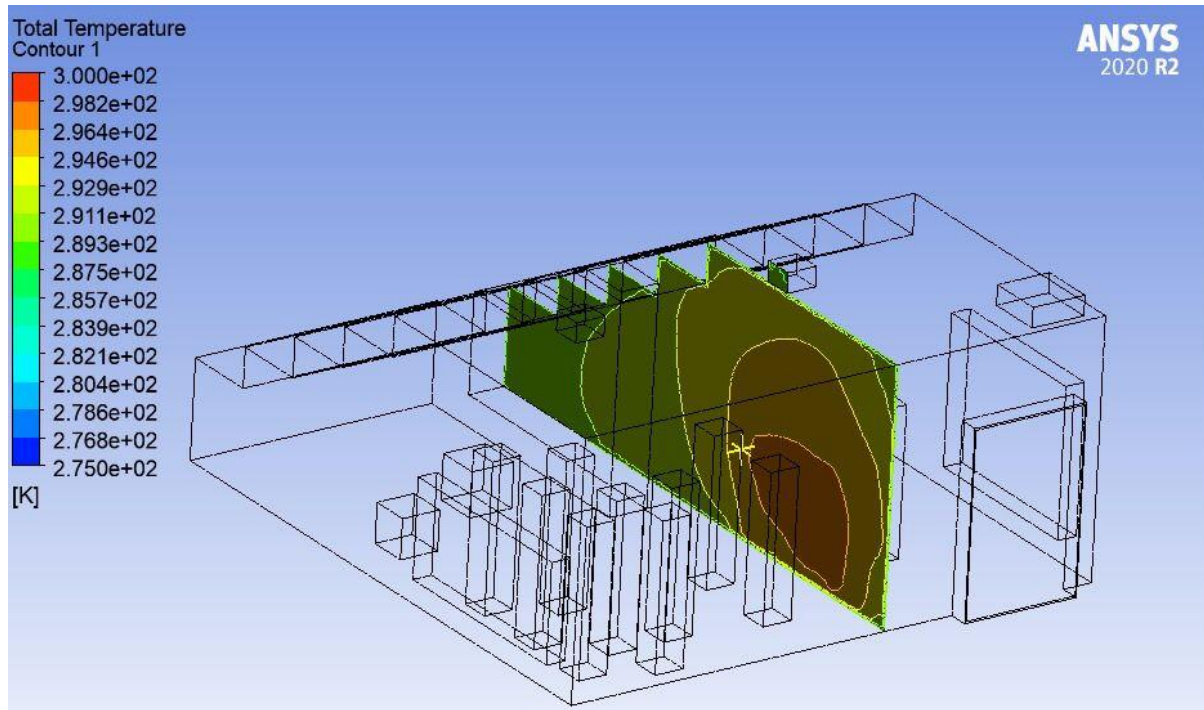
5.7.4. Resultados de simulación con implementación del sistema de climatización

Las simulaciones del sistema de climatización para cada uno de los espacios se realizaron obteniendo registros de temperatura cada 700 segundos. A continuación, se presentan las gráficas obtenidas en cada periodo de tiempo.

5.7.4.1. Laboratorio de sensopercepción

Figura 70

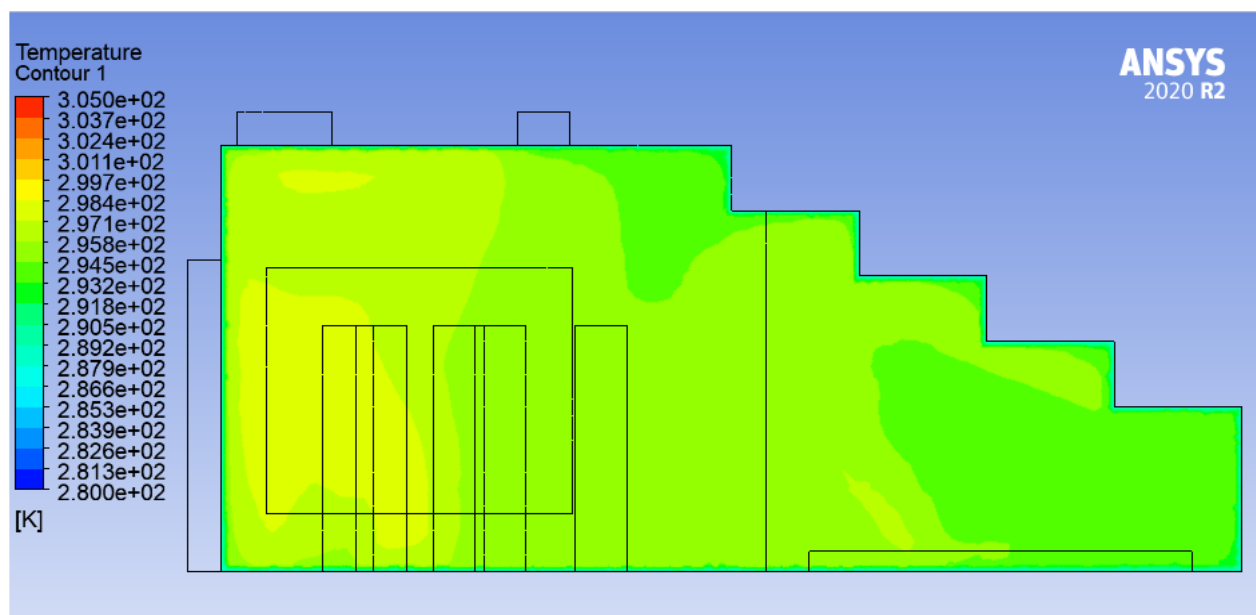
Ubicación del muestreo de temperatura en la simulación del laboratorio de sensopercepción.



Fuente: (Los Autores).

Figura 71

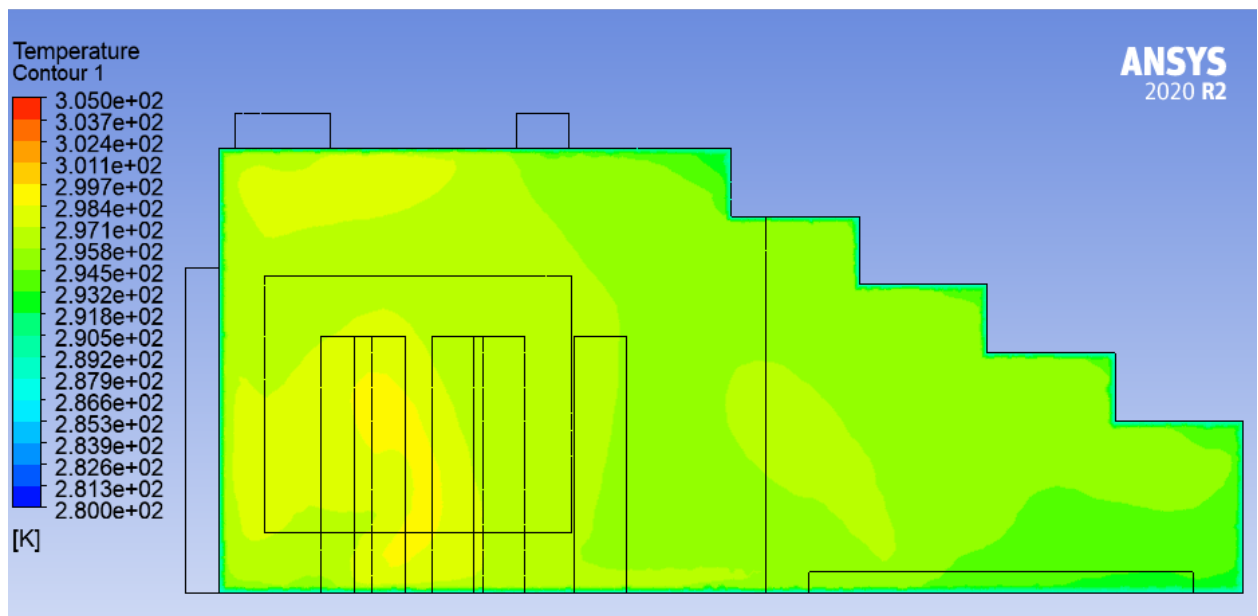
Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 700 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 72

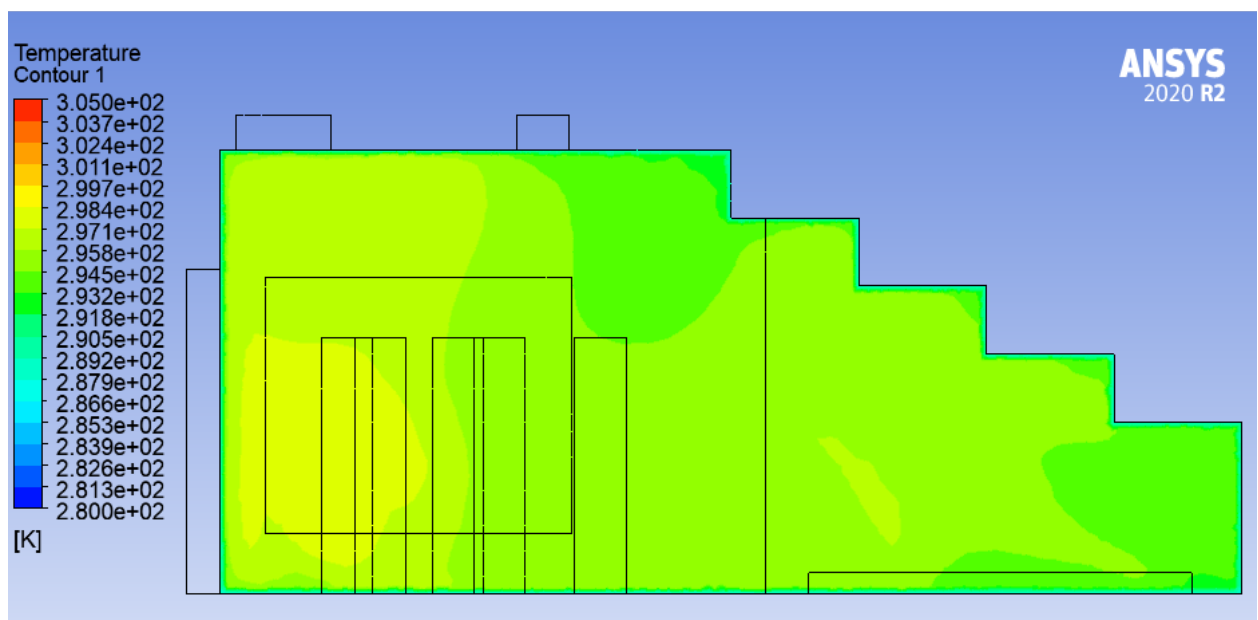
Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 1400 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 73

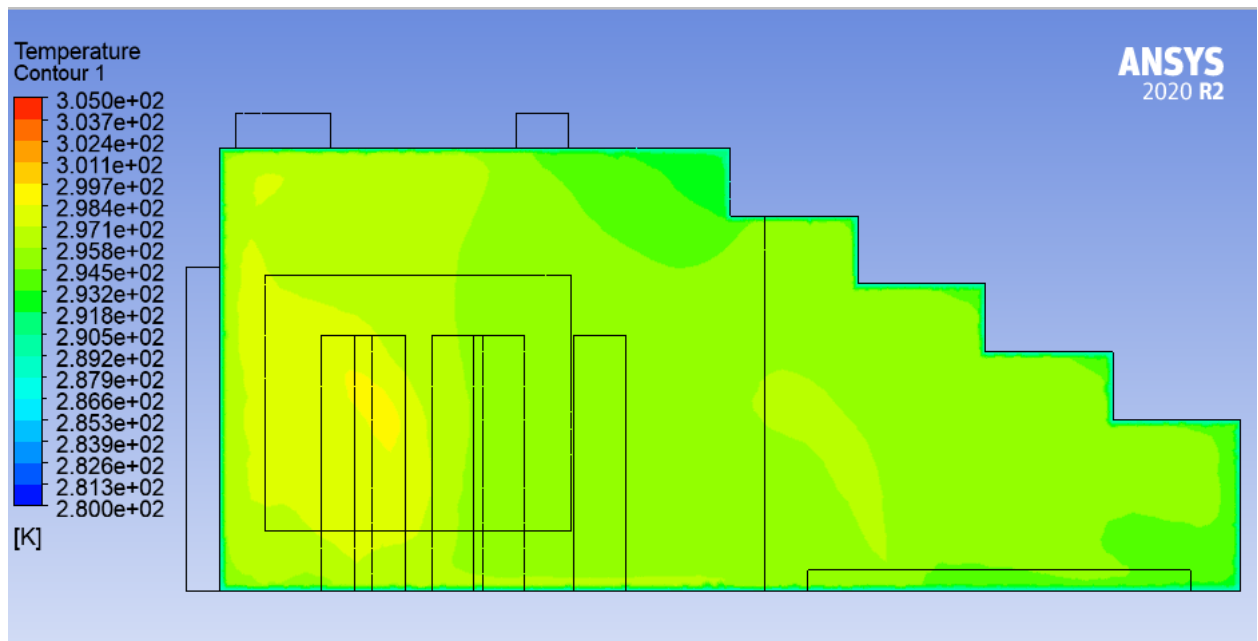
Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 2100 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 74

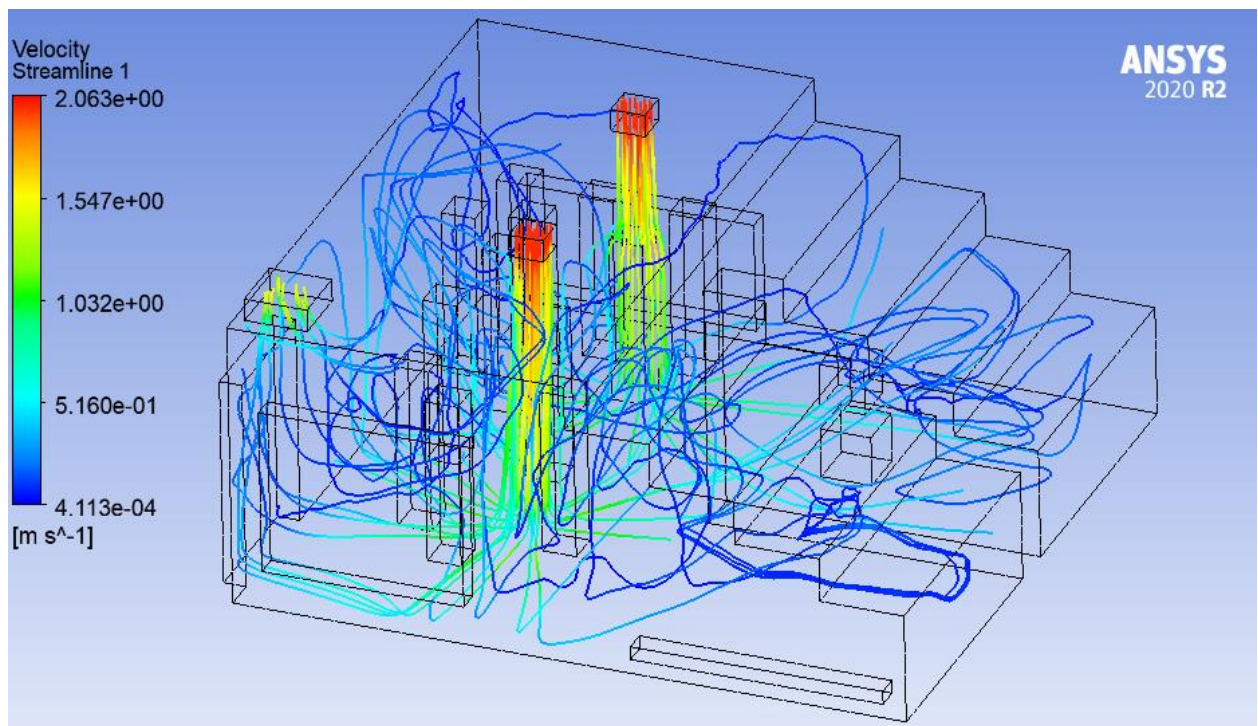
Temperatura de Laboratorio de sensopercepción a los 4200 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 75

Flujo de aire en Laboratorio de sensopercepción

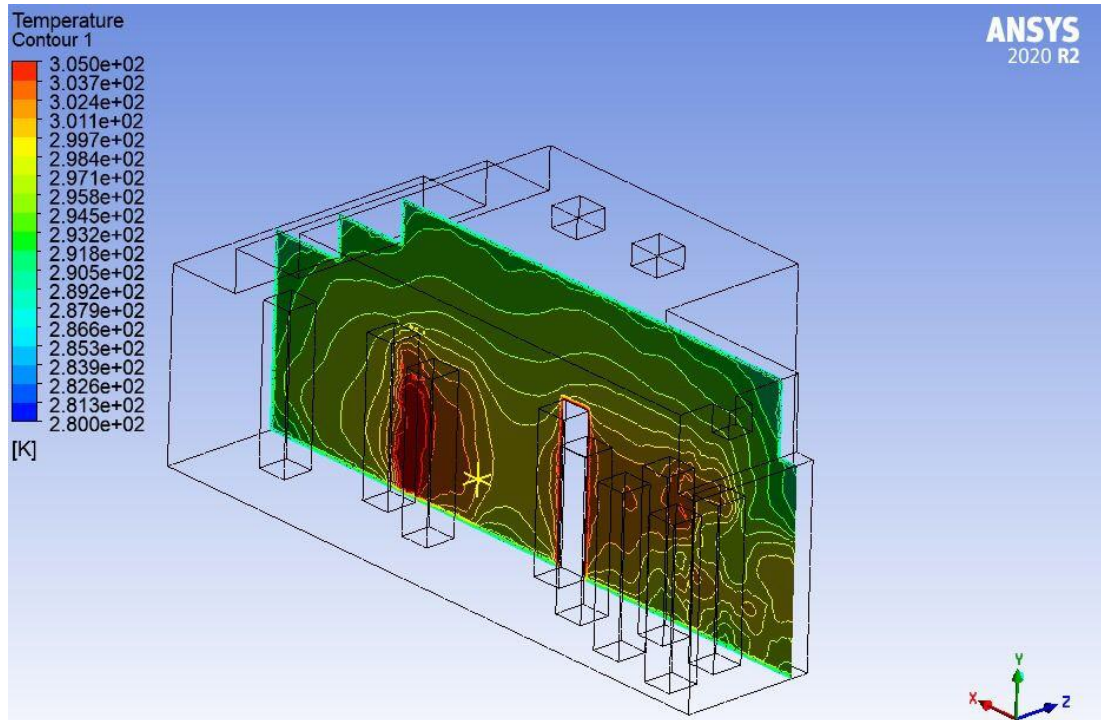


Fuente: (Los Autores).

5.7.4.2. Cámara de Gesell

Figura 76

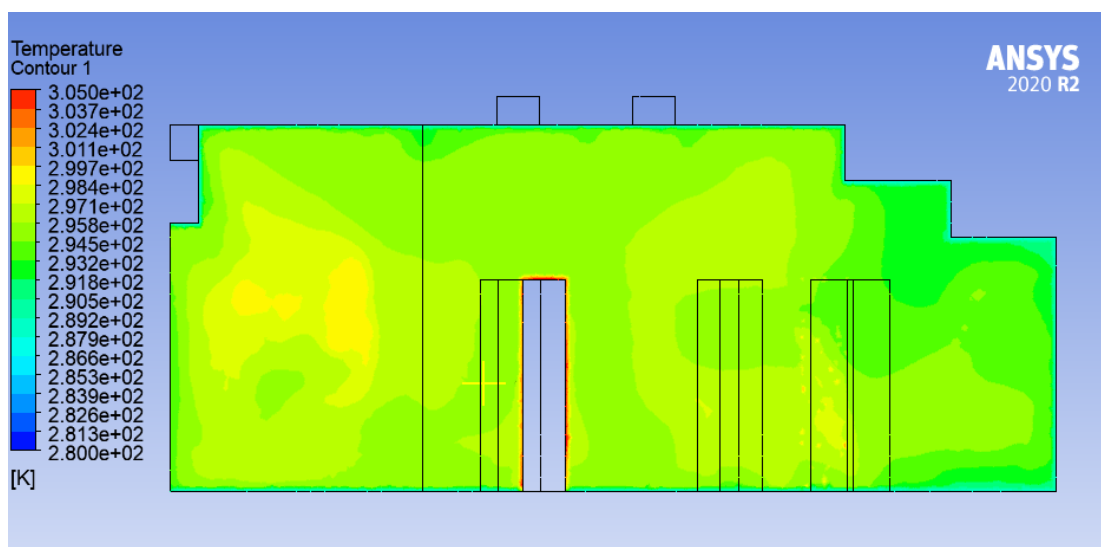
Ubicación del muestreo de temperatura en la simulación de la cámara de Gesell.



Fuente: (Los Autores).

Figura 77

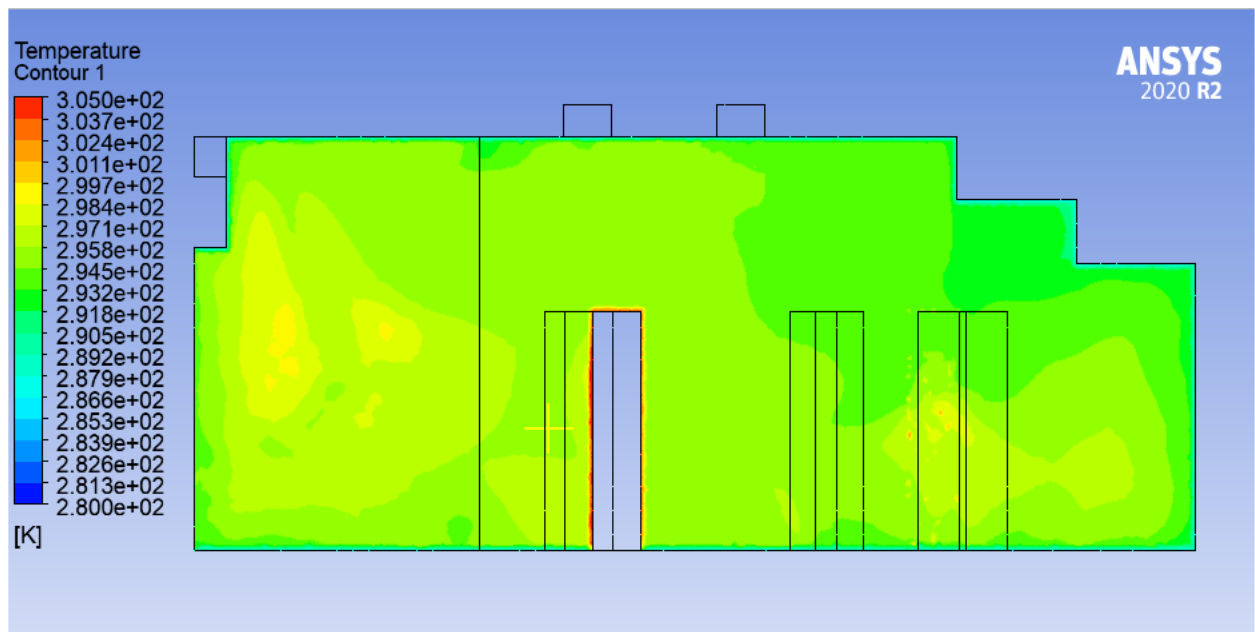
Temperatura de la Cámara de Gesell a los 700 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 78

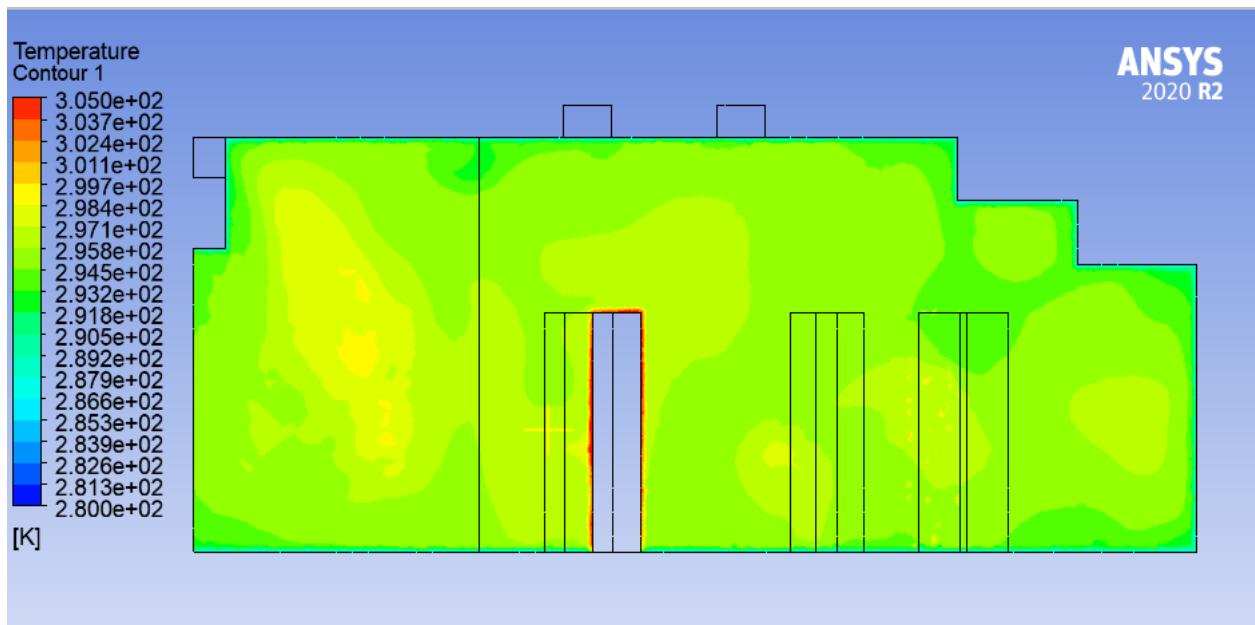
Temperatura de la Cámara de Gesell a los 2100s



Fuente: (Los Autores).

Figura 79

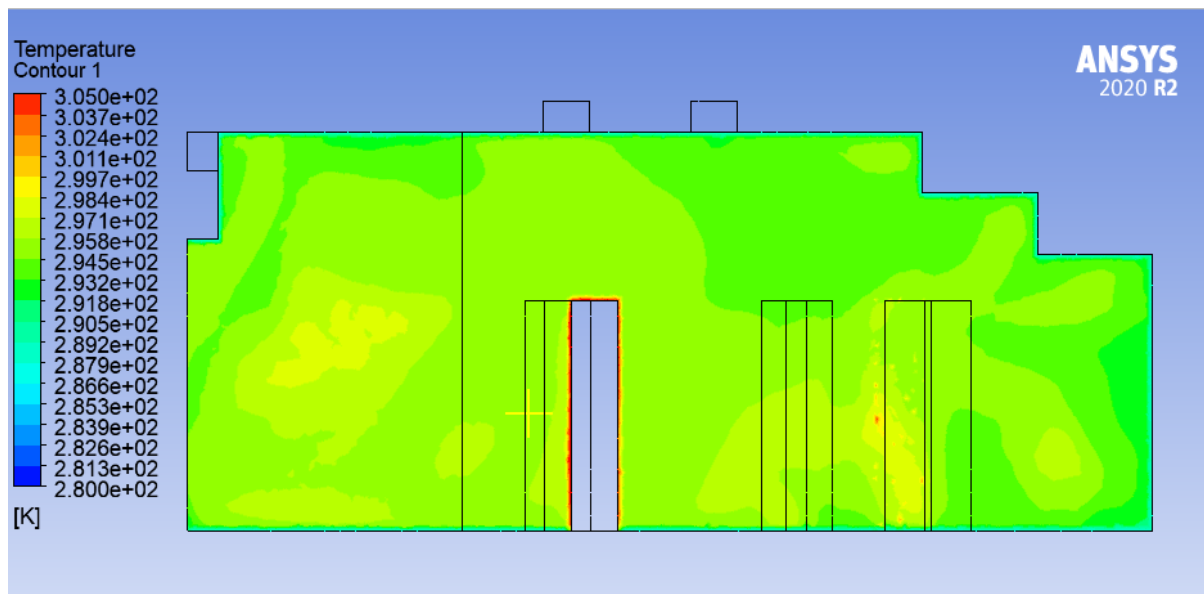
Temperatura de la Cámara de Gesell a los 4200 segundos



Fuente: (Los Autores).

Figura 80

Temperatura de la Cámara de Gesell a los 7000 segundos



Fuente: (Los Autores).

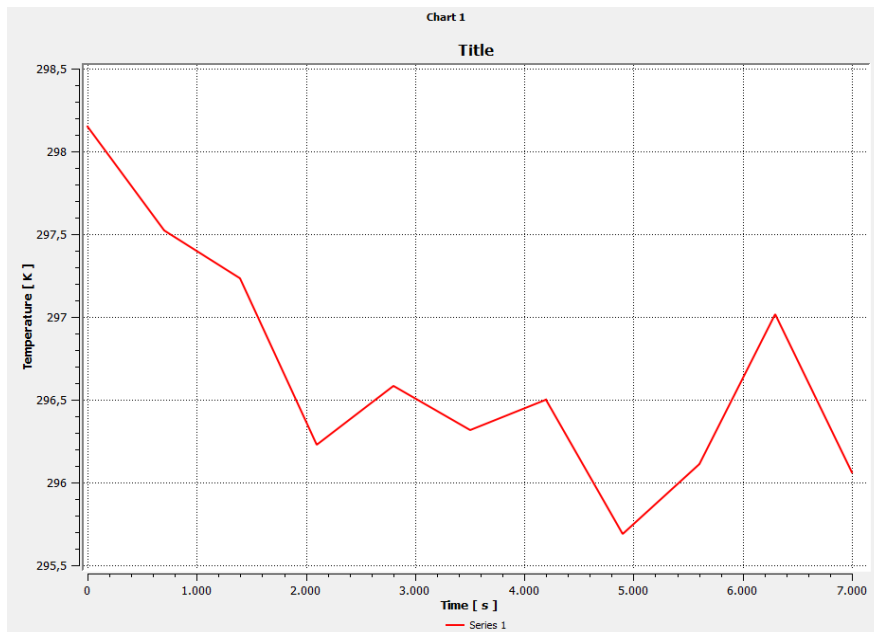
5.7.5. Comparación de resultados entre datos medidos y datos simulados

Se obtuvieron las siguientes graficas a partir de la simulación en las cuales se observa el cambio de temperatura en cada uno de los espacios simulados.

5.7.5.1. Laboratorio de Sensopercepción

Figura 81

Función temperatura-tiempo Laboratorio de sensopercepción



Fuente: (Los Autores).

Tabla 40

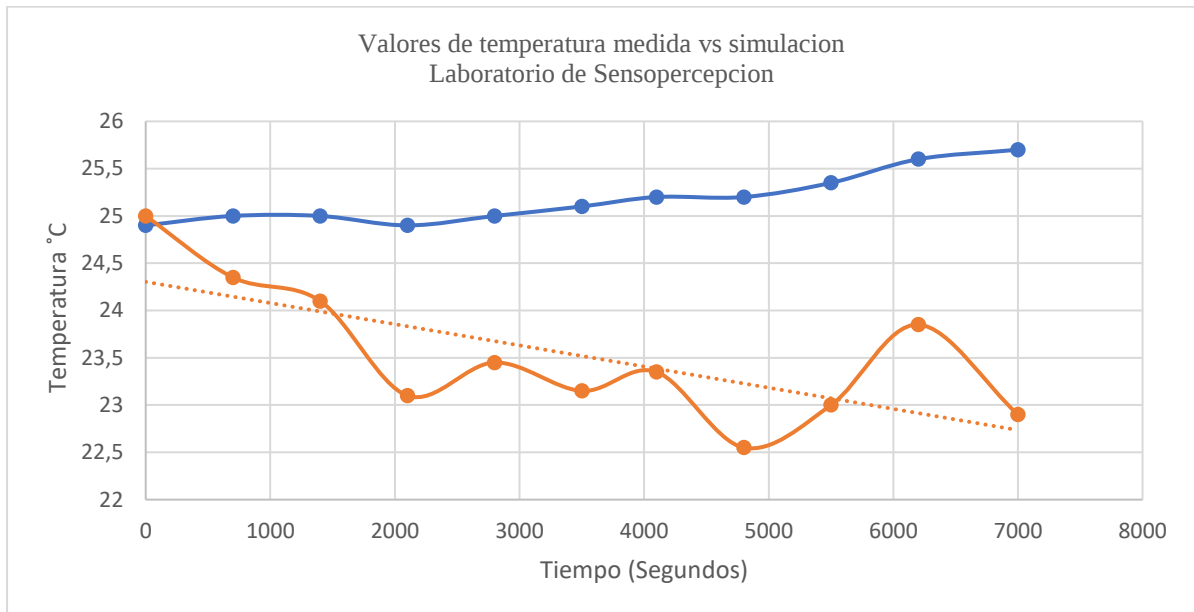
Valores de temperatura registrados de medición y simulación en el Laboratorio de Sensopercepción

<i>Tiempo (segundos)</i>	<i>Valores medidos</i>	<i>Valores simulación</i>
0	24,9	25
700	25	24,35
1400	25	24,1
2100	24,9	23,1
2800	25	23,45
3500	25,1	23,15
4100	25,2	23,35
4800	25,2	22,55
5500	25,35	23
6200	25,6	23,85
7000	25,7	22,9

Fuente: (Los Autores).

Figura 82

Grafica de comparación entre valores de temperatura medidos y resultados de simulación en el Laboratorio de Sensopercepción

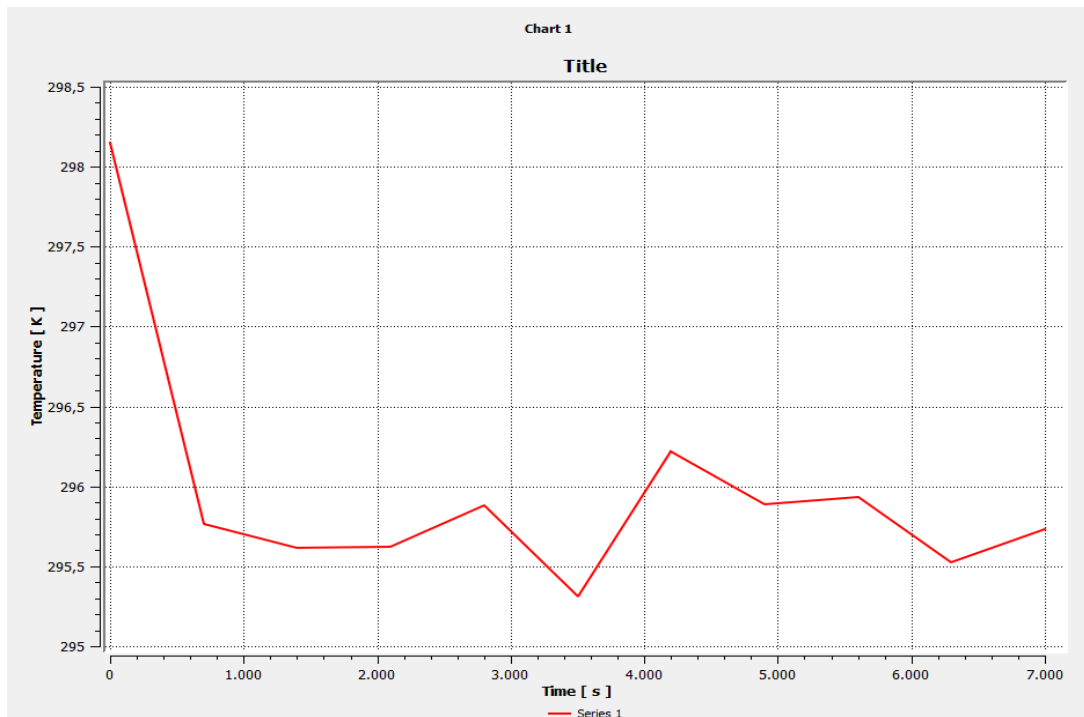


Fuente: (Los Autores).

5.7.5.2. Cámara de Gesell

Figura 83

Función temperatura-tiempo Cámara de Gesell



Fuente: (Los Autores).

Tabla 41

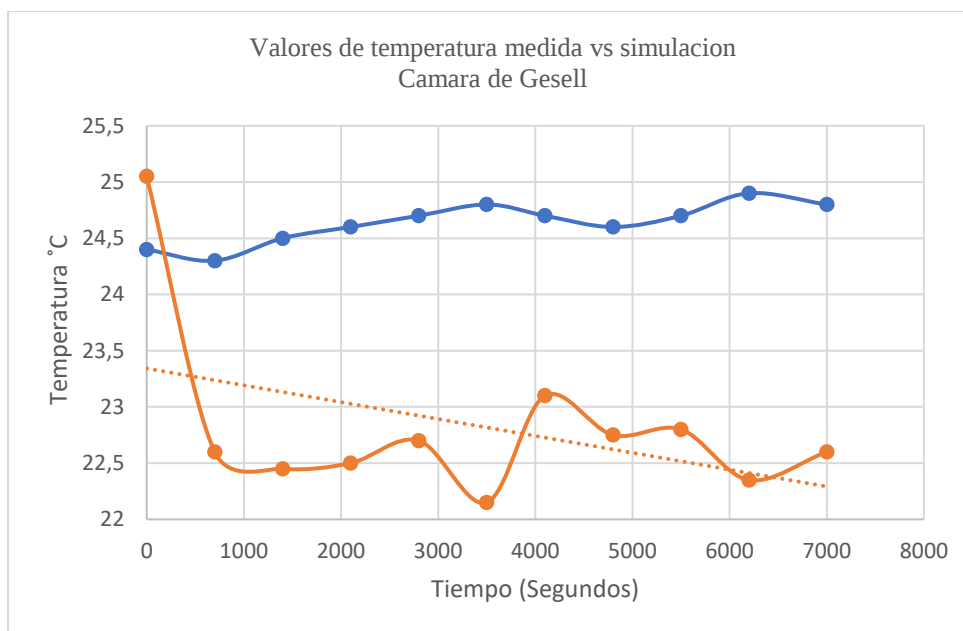
Valores de temperatura registrados de medición y simulación en la Cámara de Gesell

<i>Tiempo (segundos)</i>	<i>Valores medidos</i>	<i>Valores simulación</i>
0	24,4	25,05
700	24,3	22,6
1400	24,5	22,45
2100	24,6	22,5
2800	24,7	22,7
3500	24,8	22,15
4100	24,7	23,1
4800	24,6	22,75
5500	24,7	22,8
6200	24,9	22,35
7000	24,8	22,6

Fuente: (Los Autores).

Figura 84

Gráfica de comparación entre valores de temperatura medidos y resultados de simulación en la Cámara de Gesell



Fuente: (Los Autores).

5.7.6. Selección de accesorios

5.7.6.1. Ducto de tol galvanizado sin asilamiento

En la tabla 42 se pueden observar las características mínimas de ductos en función de la normativa SMACNA.

Figura 85

Ducto de ventilación sin aislante



Fuente:

Tabla 42

Características de ducto sin aislante

Característica:		Requerimiento Mínimo
Material:		Acero Galvanizado
Normativa de Fabricación:		SMACNA
Forma de Suministro:		Conformados en Fábrica en tramos no menores a 1.2m.
Uniones:		Según lo Indicado en la SMACNA, para los tamaños y espesores requeridos.
Soportes:		Canal troquelado de acero galvanizado, distanciados según lo indicado en la SMACNA.

Fuente: (Industrias Vermont, 2020)

5.7.6.2. Ducto de tol galvanizado con asilamiento

En la tabla 44 se pueden observar las características mínimas de ductos en función de la normativa SMACNA.

Tabla 43

Características de ducto con aislante

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Material:	Acero Galvanizado
Normativa de Fabricación:	SMACNA
Tipo de Aislamiento:	Lana de Vidrio o Lana Mineral con espesor mínimo de 12mm
Forma de Suministro:	Conformados en Fábrica en tramos no menores a 1.2m.
Uniones:	Según lo Indicado en la SMACNA, para los tamaños y espesores requeridos.
Soportes:	Canal troquelado de acero galvanizado, distanciados según lo indicado en la SMACNA.

Fuente: (Industrias Vermont, 2020)

5.7.6.3. Tubería de refrigeración, tipo ACR, diámetro 3/8'', 5/8''.

Figura 86

Tubería ACR



Fuente: (Motorex, 2018).

Tabla 44*Características de tubería de refrigeración*

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Material:	Cobre
Tipo de Cañería:	ACR
Presión admisible:	600 psi
Forma de Suministro:	Rollo de tubería flexible de 15m de longitud para cañerías de diámetro 3/8", 5/8"
Tipo de Soldadura:	Soldadura fuerte de plata.
Material de Aporte para soldadura:	Aleación de soldadura cobre – fósforo con plata mínimo al 15%.
Recubrimiento Térmico:	Caños de espuma elastomérica de espesor mínimo 12 mm.

Fuente: (Motorex, 2018)

*5.7.6.4. Cable de comunicación 14 AWG blindado***Tabla 45***Características de cable*

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Tipo de Cable:	2C/14 AWG blindado
Protección:	Manguera metálica BX
Conexiones:	Para la conexión del cable a los equipos será necesario la colocación de terminales en las puntas de los cables.

Fuente: (Motorex, 2018).

5.7.6.5. Refrigerante R410A

Figura 87

Cilindro de Refrigerante R410A



Fuente: (Freon, 2014)

Tabla 46

Características de refrigerante R410A

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Denominación:	R410a
Composición:	50% en peso de Pentafluoroetano (R-125) y 50% en peso de Difluorometano (R-32)

Fuente: (Freon, 2014)

5.5.4.6. Tubería para drenaje de equipo interior

Tabla 47

Características de tubería para drenaje

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Denominación:	Tubería de presión para agua para juntas pegables
Diámetro mínimo:	1 1/2"
Aislamiento Térmico:	Lana de Vidrio o Lana Mineral con espesor mínimo de 12mm o Caños de espuma elastomérica de espesor mínimo 12mm".
Sifón:	Sifón anti-olores estándar de 1 1/2" de diámetro con juntas pegables.

Fuente: (Freon, 2014)

5.5.4.7. Manga flexible con aislamiento 8" y 6"

Figura 88

Manga Flexible con aislamiento



Fuente: (Industrias Vermont, 2020)

Tabla 48

Características de manga flexible con aislamiento

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Denominación:	Ducto flexible aislado 8" y 10"
Recubrimiento Exterior:	Lámina de aluminio resistente a rasgaduras
Aislamiento Térmico:	Lana de Vidrio 1/2"
Recubrimiento Interior:	Lámina de poliéster liso
Refuerzo:	Refuerzo helicoidal de alambre de acero encapsulado entre dos láminas de poliéster liso

Fuente: (Industrias Vermont, 2020)

5.5.4.8. *Rejillas de suministro 12"x12", con damper*

Tabla 49

Características de rejillas de suministro.

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Material:	Aluminio Anodizado
Color:	Blanco
Aletas exteriores orientables:	Si
Dámper de Calibración de Flujo:	Si
Tamaños:	12" X 12"

Fuente:

5.5.4.9. *Rejilla de retorno de 22''x22'', sin damper*

Tabla 50

Característica de rejilla de retorno

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Material:	Aluminio Anodizado
Color:	Blanco
Aletas exteriores orientables:	Si
Dámper de Calibración de Flujo:	NO
Tamaños:	22" X 22", 18"X8"

Fuente:

5.5.4.10. *Rejilla de renovación de aire, 10''x10''*

Tabla 51

Característica de rejilla de retorno

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Material:	Aluminio Anodizado
Color:	Blanco
Aletas exteriores orientables:	Si
Dámper de Calibración de Flujo:	No
Tamaños:	10" X 10"

Fuente:

5.5.4.11. Control individual de pared

Figura 89

Control Individual de Pared



Fuente: (Mitsubishi, 2019)

Tabla 52

Característica de control individual

<i>Característica:</i>	<i>Requerimiento Mínimo</i>
Número de Unidades Interiores controlables en un solo grupo:	16
Unidades de Temperatura en el Display:	Grados Celsius
Tipo:	Simple / Empotrable en Pared / con Cable de Comunicación
Funciones Incorporadas:	ON/OFF Modos de Operación: AUTO (para sistemas heat recovery), FRIO, CALOR, VENTILADOR. Set de Temperatura Velocidad de Ventilador Dirección de Flujo de Aire
Sensor de Temperatura:	Capacidad de censar temperatura desde el control remoto.
Diagnóstico:	Capacidad para mostrar en el display, los códigos de error del sistema.

Fuente: (Mitsubishi, 2019).

6. Análisis de Simulación

De los resultados que se pueden evidenciar en la simulación de nuestro trabajo, se ha determinado que la solución obtenida es válida para ambos espacios, tanto para el laboratorio de sensopercepción como para la cámara de Gesell encontramos que las temperaturas inician fuera del rango de confort y disminuyen hasta alcanzar la zona de confort según la normativa ASHRAE.

Para el laboratorio de sensopercepción:

En curva de color azul de la figura 37. se observa el comportamiento de la temperatura censada sin un sistema de climatización donde con el transcurso de tiempo el índice de temperatura aumenta llenado a una temperatura promedio de 25,7 °C. En la curva de color naranja de la figura 82 se observa el comportamiento de temperatura con la implementación de nuestro sistema de climatización donde la temperatura alcanza la zona de confort según la normativa ASHRAE entre un rango de 22 °C a 23 °C por lo tanto se valida el sistema de climatización propuesto para el laboratorio de sensopercepción de la universidad Politécnica Salesiana.

En el caso del laboratorio de sensopercepción se puede observar en los resultados de simulación la disminución de temperatura con respecto a los valores medidos en la sala, los valores de simulación fluctúan debido a las cargas térmicas de los equipos electrónicos y personas dentro del laboratorio.

Para la cámara de Gesell:

La figura 43 la curva azul muestra como la temperatura dentro de la sala sin un sistema de climatización se mantiene en un rango alrededor de 25 °C. En la curva de color naranja de la Figura 84 se visualiza la disminución de temperatura con la implementación del sistema propuesto, alcanzando valores dentro del rango entre 22 °C y 23 °C logrando ubicarnos en la zona de confort como establece la normativa ASHRAE. En el caso de la cámara de Gesell se puede observar mayor estabilidad en los cambios de temperatura puesto que existe menor fluctuación en los valores simulados debido a una menor carga térmica.

7. Análisis de costos

Se realizó un presupuesto para la instalación de los equipos en las zonas donde se plantea la propuesta a futura implementación. Para el presupuesto se detalló materiales, mano de obra, maquinaria, logística con el objeto de obtener el presupuesto total visualizado en la Tabla 57.

Tabla 53

Presupuesto de materiales y suministros

PRESUPUESTO DE MATERIALES Y SUMINISTROS					
CODIGO	DETALLE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CL001	UNIDAD EVAPORADORA TIPO FANCOIL DE 12,000 BTU/H	Unidad	1,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
CL002	UNIDAD EVAPORADORA TIPO FANCOIL DE 9,000 BTU/H	Unidad	1,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
CL003	UNIDAD EXTERIOR TIPO CONDENSADORA INVERTER, 12,000BTHU/H	Unidad	1,00	\$ 400,00	\$ 400,00
CL004	UNIDAD EXTERIOR TIPO CONDENSADORA INVERTER, 9,000BTHU/H	Unidad	1,00	\$ 400,00	\$ 400,00
CL005	DUCTO DE LAMINA DE ACERO GALVANIZADO SIN AISLANTE	Kilogramos	42,14	\$ 200,00	\$ 200,00
CL006	DUCTO DE LAMINA DE ACERO GALVANIZADO CON AISLANTE	Kilogramos	60,81	\$ 150,00	\$ 150,00
CL007	TUBERIA DE REFRIGERACION, TIPO ACR, DIAMETRO DE 3/8, INCLUYE AISLANTE, ACCESORIOS DE INSTALACION Y ANCLAJES.	Unidad	1,00	\$ 35,00	\$ 35,00
CL008	TUBERIA DE REFRIGERACION, TIPO ACR, DIAMETRO DE 5/8, INCLUYE AISLANTE, ACCESORIOS DE INSTALACION Y ANCLAJES.	Unidad	1,00	\$ 40,00	\$ 40,00
CL009	CABLE 3X14 AWG BLINDADO	Metros	10,00	\$ 39,33	\$ 393,30
CL010	REFRIGERANTE R410A	Unidad	1,00	\$ 61,40	\$ 61,40
CL011	TUBERÍA DRENAJE DE CONDENSADO, INCLUYE AISLAMIENTO	Metros	2,00	\$ 30,00	\$ 60,00
CL012	MANGA FLEXIBLE DE 8" CON AISLANTE	Kilogramos	5,00	\$ 36,00	\$ 180,00
CL013	MANGA FLEXIBLE DE 6" CON AISLANTE	Unidad	1,00	\$ 31,00	\$ 31,00
CL014	REJILLA DE SUMINISTRO DE 12X12", CON DAMPER	Unidad	1,00	\$ 18,00	\$ 18,00
CL015	REJILLA DE RETORNO DE 22X22"	Unidad	1,00	\$ 36,00	\$ 36,00
CL016	REJILLA DE RETORNO DE 18X8"	Unidad	1,00	\$ 30,00	\$ 30,00
CL017	REJILLA DE RENOVACION 10X10" CONTRO INDIVIDUAL, DE PARED, ALAMBRICO, CON SENSOR DE	Unidad	2,00	\$ 16,00	\$ 32,00
CL018	TEMPERATURA	Unidad	2,00	\$ 100,00	\$ 200,00

CL019	TANQUE DE NITROGENO	Unidad	1,00	\$ 150,00	\$ 150,00
CL020	SULDA DE PLATA	Unidad	6,00	\$ 5,00	\$ 30,00
CL021	ARANDELA PLANA GALVANIZADA 3/8"	Unidad	30,00	\$ 0,05	\$ 1,35
CL022	ARANDELA PLANA GALVANIZADA 1/4"	Unidad	30,00	\$ 0,03	\$ 0,90
CL023	TURCA ROSCA GALVANIZADA 3/8"	Unidad	30,00	\$ 0,05	\$ 1,50
CL024	TURCA ROSCA GALVANIZADA 1/4"	Unidad	30,00	\$ 0,03	\$ 0,90
CL025	VARILLA ROSCADA GALVANIZADA 1/4" X3M	Unidad	4,00	\$ 1,95	\$ 7,80
CL026	VARILLA ROSCADA GALVANIZADA 3/8" X3M	Unidad	4,00	\$ 3,20	\$ 12,80
CL027	AMARRAS PLASTICAS	Unidad	4,00	\$ 4,50	\$ 18,00
CL028	ACETILENO	Unidad	3,00	\$ 12,00	\$ 36,00
CL029	CINTA DE ALUMINIO REFORZADA 3"x50	Unidad	4,00	\$ 14,00	\$ 56,00
CL030	CINTA DE ALUMINIO LISA 3"x50	Unidad	3,00	\$ 8,00	\$ 24,00
CL031	TABLERO ELÉCTRICO	Unidad	1,00	\$ 300,00	\$ 300,00
CL032	CINTA RUBATEX 2"x1/8"	Unidad	3,00	\$ 8,00	\$ 24,00
					\$
TOTAL					4.929,95

Fuente: (Los Atutores).

Tabla 54

Presupuesto de mano de obra

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DETALLE	CANTIDAD	No DIAS	COSTO DIARIO DE SERVICIO	COSTO TOTAL DE SERVICIO	
	INGENIERO EN MECATRONICA	1	6	\$ 80,00	\$	480,00
	OBRERO 1	1	5	\$ 40,00	\$	200,00
	OBRERO 2	1	5	\$ 40,00	\$	200,00
				TOTAL	\$	880,00

Fuente: (Los Atutores).

Tabla 55

Presupuesto de Maquinaria

PRESUPUESTOS DE MAQUINARIA							
CODIGO	DETALLE	UNIDAD DE MEDIDA	No DIAS EN OBRA	COSTO DE MAQUINARIA	VIDA UTIL ESTIMADA EN DIAS	DEPRECIACION POR DIA	DEPRECIACION TOTAL
MF01	VACOMETRO	Unidad	1	\$ 200,00	730	\$ 0,27	\$ 0,27
MF02	MULTIMETRO	Unidad	1	\$ 45,00	365	\$ 0,12	\$ 0,12
MF03	MANGUERAS	Unidad	1	\$ 56,00	365	\$ 0,15	\$ 0,15
MF04	BOMBA DE VACIO	Unidad	1	\$ 500,00	1095	\$ 0,46	\$ 0,46
MF05	TALADRO	Unidad	4	\$ 400,00	730	\$ 0,55	\$ 2,19
MF06	MANOMETRO	Unidad	1	\$ 600,00	730	\$ 0,82	\$ 0,82
MF07	HEXAGONALES	Unidad	4	\$ 4,50	365	\$ 0,01	\$ 0,05
MF08	DESTORNILLADORES	Unidad	4	\$ 2,00	365	\$ 0,01	\$ 0,02
MF09	FLEXOMETROS	Unidad	4	\$ 6,00	2190	\$ 0,00	\$ 0,01
MF10	NIVEL	Unidad	4	\$ 4,00	365	\$ 0,01	\$ 0,04
MF11	CIERRA	Unidad	4	\$ 10,00	365	\$ 0,03	\$ 0,11
MF12	TIJERAS DE TOL	Unidad	4	\$ 12,00	182	\$ 0,07	\$ 0,26
MF13	CUCHILLAS	Unidad	4	\$ 5,00	60	\$ 0,08	\$ 0,33
MF14	SENSOR DE TEMPERATURA	Unidad	1	\$ 100,00	730	\$ 0,14	\$ 0,14
MF15	SENSOR DE FLUJO DE AIRE	Unidad	1	\$ 150,00	730	\$ 0,21	\$ 0,21
MF16	LLAVE DE PICO GRANDE	Unidad	4	\$ 15,00	365	\$ 0,04	\$ 0,16
MF17	LLAVE DE PICO MEDIANA	Unidad	4	\$ 10,00	365	\$ 0,03	\$ 0,11
MF18	LLAVE DE PICO PEQUEÑA	Unidad	4	\$ 5,00	365	\$ 0,01	\$ 0,05
MF19	INTERFAZ	Unidad	2	\$ 500,00	1825	\$ 0,27	\$ 0,55
MF20	COMPUTADOR A	Unidad	2	\$ 500,00	2920	\$ 0,17	\$ 0,34
MF21	JUEGO DE DADOS	Unidad	4	\$ 10,00	365	\$ 0,03	\$ 0,11
MF22	PLAYO	Unidad	4	\$ 5,00	365	\$ 0,01	\$ 0,05
MF23	CORTA FRIO	Unidad	4	\$ 4,00	365	\$ 0,01	\$ 0,04
MF24	ESCALERAS	Unidad	2	\$ 400,00	365	\$ 1,10	\$ 2,19
						TOTAL	\$ 8,82

Fuente: (Los Atutores).

Tabla 56*Presupuesto de logística*

PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVOS				
CODIGO	DETALLE	Nº DIAS EN OBRA	COSTO DIARIO	COSTO TOTAL
OP1	MOVILIZACION	5	10	\$ 50,00
OP2	ALIMENTACION	5	10	\$ 50,00
OP3	EQUIPO DE SEGURIDAD	1	225	\$ 225,00
			TOTAL	\$ 325,00

Fuente: (Los Atutores).

Tabla 57*Presupuesto total*

COSTO TOTAL DEL PRESUPUESTO	
DETALLE	COSTO
PRESUPUESTO DE MATERIALES Y SUMINISTROS	\$ 4.929,95
PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA	\$ 880,00
PRESUPUESTO DE MAQUINARIA	\$ 8,82
PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVO	\$ 325,00
COSTO TOTAL	\$ 6.143,77
35% DE UTILIDAD	\$ 2.150,32
COSTO PRESUPUESTADO AL CLIENTE	\$ 8.294,08

Fuente: (Los Atutores).

8. Conclusiones y recomendaciones

Con la toma de mediciones reales de los espacios a diseñar se comprueba la necesidad de realizar un estudio para ventilar y climatizar las mismas. En base a los parámetros obtenidos se establecieron las condiciones para la simulación de los espacios sin la implementación del sistema logrando un error porcentual menor al 5% el cual valida la comparación entre los datos simulados y datos medidos.

El diseño propuesto está realizado bajo las necesidades de cada zona, por lo que se eligieron equipos que cumpla con las condiciones de funcionamiento en base a los cálculos realizados. Es importante establecer que los equipos elegidos cumplen con las características de ventilar y climatizar las áreas, a su vez mantienen una temperatura controlada y una buena recirculación de aire ya que brindan un ambiente de confort lo cual es un factor crucial en el desarrollo de nuestra investigación. Además, se procedió a seleccionar los equipos comerciales de aire acondicionado que brindaran a las zonas un ambiente controlado: uno de 12000 BTU/h para el laboratorio de sensopercepción y otro de 9000 BTU/h para la cámara de Gesell, mismos que fueron elegidos a través de una aproximación de cálculos realizados con el fin de obtener un valor de cargas térmicas totales existentes en cada zona.

En la normativa ASHRE establece que el confort está en un rango de 22 °C a 23 °C; cuando se realizó el modelo para la simulación se colocaron entradas y salidas de aire en función del diseño de climatización y ventilación observando en los resultados finales la disminución de temperatura con respecto a la temperatura inicial lo cual se puede verificar en la Tabla 40 y Figura 82 para el Laboratorio de Sensopercepción mientras que para la Cámara de Gesell se puede observar en la Tabla 41 y Figura 84.

Nuestro estudio cuenta también con un análisis de costos como se detalla en la Tabla 57, para la realización del presupuesto se pidieron diferentes proformas a proveedores a nivel nacional en el cual se detallan especificaciones, datos técnicos de los equipos de aire acondicionado, accesorios, materiales y mano de obra necesarios para una implementación futura del sistema de climatización en las zonas estudiadas.

En base al desarrollo de nuestro trabajo de titulación se recomienda tener ambientes controlados térmicamente para obtener un buen desempeño de los usuarios que realizan tareas de aprendizaje dentro de las aulas, ya que, al no existir ventilación natural ni forzada, se genera

malestar e inconformidad en las personas lo cual produce un bajo rendimiento y las capacidades de aprendizaje no serán optimas.

A su vez se deben tener en cuenta factores como el aislamiento térmico, la recirculación de aire, la incidencia de radiación solar y cargas térmicas existentes dentro de las aulas tanto de equipos electrónicos como de las personas para establecer aulas destinadas al desarrollo de actividades de aprendizaje y lúdicas dentro de la universidad, esto con el fin de brindar confort a los usuarios.

Si el sistema se lo llegara a implementar se recomienda colocar cielo falso en las zonas para mejorar la parte estética y facilitar la instalación de los equipos.

9. Referencias bibliográficas

- Angamarca, A. y Eduard, J. (2017). *Análisis del gradiente térmico para alcanzar condiciones de confort humano*, en el Aula F1 de la Universidad Politécnica Salesiana, p. 117.
- ASHRAE (2013). ASHRAE en Español. <https://www.ashrae.org/about/ashrae-en-espa%C3%B1ol>
- ASHRAE. (2007). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ANSI/ASHRAE*. https://www.academia.edu/9481452/Ventilation_for_Acceptable_Indoor_Air_Quality_ANSI_ASHRAE_Standard_62_1_2007_Ventilation_for_Acceptable_Indoor_Air_Quality_Users_Users_Manual_Manual
- ASHRAE. (2016). *Ashrae cooling and heating load calculation manual* (2nd edition). <http://m.ham-let.com/cgi-bin/open.php?article=ashrae+cooling+and+heating+load+calculation+manual+2nd+edition+pdf&code=26a3cc1ecbd56c76c4f96eb2f0a19286>
- Belendez, A. (2017). *Calor y temperatura. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal*. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/95287/1/Tema-4-Calor-y-temperatura.pdf>
- Bibing. (2014). *Equipos de climatización*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/fichero/3.+EQUIPOS+DE+CLIMATIZA+CI%C3%93N.pdf>
- Bosch. (2019). *Medidor Laser Bosch GLM 15*. <https://medidordedistancias.digital/bosch-glm-15/>
- Caloryfrío. (2016). *Fancoil—Funcionamiento del aire acondicionado*. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/fancoil.html#funcionamiento>
- Confort térmico y cuerpo humano*. (2020). <https://www.seiscubos.com/conocimiento/confort-termico-y-cuerpo-humano>
- CPS. (2014). *TS-100 | Temperature and Humidity Data Logger*. <https://www.cpsproducts.com/product-details/ts-100/>

- Duque, J., Flor, M. y Rodas, A. (2017). *Construcción de un sistema de monitoreo y control de calidad de aire en un ambiente cerrado*. p. 223.
- Fluke. (2015). *Termómetro Visual de Infrarrojos Fluke VT04A*. <https://www.fluke.com/es-mx/producto/medicion-de-temperatura/termometros-infrarrojos/vt04>
- Freon. (2014). *Refrigerante R410A: Características*. <https://www.freon.com/es-/media/files/freon/freon-410a-product-information.pdf?rev=267697ac174847b4a05bd48286d2186d>
- Goldsack, L. (2012). *Control de las características térmicas de los materiales*. Departamento de ciencias de la construcción. https://www.u-cursos.cl/fau/2010/1/AO305/1/material_docente/bajar?id_material=454903
- Gonzales, C. y Ferrando, R. (2018). *Instalaciones de climatización y ventilación* (Vol. 1). Conselleria de Cultura, Educación y Deporte Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia. http://www.frioycalor.info/Alzira/Alzira_Modulo6_InstalacionesClimatizacionVentilacion_Completo.pdf
- Hidalgo, G. y Lara, R. (2017). *Análisis de confort térmico en escuelas del milenio. Caso: Quito y Babahoyo*. p. 16.
- Industrias Vermont. (2020). *Ducto Flexible para Aire Acondicionado*. <https://vermont.com.mx/productos/ductos/ductos-flexibles/ducto-flexible-dfm/>
- Intensity. (2015). *Tipos de Ventilación*. Intensity Air. <https://intensity.mx/es/blog/tipos-de-ventilacion>
- Inzunza, J. (2006). *Temperatura*. http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf
- Martínez, C. (2015). *Sistemas de acondicionamiento de aire en arquitectura*. [Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6449/>

- MIDUVI. (2011). *Eficiencia energética en la construcción en Ecuador*.
<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>
- Mitsubishi. (2019) *SUBMITTAL DATA: PEAD-A12AA7 & SUZ-KA12NAR1*. 8.
https://mylinkdrive.com/viewPdf?srcUrl=http://enter.mehvac.com.s3.amazonaws.com/DAMRoot/Original/10009\M_PEAD-A12AA7_SUZ-KA12NAR1_SUBMITTAL-en.pdf
- Mitsubishi. (2019). *Controles, mando a distancia para aire acondicionado*.
https://mylinkdrive.com/USA/Controls/Remote_Controllers/Wall_Mount_Wired_CIT_Y_MULTI/PAC_YT53CRAU_J?product
- Mitsubishi. (2021). *SUBMITTAL DATA: SEZ-KD09NA4 & SUZ-KA09NA2*. 8.
https://mylinkdrive.com/viewPdf?srcUrl=http://enter.mehvac.com.s3.amazonaws.com/DAMRoot/Original/10008\M_SUBMITTAL_SEZ-KD09NA4_SUZ-KA09NA2-en.pdf
- Modelos evaluativos. (2018). *Modelos evaluativos de optimización y de simulación de contaminantes del aire*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/2678>
- Morocho, M. y Juárez, E. (2015). *Diseño de sistemas mecánicos de climatización y cámaras frías para zonas críticas en hospitales y clínicas*. 132.
- Motorex. (2018). *Tubería de Cobre Flexible—Tipo ACR*.
<http://www.motorex.com.pe/p/tuberia-flexible-tipo-acr/>
- Naturgy. (2018). *Los fancoils: Una solución eficiente para el aire acondicionado*.
https://www.naturgy.es/empresas/blog/los_fancoils_una_solucion_eficiente_para_el_aire_acondicionado
- OVACEN. (2012). *Tipos de sistemas de climatización y ejemplos*. <https://ovacen.com/tipos-sistemas-de-climatizacion-ejemplos/>
- Preciogas. (2019). *¿Qué es un FanCoil? Cómo funciona, tipos y precio*.
<https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/fancoil>

Rodriguez, R. (2016). *Calor y temperatura. Apuntes marca verde*.
https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_2/T9_2ESO_Calor_Temperatura_v2016.pdf

Roing, E. (2007). *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones* (4th ed.). E Roing.

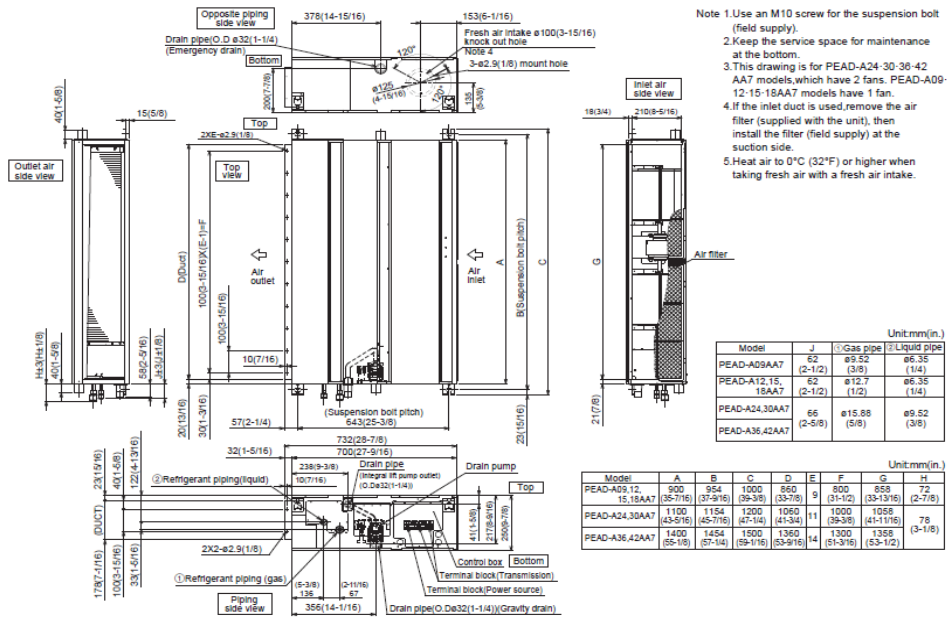
Spain, R. (2007). *Arte y Cemento*. Reed Business Information Spain.

Torres, R. y Castañeda, G. (2010). *Evaluación de Confort Térmico en Clima Cálido Subhúmedo*. Congreso Internacional de Academia Journals.

10. Anexos

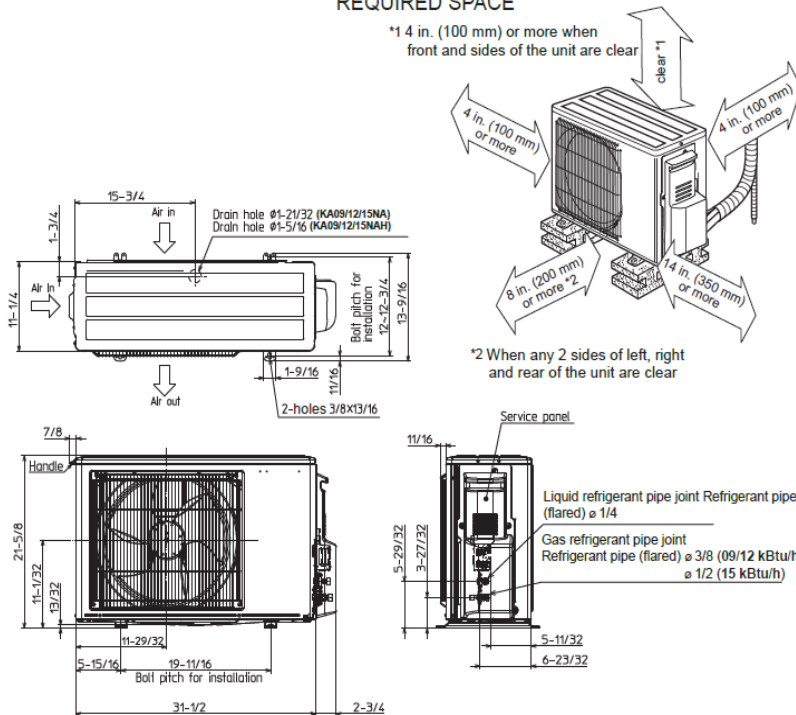
Anexos 1: Catalogo de equipo Fancoil

DIMENSIONS: PEAD-A09AA7



REQUIRED SPACE

*1 4 in. (100 mm) or more when front and sides of the unit are clear



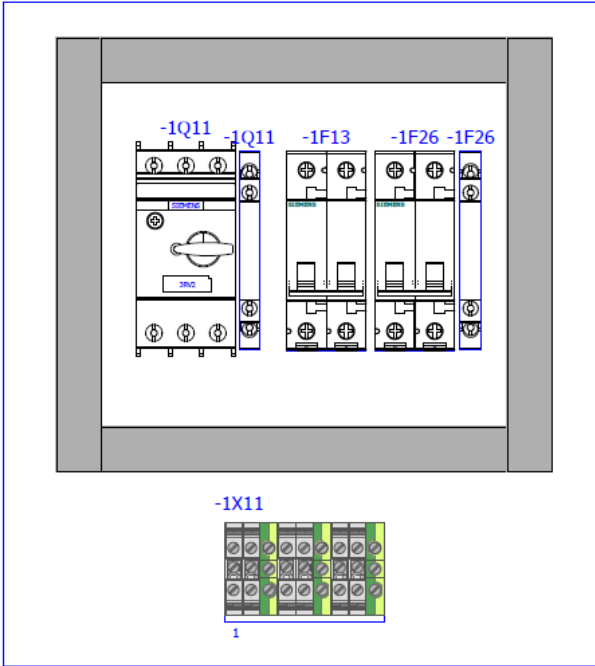
Anexos 2: Tablero eléctrico

CUADRO DE CONTROL PARA UNIDADES DE REFRIGERACION

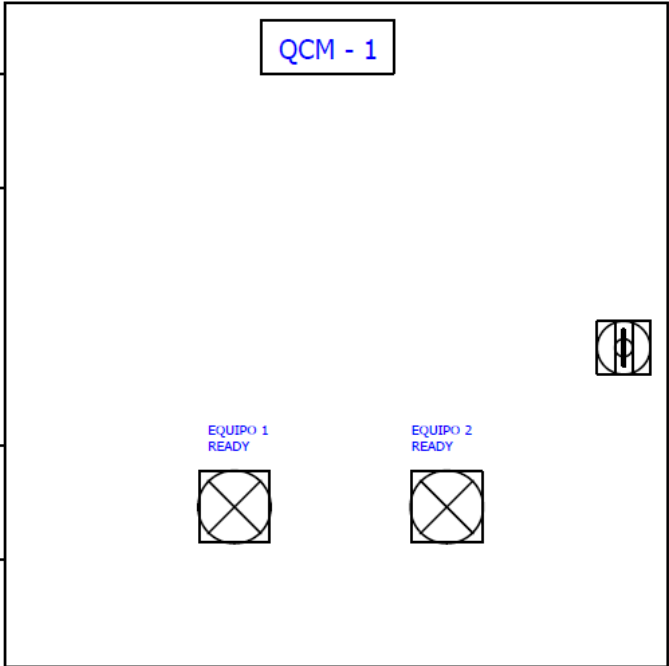
220 VAC
20 A
60 Hz

		Fecha	16/8/2021	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	PORTADA	= QCM1		0.b
		Resp.	EDU73				+		
		Probado		Plantilla de proyecto con estructura de identificación según la norma IEC: Estructura de página con instalación y lugar de montaje y tipo de documento			IEC_tpl003		Hoja 0.a
Cambio	Fecha	Nombre	Original	Sustitución por	Sustituido por				Página 1 / 4

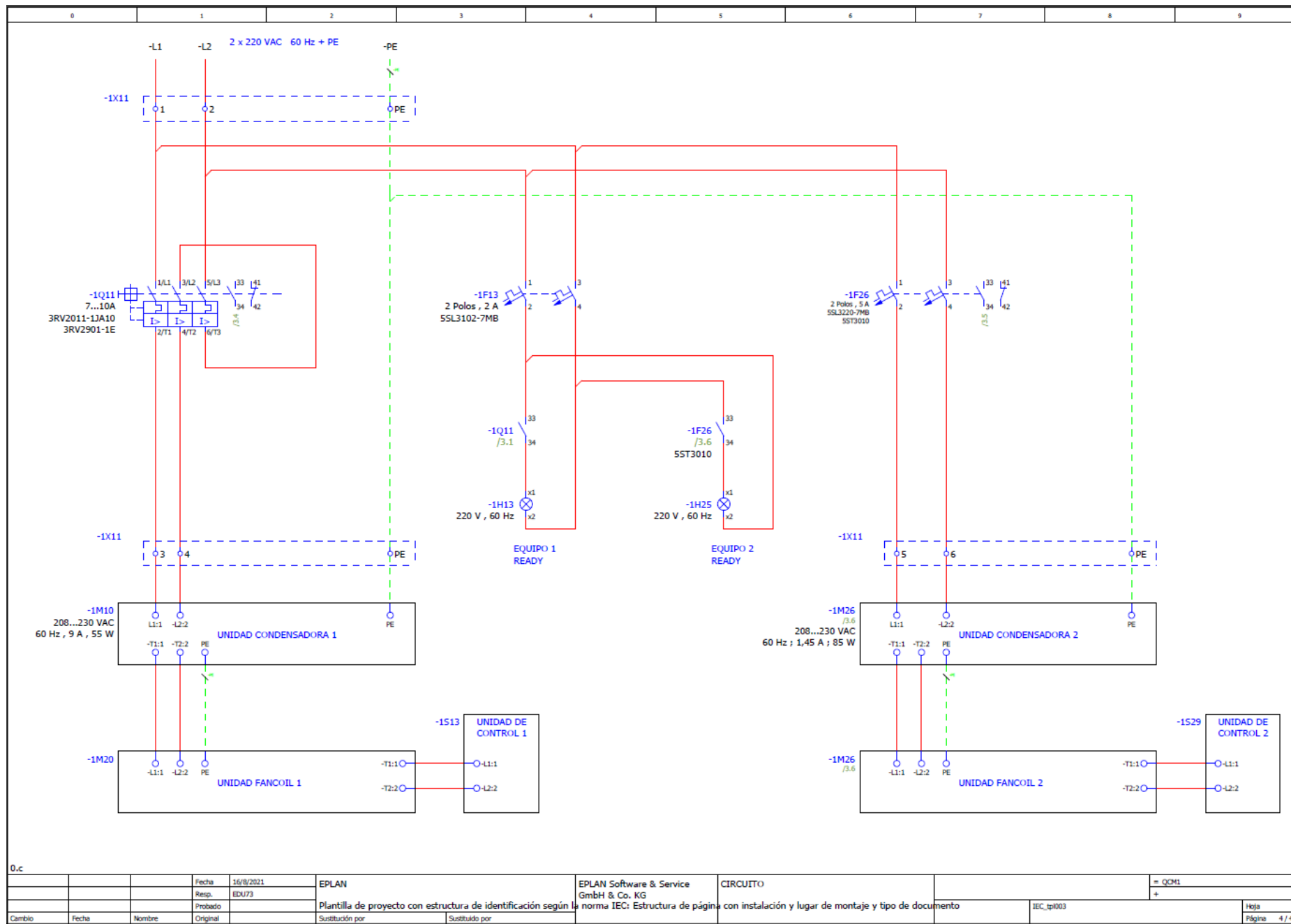
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300 mm 100 mm									
0.a									
			Fecha	16/8/2021	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	ARMARIO 1		= QCM1
			Resp.	EDU73					+
			Probado		Plantilla de proyecto con estructura de identificación según la	norma IEC: Estructura de página	con instalación y lugar de montaje y tipo de documento		
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por		IEC_tp003	Hoja 0.b
									Página 2 / 4



BORNERA:
1 LINEA 1
2 LINEA 2
PE TIERRA
3 SALIDA 1
4 SALIDA 2
PE TIERRA
5 SALIDA 3
6 SALIDA 4
PE TIERRA

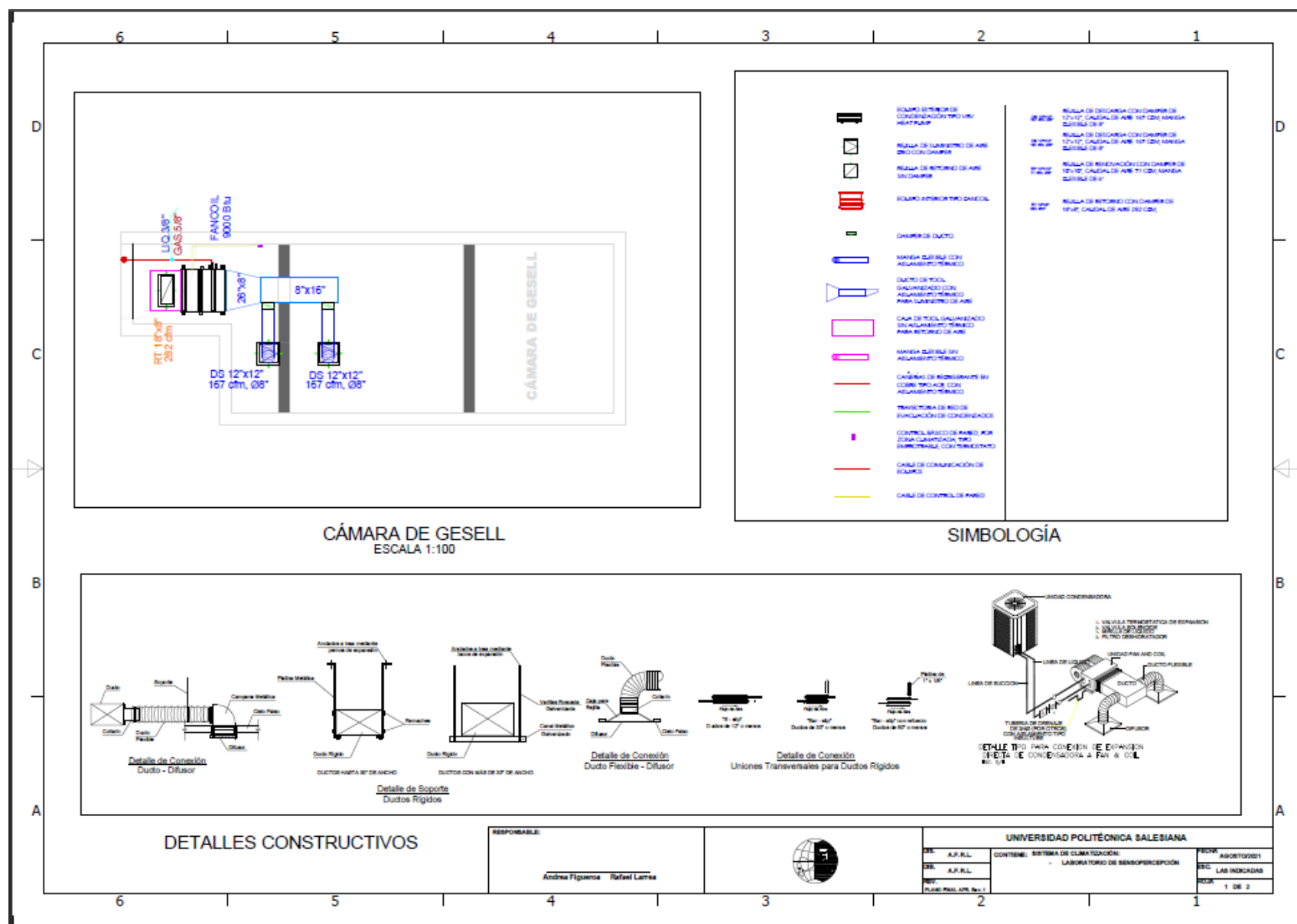


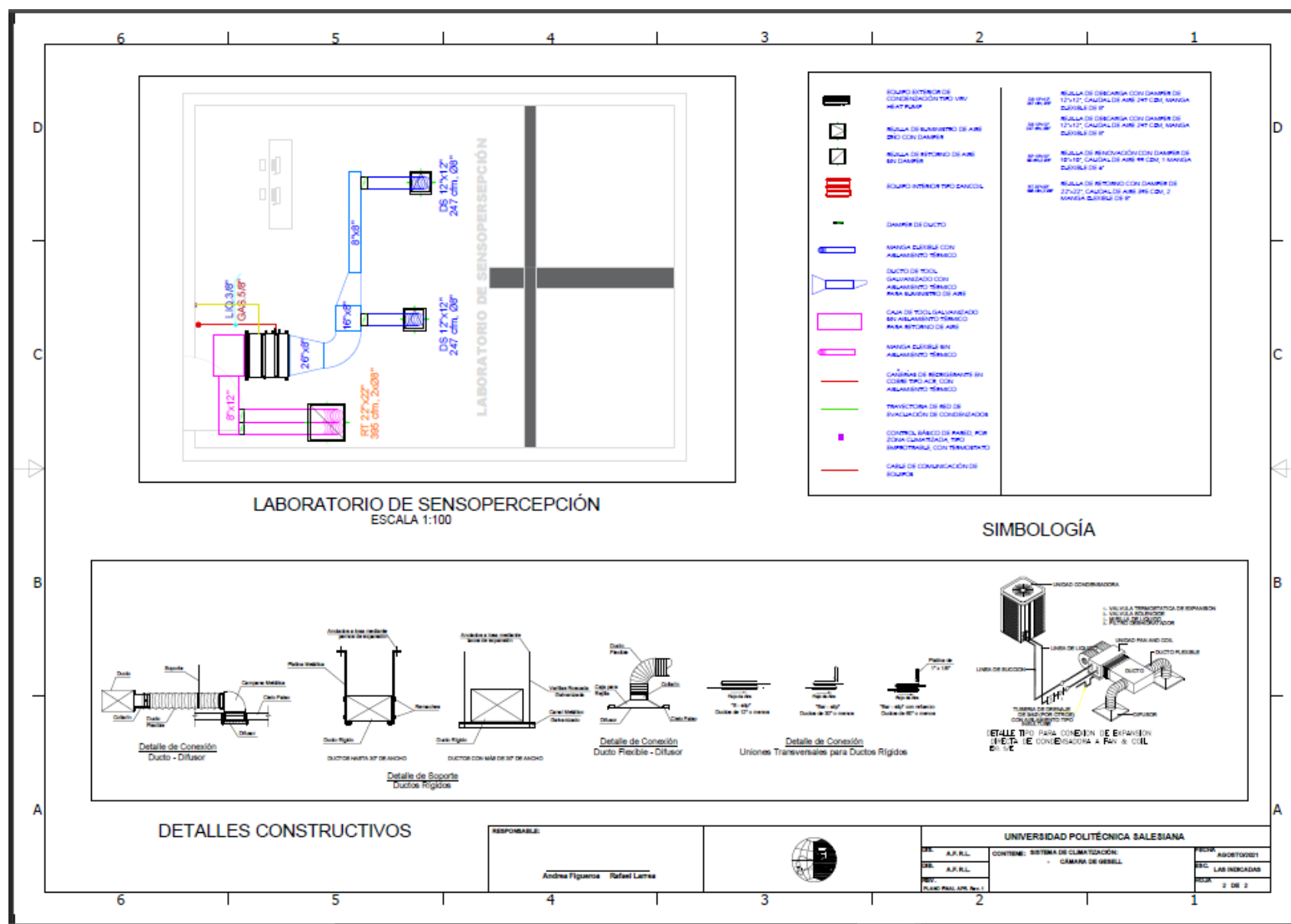
0.b										3	
			Fecha	16/8/2021	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	CONEXION	= QCM1			
			Resp.	EDU73				+			
			Probado					Plantilla de proyecto con estructura de identificación según la norma IEC: Estructura de página con instalación y lugar de montaje y tipo de documento			
Cambio	Fecha	Nombre	Original		Sustitución por	Sustituido por		IEC tp003	Hoja	0.c	
									Página	3 / 4	



0.c				EPLAN				CIRCUITO				= QCM1	
Fecha 16/8/2021				EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				norma IEC: Estructura de página con instalación y lugar de montaje y tipo de documento				+	
Resp. EDU73				Plantilla de proyecto con estructura de identificación según la				IEC, tp1003				Hoja 3	
Original				Sustitución por				Página 4 / 4					

Anexos 3: Plano del sistema de climatización y ventilación en el Laboratorio de Sensopercepción y Cámara de Gesell



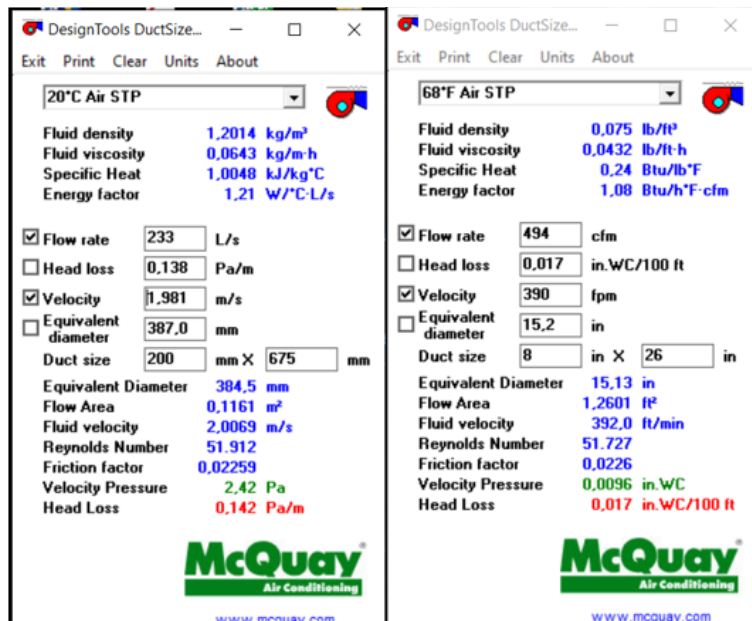


Anexos 3: Software Duct Sizer empleado para diseño de ductos.

- Laboratorio de sensopercepción de ducto de suministro

Figura 90

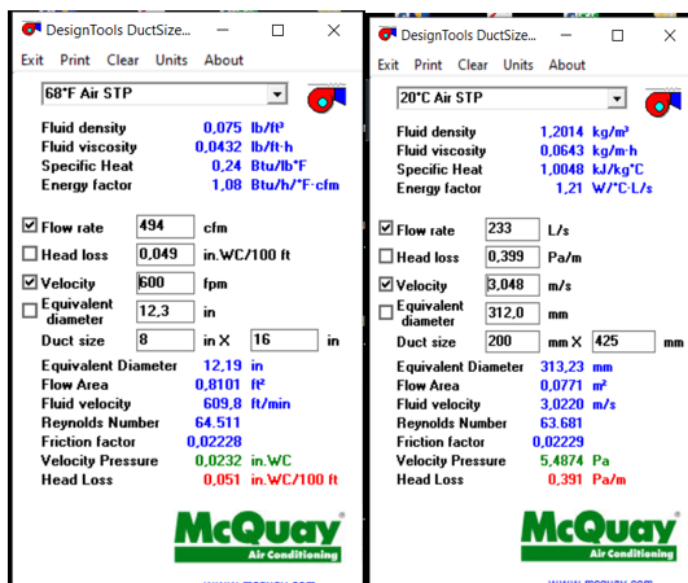
Tramo transición



Fuente: (Los autores).

Figura 91

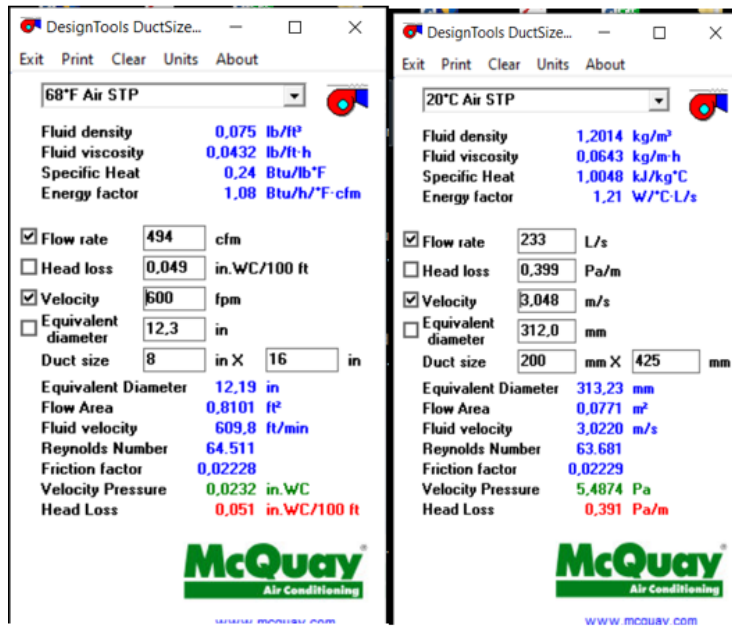
Tramo codo 90



Fuente: (Los autores).

Figura 92

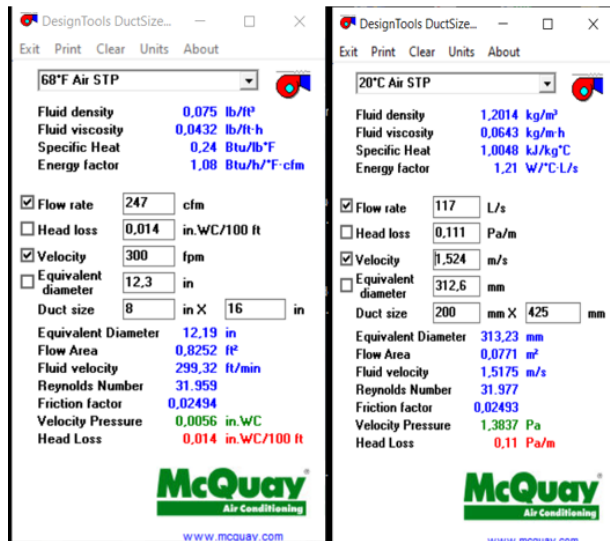
Tramo ducto



Fuente: (Los autores).

Figura 93

Tramo transición



Fuente: (Los autores).

Figura 94

Tramo ducto

DesignTools DuctSize... 68°F Air STP

Fluid density: 0.075 lb/ft³
 Fluid viscosity: 0.0432 lb/ft-h
 Specific Heat: 0.24 Btu/lb°F
 Energy factor: 1.08 Btu/h°F-cfm

☒ Flow rate: 248 cfm
☐ Head loss: 0.063 in.WC/100 ft
☒ Velocity: 560 fpm
☐ Equivalent diameter: 9.0 in
 Duct size: 8 in X 8 in

Equivalent Diameter: 8.75 in
 Flow Area: 0.4418 ft²
 Fluid velocity: 561.3 ft/min
 Reynolds Number: 43.855
 Friction factor: 0.02429
 Velocity Pressure: 0.0196 in.WC
 Head Loss: 0.064 in.WC/100 ft

McQuay Air Conditioning
 www.mcquay.com

DesignTools DuctSize... 20°C Air STP

Fluid density: 1.2014 kg/m³
 Fluid viscosity: 0.0643 kg/m-h
 Specific Heat: 1.0048 kJ/kg°C
 Energy factor: 1.21 W/°C-L/s

☒ Flow rate: 117 L/s
☐ Head loss: 0.517 Pa/m
☒ Velocity: 2.845 m/s
☐ Equivalent diameter: 228.8 mm
 Duct size: 200 mm X 225 mm

Equivalent Diameter: 231.79 mm
 Flow Area: 0.0422 m²
 Fluid velocity: 2.7725 m/s
 Reynolds Number: 43.234
 Friction factor: 0.02431
 Velocity Pressure: 4.6186 Pa
 Head Loss: 0.485 Pa/m

McQuay Air Conditioning
 www.mcquay.com

Fuente: (Los autores).

Figura 95

Manga de suministro

DesignTools DuctSize... 68°F Air STP

Fluid density: 0.075 lb/ft³
 Fluid viscosity: 0.0432 lb/ft-h
 Specific Heat: 0.24 Btu/lb°F
 Energy factor: 1.08 Btu/h°F-cfm

☒ Flow rate: 247 cfm
☐ Head loss: 0.069 in.WC/100 ft
☒ Velocity: 580 fpm
☐ Equivalent diameter: 8.8 in
 Duct size: 8 in X 8 in

Equivalent Diameter: 8.75 in
 Flow Area: 0.4224 ft²
 Fluid velocity: 584.8 ft/min
 Reynolds Number: 44.669
 Friction factor: 0.02428
 Velocity Pressure: 0.0213 in.WC
 Head Loss: 0.071 in.WC/100 ft

McQuay Air Conditioning
 www.mcquay.com

DesignTools DuctSize... 20°C Air STP

Fluid density: 1.2014 kg/m³
 Fluid viscosity: 0.0643 kg/m-h
 Specific Heat: 1.0048 kJ/kg°C
 Energy factor: 1.21 W/°C-L/s

☒ Flow rate: 117 L/s
☐ Head loss: 0.564 Pa/m
☒ Velocity: 2.946 m/s
☐ Equivalent diameter: 224.9 mm
 Duct size: 200 mm X 200 mm

Equivalent Diameter: 218.63 mm
 Flow Area: 0.0375 m²
 Fluid velocity: 3.1200 m/s
 Reynolds Number: 45.890
 Friction factor: 0.02425
 Velocity Pressure: 5.8489 Pa
 Head Loss: 0.649 Pa/m

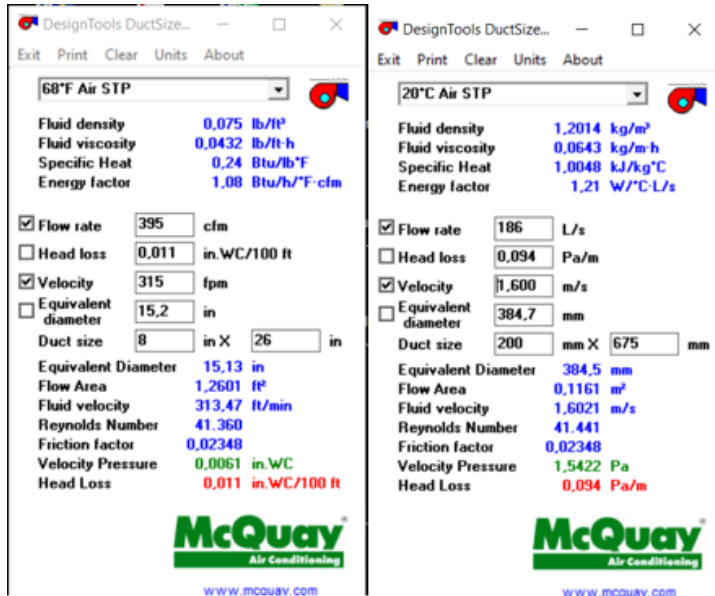
McQuay Air Conditioning
 www.mcquay.com

Fuente: (Los autores).

- Laboratorio se Sensopercepcion ducto de retorno

Figura 96

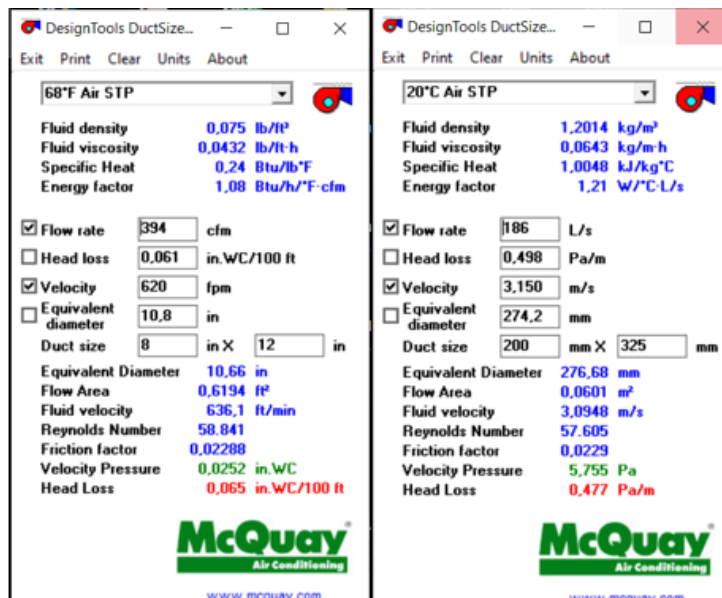
Tramo ducto



Fuente: (Los autores).

Figura 97

Tramo ducto

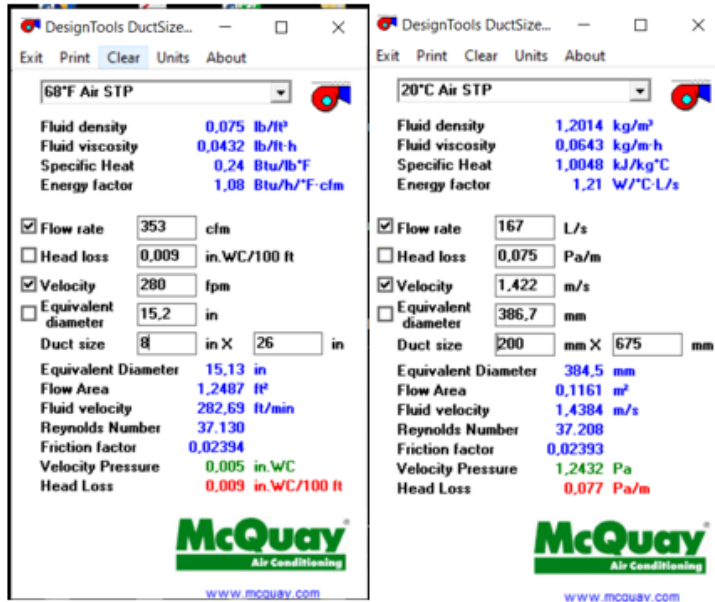


Fuente: (Los autores).

- CAMARA DE GESELL DUCTO DE SUMINISTRO

Figura 98

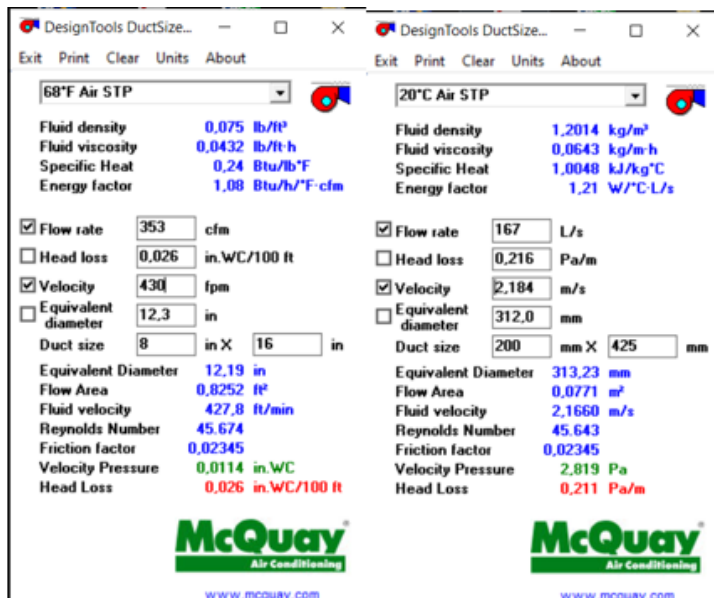
Tramo transición



Fuente: (Los autores).

Figura 99

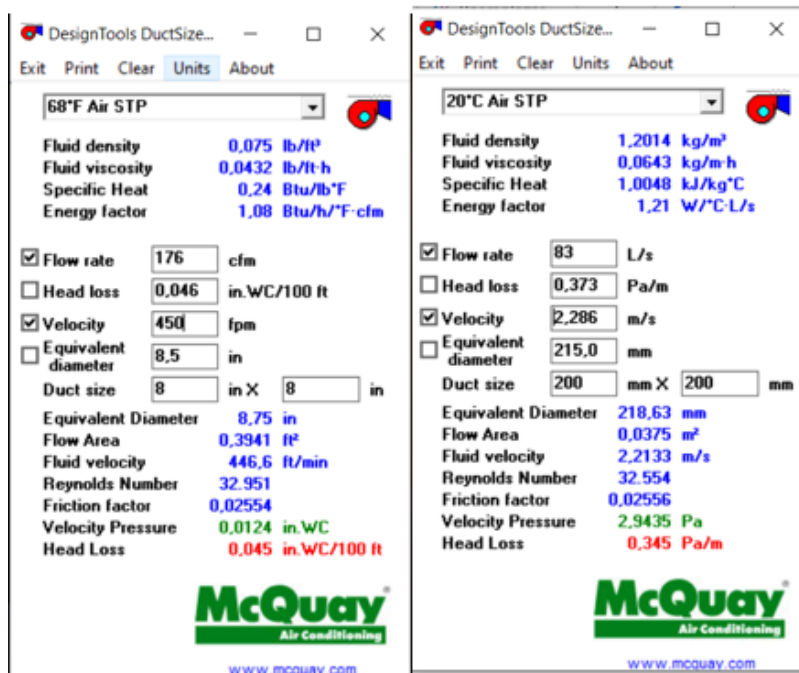
Tramo ducto



Fuente: (Los autores).

Figura 100

Manga de suministro

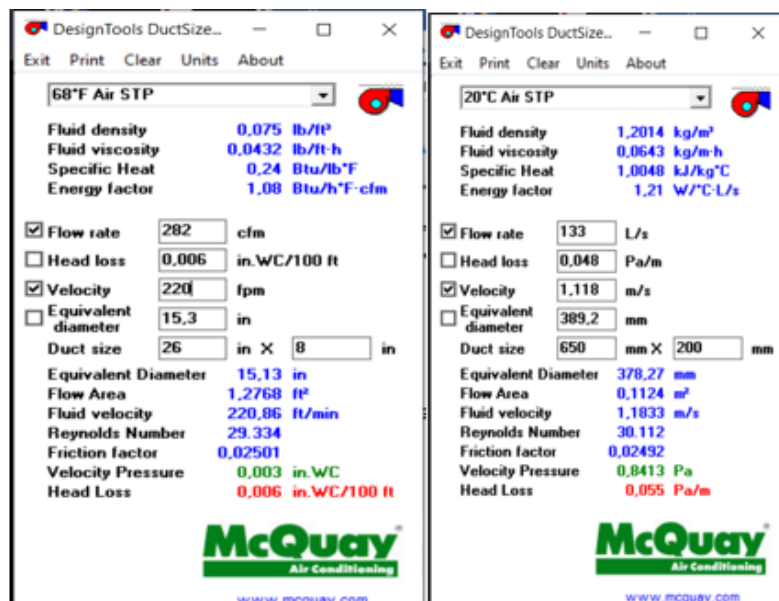


Fuente: (Los autores).

- CAMARA DE GESELL DUCTO DE RETORNO

Figura 101

Tramo de ducto



Fuente: (Los autores).