



Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Emilio José Giraldo Zuluaga

ID: 000453990

Monografía de especialización presentada para optar al título de Arquitecto

Docente(s)

Verónica Henriques Ardila, Magíster (MSc) en Bioclimática

Luis Felipe Lalinde Castrillón, Doctor (PhD) en Ingeniería de la Construcción

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Arquitectura y Diseño

Arquitectura

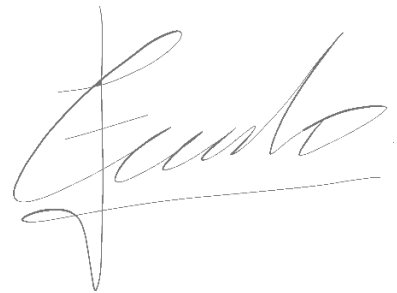
Medellín, Antioquia, Colombia

Mayo, 2024

22 de mayo de 2024

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que el contenido de este documento no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad. Art. 92 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Emilio', with a long horizontal stroke extending to the right.

Emilio José Giraldo Zuluaga

DEDICATORIA

A mi familia, por demostrar un esfuerzo constante hacia mi proceso educativo profesional y personal; y a mi compañeros y amigos que me han acompañado durante el desarrollo formativo a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, a las personas que estuvieron presentes en la formación y asesoramiento en el proceso de desarrollo de la presente investigación. Mediante la ayuda de la docente Verónica Henriques Ardila, logré enfocar la línea investigativa en una dirección hacia un tema especialmente importante en nuestra realidad hoy en día, contribuyendo así al estudio de estrategias bioclimáticas que ofrecen una mejoría en la reducción del impacto ambiental.

A las personas que contribuyeron en el acompañamiento de la formación académica hasta llegar al día de hoy, de las cuales me siento orgulloso de que pertenezcan a todo este proceso tanto educativo como personal.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

**EVALUACIÓN DE INTERCAMBIOS DE TEMPERATURA Y SU INFLUENCIA EN EL
CONSUMO ENERGÉTICO DEL ÁREA DE CONSULTA EXTERNA DEL CISAMF**

Índice

Índice general

Resumen	13
Capítulo 1. Marco introductorio.....	14
1.1. Introducción.....	14
1.2. Planteamiento del problema de investigación	15
1.2.1. Eficiencia Energética	15
1.2.2. Confort Térmico.....	15
1.2.3. Optimización del Espacio	15
1.2.4. Impacto en la Salud	16
1.2.5. Economía y Sostenibilidad	16
1.3. Problema específico planteado	16
1.4. Mapa conceptual.....	17
1.5. Preguntas de investigación	17
1.5.1 Pregunta principal	17
1.5.2. Preguntas secundarias	17
1.6. Justificación	18
1.7. Objetivos.....	20
1.7.1. Objetivo general.....	20
1.7.2. Objetivos específicos	20

Capítulo 2. Marco Teórico	21
2.1. La teoría del confort térmico	21
2.1.1. Modelo de Fanger. Evaluación de la sensación térmica	21
2.2. Teoría adaptativa del confort térmico	23
2.2.1. Modelo adaptativo propuesto por de Dear y Brager	24
2.2.2. Modelos de confort del Proyecto SCATs	25
Capítulo 3. Marco Contextual	27
3.1. Contexto espacial, social y político	27
3.2. Presentación pública del proyecto Clínica de la Mujer	28
3.3. La Clínica de la Mujer en la actualidad	30
3.4. Datos históricos climatológicos de Medellín.....	31
3.5. Contexto normativo y regulaciones para la construcción.....	33
Capítulo 4. Marco metodológico.....	36
4.1. Selección de caso	36
4.1.1. Definición del hospital como estudio de caso: Clínica de la Mujer (CISAMF) de Medellín	36
4.2. Diseño metodológico	37
4.3. Metodología.....	39
4.3.1. Fases de desarrollo	39
4.3.2. Diseño comparativo de variables de temperatura y consumo energético	41

4.4. Herramientas o instrumentos a utilizar	41
4.5. Resultados esperados e impacto	42
Capítulo 5. Desarrollo de las actividades	43
5.1. Variación en modelos experimentales del edificio	43
5.2. Modelo 00 CP	44
5.2.1. Condición térmica	44
5.2.2. Espacios calculados para Sistemas HVAC	46
5.2.3. Consumo en Sistemas HVAC	47
5.3. Modelo 01 SP	50
5.3.1. Condición Térmica	50
5.3.2. Espacios calculados para Sistemas HVAC	52
5.3.3. Consumo en Sistemas HVAC	52
5.4. Trabajo de Campo en el Área de Consulta Externa.....	55
5.4.1. Implicaciones en el confort térmico y necesidad de uso de sistemas HVAC	64
5.5. Comparativo de consumo energético por sistemas HVAC	67
5.5.1. Impacto energético en modelos experimentales de diseño arquitectónico.....	68
5.5.2. Principales puntos de consumo energético	69
6. Conclusiones	70
Referencias bibliográficas	71

Índice

Índice de figuras

Figura I. Mapa Conceptual. Presentación del problema de Investigación. Fuente: elaboración propia.....	17
Figura II. Paso a paso. Aplicación del Método de Fanger. (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015) ...	22
Figura III. Limitaciones del método de Fanger. (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015)	23
Figura IV. Modelo Final. de Dear & Brager (2002).....	24
Figura V. Modelo de neutralidad térmica. Aluciems (1981)	25
Figura VI. Modelo de confort del proyecto SCATs. Funcionamiento en modo pasivo	26
Figura VII. Modelo de confort del proyecto SCATs. Funcionamiento en modo mecánico	26
Figura VIII. Plano de Localización. Fuente: elaboración propia.	27
Figura IX. Máximo, mínimo y promedio de temperatura anual	32
Figura X. Temperatura promedio de Medellín	32
Figura XI. Porcentajes de ahorro de agua. (Cardona, 2015).....	34
Figura XII. Porcentajes de ahorro energético. (Cardona, 2015)	34
Figura XIII. Estructura para el diseño metodológico. Fuente: elaboración propia.	39
Figura XIV. Modelo 01 SP. Sketchup + OpenStudio. Fuente: elaboración propia.	43
Figura XV. Modelo 00 CP. Sketchup + OpenStudio. Fuente: elaboración propia.	44
Figura XVI. Gráfico de condición de zona del modelo 00 CP. Fuente: elaboración propia.	46
Figura XVII. Gráfico de consumo de refrigeración representado en KWh. Fuente: elaboración propia.....	48
Figura XVIII. Gráfico de pico de demanda representado en KWh. Fuente: elaboración propia. ...	49
Figura XIX. Gráfico de condición de zona del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.....	52

Figura XX. Gráfico de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia.	54
Figura XXI. Gráfico de pico de demanda representado en KWh. Fuente: elaboración propia.....	55
Figura XXII. Planta del Área de Consulta Externa con indicadores de colocación de sensores. Fuente: elaboración propia.	56
Figura XXIII. Evidencias de trabajo de campo.....	56
Figura XXIV. Colocación de sensores en el Área de Consulta Externa.....	57
Figura XXV. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 1*. Fuente: elaboración propia.	58
Figura XXVI. Gráfico de la temperatura promedio registrada por el sensor 1*. Fuente: elaboración propia.....	58
Figura XXVII. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 2. Fuente: elaboración propia.	59
Figura XXVIII. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 2. Fuente: elaboración propia.....	59
Figura XXIX. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 3. Fuente: elaboración propia.	60
Figura XXX. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 3. Fuente: elaboración propia.....	60
Figura XXXI. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 4. Fuente: elaboración propia.	61
Figura XXXII. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 4. Fuente: elaboración propia.....	61

Figura XXXIII. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 4*. Fuente: elaboración propia.	62
Figura XXXIV. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 4*. Fuente: elaboración propia.....	62
Figura XXXV. Gráfico de temperatura promedio general registrada por 5 sensores. Fuente: elaboración propia.	63
Figura XXXVI. Gráfico de temperatura y HR promedio general registrada por 5 sensores. Fuente: elaboración propia.	64
Figura XXXVII. Gráfico de temperatura registrada en Medellín entre las fechas estimadas. Fuente: elaboración propia	65
Figura XXXVIII. Gráfico de límite de rango de confort térmico. Fuente: elaboración propia.	67

Índice

Índice de tablas

Tabla i. Tabla de diseño metodológico. Fuente: elaboración propia.	38
Tabla ii. Alcances y limitaciones de la metodología. Fuente: elaboración propia.	41
Tabla iii. Alcances y limitaciones de la metodología. Fuente: elaboración propia.	42
Tabla iv. Tabla de rango de temperaturas por zona. Fuente: elaboración propia.	45
Tabla v. Tabla de rango de humedad relativa por zona. Fuente: elaboración propia.....	46
Tabla vi. Tabla de temperaturas interiores de cálculo de estancias. (Gas Natural Fenosa, 2010)..	47
Tabla vii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en MBtu. Fuente: elaboración propia. ..	48
Tabla viii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia. ..	48
Tabla ix. Tablas de pico de demanda expresados en KBtu y KWh. Fuente: elaboración propia. ..	49
Tabla x. Tabla de rango de temperaturas por zona del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.	50
Tabla xi. Tabla de rango de humedad relativa del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.	51
Tabla xii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en MBtu. Fuente: elaboración propia. ..	53
Tabla xiii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia....	53
Tabla xiv. Tablas de pico de demanda expresados en KBtu y KWh. Fuente: elaboración propia. ..	54
Tabla xv. Tabla de temperatura registrada entre las fechas estimadas. Fuente: elaboración propia	65
Tabla xvi. Tarifa de Precio Energía Eléctrica (EPM). Fuente: elaboración propia	68
Tabla xvii. Datos de consumo energético anual de sistemas HVAC. Fuente: elaboración propia ..	68

Resumen

Los hospitales representan uno de los sectores con mayor demanda de energía. Su operación continua los 365 días del año, las 24 horas del día, junto con los requisitos específicos de confort y servicios médicos, los convierten en una tipología arquitectónica altamente consumidora de energía (Gas Natural Fenosa, 2010). Es por este motivo que conocer las estrategias de diseño que reduzcan el consumo energético para un menor impacto económico y ambiental es útil al momento de tomar decisiones que influyen significativamente en estos aspectos. Esta investigación pretende cuantificar, por medio de modelos experimentales, el impacto en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF con variaciones en el diseño arquitectónico en la concreción del consumo óptimo condicionado por factores externos ambientales y de influencia de los sistemas HVAC.

Palabras clave: Diseño bioclimático; consumo energético; impacto ambiental.

Abstract

Hospitals represent one of the sectors with the highest energy demand. Their continuous operation 365 days a year, 24 hours a day, along with specific requirements for comfort and medical services, make them a highly energy-consuming architectural typology (Gas Natural Fenosa, 2010). It is for this reason that understanding design strategies to reduce energy consumption for lower economic and environmental impact is useful when making decisions that significantly influence these aspects. This research aims to quantify the impact on energy consumption of the Outpatient Consultation Area of CISAMF through experimental models, considering variations in architectural design to achieve optimal consumption conditioned by external environmental factors and the influence of HVAC systems.

Keywords: Bioclimatic design; energy consumption; environmental impact.

Capítulo 1. Marco introductorio

1.1. Introducción

El diseño arquitectónico de los edificios tiene un impacto significativo en su desempeño energético y en el confort térmico de sus ocupantes. Elementos como la ventilación e iluminación natural son factores clave que deben considerarse desde las etapas iniciales del diseño para lograr espacios eficientes y confortables. En este sentido, la implementación de patios interiores en los edificios ha sido una estrategia ampliamente utilizada para mejorar la calidad del ambiente interior y reducir la dependencia de sistemas mecánicos de climatización. En esta investigación se analiza el impacto de la inclusión de patios en el diseño del Área de Consulta Externa del Centro Integral de Servicios Ambulatorios de Familia (CISAMF) en Medellín, mediante simulaciones energéticas y mediciones in situ, se evalúa el efecto de los patios en el flujo de aire, la distribución de temperatura, el consumo energético y el confort térmico en las distintas zonas del edificio.

Los resultados obtenidos en esta investigación brindan información pertinente para respaldar la toma de decisiones informadas en futuras construcciones, remodelaciones o intervenciones en edificios existentes. Además, contribuye a concientizar sobre la importancia de incorporar estrategias de diseño bioclimático desde las etapas iniciales de los proyectos, con el fin de optimizar el rendimiento energético y garantizar ambientes confortables para los ocupantes.

1.2. Planteamiento del problema de investigación

La influencia de la ubicación y proporción de los patios según el punto estratégico en la disposición espacial (contiguo a salas de espera, consultorios, etc.) del área de consulta externa del CISAMF en las ganancias térmicas, se manifiesta a través del flujo de calor y aire, pudiendo incrementarlas o disminuirlas. El problema de investigación se centra en el consumo energético y la eficiencia de sistemas HVAC.

Este problema tiene múltiples dimensiones de importancia:

1.2.1. Eficiencia Energética: Actualmente se considera que múltiples dimensiones afectan la conducta sustentable, la cual a su vez es producto de diversos determinantes (Corral Verdugo & de Queiroz Pinheiro, 2004) y se ha sugerido que las actitudes ambientales satisfacen ciertas necesidades psicológicas (Taciano L, 2009). Comprender cómo la ubicación y proporción de los patios afectan las ganancias térmicas es fundamental. Un diseño ineficiente puede resultar en un mayor consumo de energía para la calefacción o refrigeración del edificio, lo que tiene implicaciones económicas y ambientales significativas.

1.2.2. Confort Térmico: La comodidad de los pacientes y el personal médico es esencial en un entorno de atención médica, los factores personales incluyen las actividades de las personas, la ropa que usa según el contexto climático y otros aspectos determinantes (Godoy Muñoz, 2012). Por lo tanto, un ambiente donde el factor de transferencia de calor puede ser creciente o decreciente de forma excesiva resulta ser incómodo y estresante, lo que podría afectar negativamente la experiencia de los pacientes y la eficiencia de los trabajadores de la salud.

1.2.3. Optimización del Espacio: Entender cómo los patios influyen en las ganancias térmicas puede permitir una mejor planificación y diseño de espacios similares en otros entornos

de atención médica. Esto puede llevar a un uso más efectivo del espacio y a la creación de ambientes que promuevan la curación y el bienestar.

1.2.4. Impacto en la Salud: La exposición de los trabajadores a ambientes calurosos se considera estrés térmico. Para proteger la salud del trabajador, es crucial tener en cuenta la combinación de entornos laborales, actividades realizadas y la ropa utilizada (Gallardo Sánchez, 2016). Además, el ambiente térmico en un centro de atención médica puede tener un impacto en la salud de los pacientes. Las temperaturas extremas o fluctuantes pueden influir en la recuperación de los pacientes y en su satisfacción general con la atención recibida.

1.2.5. Economía y Sostenibilidad: Un diseño arquitectónico más eficiente en términos energéticos puede generar ahorros significativos a largo plazo para las instituciones de atención médica, lo que les permite asignar recursos a otros aspectos de la atención al paciente. Los criterios iniciales de diseño de una edificación definen su comportamiento futuro, en relación con la demanda de energía (SOSA & SIEM, 2004). Las medidas para ahorrar energía están principalmente orientadas a actuar sobre la aplicación de tecnologías de uso y mantenimiento en equipos e instalaciones.

1.3. Problema específico planteado

- ❖ Disminución o incremento de las ganancias térmicas en consecuencia del ingreso y salida de calor y aire a través de los patios; según su ubicación y proporción en la distribución en planta del área de consulta externa del CISAMF.

1.4. Mapa conceptual

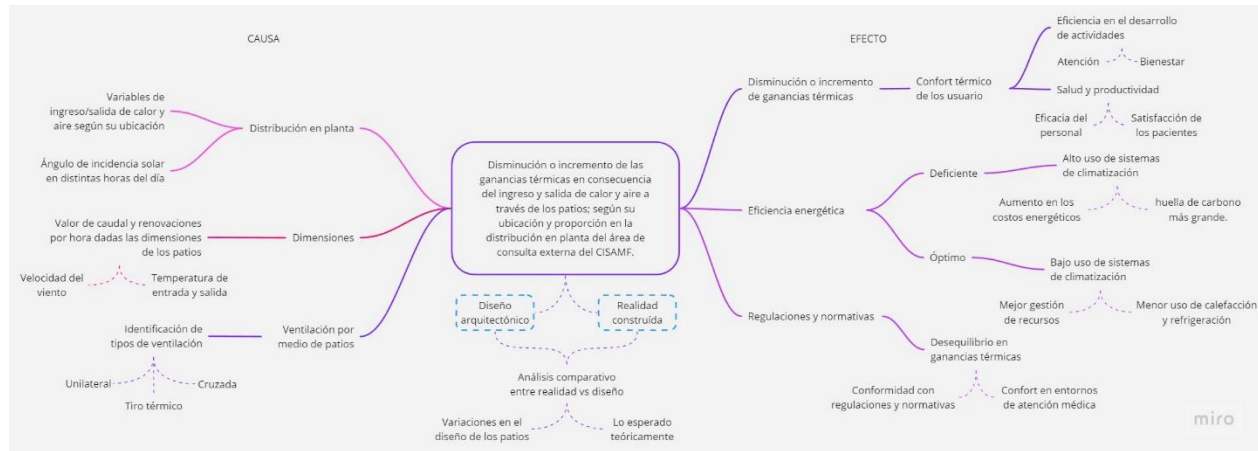


Figura 1. Mapa Conceptual. Presentación del problema de Investigación. Fuente: elaboración propia

1.5. Preguntas de investigación

1.5.1 Pregunta principal

❖ ¿Cómo afecta la fluctuación entre el diseño arquitectónico inicial y las modificaciones realizadas en la realidad construida a la disminución o incremento de las ganancias térmicas en el área de consulta externa del CISAMF, en función de la ubicación y proporción de los patios?

1.5.2. Preguntas secundarias

- ¿Cuáles son los efectos del incremento y/o disminución de las ganancias de temperatura en el confort térmico y la eficiencia energética en entornos de atención médica?
- ¿Cuáles son las estrategias arquitectónicas y de diseño que pueden aplicarse para mitigar las ganancias térmicas excesivas o insuficientes?
- ¿Cómo pueden contribuir a mejorar el bienestar de los pacientes y el desempeño energético del edificio?

1.6. Justificación

Debido a la contaminación actual, es importante diseñar con base a principios de sostenibilidad utilizando medidas pasivas y activas en ventilación e iluminación. Una forma eficaz de hacer sostenible basado en la normativa es el uso de materiales con las características de sanidad, pero correspondientes al clima de la región. Estos se utilizan en muros, cubiertas, aislamientos, etc. Además de procurar con el diseño obtener un ahorro de agua, reutilización de aguas lluvias y el uso de energías renovables (Acosta B. & Fajardo C., 2020).

El aporte que esta investigación realiza al resolver esta pregunta es producir conocimiento concreto y aplicable en el campo de la arquitectura y la gestión de espacios de atención médica. Instar a los arquitectos a diseñar ambientes más seguros para el usuario y para el medio ambiente. Al comprender de manera más precisa cómo la ubicación y la proporción de los patios impactan significativamente en las ganancias térmicas, se sientan unas bases para la toma de decisiones informadas en el diseño y la gestión de edificios en los que se requieran implementar estrategias de diseño similares; esto significa que los autores pertenecientes al gremio de la construcción en Colombia, pueden aplicar estrategias específicas para mejorar la eficiencia energética y el confort térmico en sus proyectos, lo que conlleva a la optimización de los espacios en beneficio de los pacientes y al ahorro económico y ambiental. Además, los administradores y gestores de instalaciones médicas tienen acceso a una amplia base de datos que explica de manera más precisa la aplicación de los resultados de la investigación para la toma de decisiones en la operación y mantenimiento de estos espacios. Esto, a su vez, se traduce en un entorno más cómodo y saludable para pacientes y personal médico, mejorando la experiencia de atención al usuario.

La mejora en el confort térmico en entornos de atención médica puede tener un impacto positivo en la recuperación de los pacientes y en su satisfacción general, al tiempo que la eficiencia

energética reduce los costos operativos de las instalaciones médicas y disminuye la huella de carbono.

Desde el punto de vista académico y científico, representa una contribución significativa al campo de la arquitectura y la ingeniería, y la eficiencia energética en el ámbito de la atención médica. La nueva información en relación a cómo la ubicación y proporción de los patios afectan las ganancias térmicas enriquece la literatura existente y proporciona una base sólida para futuras investigaciones. Para Garzón (2007), la arquitectura bioclimática es quien interactúa únicamente con el diseño y los elementos arquitectónicos de la obra misma, sin implantar estrategias mecánicas. Estos diseños son obtenidos del análisis de las condiciones climáticas del entorno y orientaciones favorables para ayudar a conseguir confort y sostenibilidad del medio ambiente (Cuadrado Niño & Ochoa Lozano, 2021).

La normativa hospitalaria en Colombia se encuentra descuidada tanto en su implantación urbana como en su infraestructura, dicha normativa no es aplicada correctamente como lo dicta la ley, por lo contrario, día a día se observa como acomodan inmuebles antiguos para prestar el servicio de salud sin calidad espacial (Valencia Sánchez, 2018).

Actualmente, el departamento de Antioquia cuenta con 131 E.S.E Hospitales y puestos de salud locales (Gobernación de Antioquia, 2024). En 2023, el ex gobernador Aníbal Gaviria hace entrega simbólica de 39.000 millones de pesos de las inversiones efectuadas por la Administración Departamental en hospitales de 52 municipios del departamento; destinados a 72 proyectos repartidos en infraestructura, dotación de equipos biomédicos, telemedicina, y adecuación para prestación de servicios de la Salud para El Alma (servicios de atención en salud mental y emocional).

La situación de la salud en Antioquia se encuentra en un estado crítico, con despidos masivos y cierre de servicios médicos esenciales. Los hospitales y clínicas de Antioquia tienen una deuda de más de 800.000 millones de pesos según el presidente de Asmedas, Gonzálo Vélez. A esta situación se suma el cierre progresivo de servicios materno-infantiles y pediátricos en Medellín y el Valle de Aburrá. De los 131 hospitales públicos que operan en la región, 68 ya no pueden mantenerse abiertos y trabajan con mucho esfuerzo diariamente. (Asprilla, 2023)

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar los intercambios térmicos en el área de consulta externa del CISAMF para identificar oportunidades de ahorro energético, tomando como base la propuesta de ubicar patios que permiten la ventilación e iluminación natural en la primera planta.

1.7.2. Objetivos específicos

- ❖ Estudiar los patrones de flujo de aire y de la distribución de la temperatura, para evaluar el impacto de la ubicación estratégica de los patios en la mejora de la ventilación y la reducción del consumo energético.
- ❖ Medir las condiciones térmicas actuales en el área de consulta externa del CISAMF en la primera planta.
- ❖ Cuantificar el potencial de ahorro energético derivado de la implementación de patios para la ventilación e iluminación natural.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. La teoría del confort térmico

La teoría del confort térmico se basa en la noción de que el confort térmico es un estado mental de satisfacción que se alcanza cuando una persona no experimenta malestar térmico en su cuerpo. Este estado confortable depende de interacciones complejas entre factores ambientales e individuales. El entorno físico, como la temperatura, la humedad, la radiación y otros, son factores ambientales. Por otro lado, los factores personales incluyen las actividades de la persona, la ropa utilizada y otros aspectos únicos. (Godoy Muñoz, 2012)

Un modelo ampliamente utilizado para entender el confort térmico es el modelo de Fanger. Este concepto desarrollado por P.O. Fanger, se basa en la idea de que el confort térmico se produce cuando el cuerpo humano alcanza un equilibrio entre la producción y la pérdida de calor. En otras palabras, el cuerpo debe ser capaz de mantener una temperatura interna constante para sentirse cómodo.

2.1.1. Modelo de Fanger. Evaluación de la sensación térmica

El Modelo de Fanger, desarrollado por P.O. Fanger, se utiliza para explicar el confort térmico al equilibrar la producción y pérdida de calor del cuerpo humano en un entorno dado. Este modelo utiliza dos indicadores clave: el PMV (Predicted Mean Vote o Voto Medio Previsto) y el PPD (Predicted Percentage Dissatisfied o Porcentaje Previsto de Insatisfechos) para evaluar el confort térmico (Humphreys, Nicol, & Roaf, 2016). Es importante destacar que el modelo de Fanger se basa en condiciones estacionarias, lo que significa que no tiene en cuenta cambios rápidos en la temperatura o la actividad física. Esta teoría y el modelo asociado son fundamentales en el diseño de edificios y sistemas de climatización para garantizar un confort térmico adecuado en espacios interiores.

El método Fanger permite valorar la sensación térmica global para un ambiente térmico específico calculando el Voto medio estimado (PMV). El cálculo del porcentaje de personas insatisfechas (PPD) permite predecir la cantidad de personas que consideran una situación en particular como incómoda. (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015)

El voto medio estimado es una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso y muy caluroso). Se basa en el equilibrio térmico del cuerpo humano, que es la diferencia entre la producción interna de calor del cuerpo y su pérdida hacia el ambiente. Estima el valor medio de la sensación térmica, pero los votos individuales se distribuyen alrededor de este valor medio, por lo que es útil estimar el porcentaje de personas que se sienten insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir, aquellas personas que consideran la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

Para evaluar el confort térmico de un entorno específico, se deben seguir un procedimiento:

1	Recopilación de información sobre el entorno
1.1	Aislamiento de la ropa de los trabajadores en el entorno
1.2	Tasa metabólica de la actividad desarrollada
1.3	Características ambientales del entorno
-	Temperatura del aire
-	Temperatura radiante
-	Humedad relativa o presión parcial del vapor de agua
-	Velocidad relativa del aire
2	Cálculo del Voto medio estimado (PMV)
3	Cálculo de Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV.
4	Análisis de resultados
4.1	Valoración de la situación (satisfactoria o no adecuada) en función del valor del PMV y del PPD
4.2	Análisis del balance térmico correspondiente a las condiciones evaluadas
5	Proponer las correcciones oportunas de mejora de las condiciones térmicas (si es necesario)
6	En caso de haber realizado correcciones, evaluar de nuevo la tarea con el método para comprobar su efectividad.

Figura II. Paso a paso. Aplicación del Método de Fanger. (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015)

En cualquier caso, es importante tener en cuenta ciertas restricciones a la aplicación del método de Fanger. Según las recomendaciones de la norma ISO 7730 "Ergonomía del ambiente térmico", el índice del Voto medio estimado (PMV) solo debe utilizarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables involucradas en el cálculo estuvieran dentro de los siguientes intervalos (que equivalen a ambientes térmicos entre frescos (-2) y calurosos (2)). (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015)

- Tasa metabólica comprendida entre 46 y 232 W/m² (entre 0,8 met. y 4 met).
- Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31 m² K/W (0 clo. y 2 clo).
- Temperatura del aire entre 10 C° y 30 C°.
- Temperatura radiante media entre 10 C° y 40 C°.
- Velocidad del aire entre 0 m/s y 1 m/s.
- Presión del vapor de agua entre 0 y 2700 Pa.

Figura III. Limitaciones del método de Fanger. (Diego-Mas & Jose Antonio, 2015)

2.2. Teoría adaptativa del confort térmico

La teoría adaptativa de Brager (Brager & de Dear, 1998) (Djongyang, Tchinda, & Njomo, 2010) se basa en estudios de campos obtenidos, cuyo propósito principal es analizar la real aceptabilidad en ambientes térmicos. El contexto del lugar, las actividades de los ocupantes, el comportamiento y las expectativas de los ocupantes están altamente relacionados. En contraste con la teoría del balance térmico, esta teoría considera que las personas son los principales actores porque, debido a sus preferencias térmicas y a la forma en que interactúan con su entorno, tienen la capacidad de adaptarse o cambiar su comportamiento a medida que se desarrollan sus actividades (Godoy Muñoz, 2012).

La teoría adaptativa de Brauer se basa en la hipótesis adaptativa, que predice que los factores contextuales y la historia térmica pasada modifican las expectativas y preferencias térmicas de los ocupantes de los edificios (Brager & de Dear, 1998). Esta teoría reconoce que la percepción térmica en entornos del "mundo real" está influenciada por la complejidad de los factores pasados y presentes (Thermal adaptation in the built environment: a literature review, 1997). La teoría adaptativa se enfoca en la interacción entre los ocupantes y el ambiente térmico, y cómo los ocupantes pueden adaptarse gradualmente o modificar su comportamiento para mantener su comodidad térmica (Nicol & Roaf, 2003).

2.2.1. Modelo adaptativo propuesto por de Dear y Brager

El proyecto RP-884 de ASHRAE, que tiene como objetivo desarrollar un modelo adaptativo de confort térmico que pueda ser utilizado como parte de sus estándares, es la base para la creación de este modelo. La recopilación y procesamiento de una gran cantidad de datos de cientos de estudios de campo en todo el mundo es parte de ese proyecto. Una vez se trata y analiza, esa información se utiliza para crear una base de datos con más de 21,000 muestras de experiencias de confort térmico tomadas en 160 edificios de oficinas en ciudades de los cuatro continentes, que también cubren una amplia gama de condiciones climáticas. El estándar ASHRAE 55 recoge el modelo final propuesto por de Dear y Brager (Brager & de Dear, 1998), se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$T_{conf} = 17.8 + (T_{p,ext} \times 0.31)$$

Donde:

T_{conf} = Temperatura de confort.

$T_{p,ext}$ = Temperatura promedio exterior de bulbo seco.

Figura IV. Modelo Final. de Dear & Brager (2002)

Los miembros del comité encargado del estándar ASHRAE 55 coinciden en que la ET es un indicador utilizado principalmente por investigadores, y que, si las condiciones exteriores se definen con un indicador más familiar y fácil de calcular, es mucho más probable que los profesionales adopten el modelo. Por lo tanto, el modelo se reformula para incluir la temperatura promedio exterior del bulbo seco, que se define simplemente como el promedio aritmético de las temperaturas medias mínimas y máximas para el mes en cuestión.

Es importante destacar que el modelo propuesto por de Dear y Brager es muy similar al modelo termopreferéndum o neutralidad térmica propuesto por Aluciems (1981), que se puede definir de la siguiente manera:

$$T_{conf} = 17.6 + (T_{p,ext} \times 0.31)$$

Donde:

T_{conf} = Temperatura de confort, o neutralidad térmica.

$T_{p,ext}$ = Temperatura promedio exterior de bulbo seco.

Figura V. Modelo de neutralidad térmica. Aluciems (1981)

2.2.2. Modelos de confort del Proyecto SCATs

El objetivo principal del proyecto europeo Smart Controls and Thermal Comfort (SCATs), desarrollado entre 1997 y 2000, es crear un algoritmo de control adaptativo que pueda ser utilizado como sustituto de las consignas de temperatura fijas, lo que reduce el consumo de energía en edificios climatizados. Incluye investigaciones de campo en veinticinco edificios en cinco países europeos: Francia, Grecia, Portugal, Suecia y el Reino Unido. Dos modelos para determinar las temperaturas de confort para edificios en modo pasivo y mecánico se desarrollan como parte de ese proyecto:

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

$$T_{conf} = 18.8 + (T_{mm,ext} \times 0.33)$$

Donde:

T_{conf} = Temperatura de confort (operativa).

$T_{mm,ext}$ = Temperatura media móvil exterior, exponencialmente ponderada para el día actual.

Figura VI. Modelo de confort del proyecto SCATs. Funcionamiento en modo pasivo

$$T_{conf} = 22.6 + (T_{mm,ext} \times 0.09)$$

En cuanto a la temperatura exterior media móvil ($T_{mm,ext}$), se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$T_{mm,ext} = (1 - \alpha) \times \{T_{ed-1} + \alpha \cdot T_{ed-2} + \alpha^2 \cdot T_{ed-3} \dots\}$$

Donde:

T_{ed-1} = Temperatura exterior media diaria del día previo.

T_{ed-2} = Temperatura exterior media diaria del día anterior, y así consecutivamente.

α = Constante entre 0 y 1 (se recomienda emplear 0.8).

Figura VII. Modelo de confort del proyecto SCATs. Funcionamiento en modo mecánico

Estas ecuaciones se utilizan en la Guía A de CIBSE para calcular los rangos de temperaturas de confort en edificios de oficinas. El estándar EN 15251 utiliza la primera ecuación para determinar temperaturas interiores aceptables en edificios sin sistemas de refrigeración, pero con ventilación natural controlada por los ocupantes. (Ordóñez, 2021)

Capítulo 3. Marco Contextual

3.1. Contexto espacial, social y político

La Clínica de la Mujer (CISAMF) de Medellín se encuentra localizada en la Carrera 49 #52-170, en el Barrio Conquistadores. Siendo una zona central de la ciudad, que se caracteriza por tener una alta mixtura entre usos residenciales, oficinas institucionales, áreas comerciales, etc. Contando con un fácil acceso a través de distintos medios de transporte de la ciudad. En sus inmediaciones se encuentra el Parque de los Deseos, la Universidad de Antioquia (UdeA), el Jardín Botánico de Medellín y el Parque Norte.

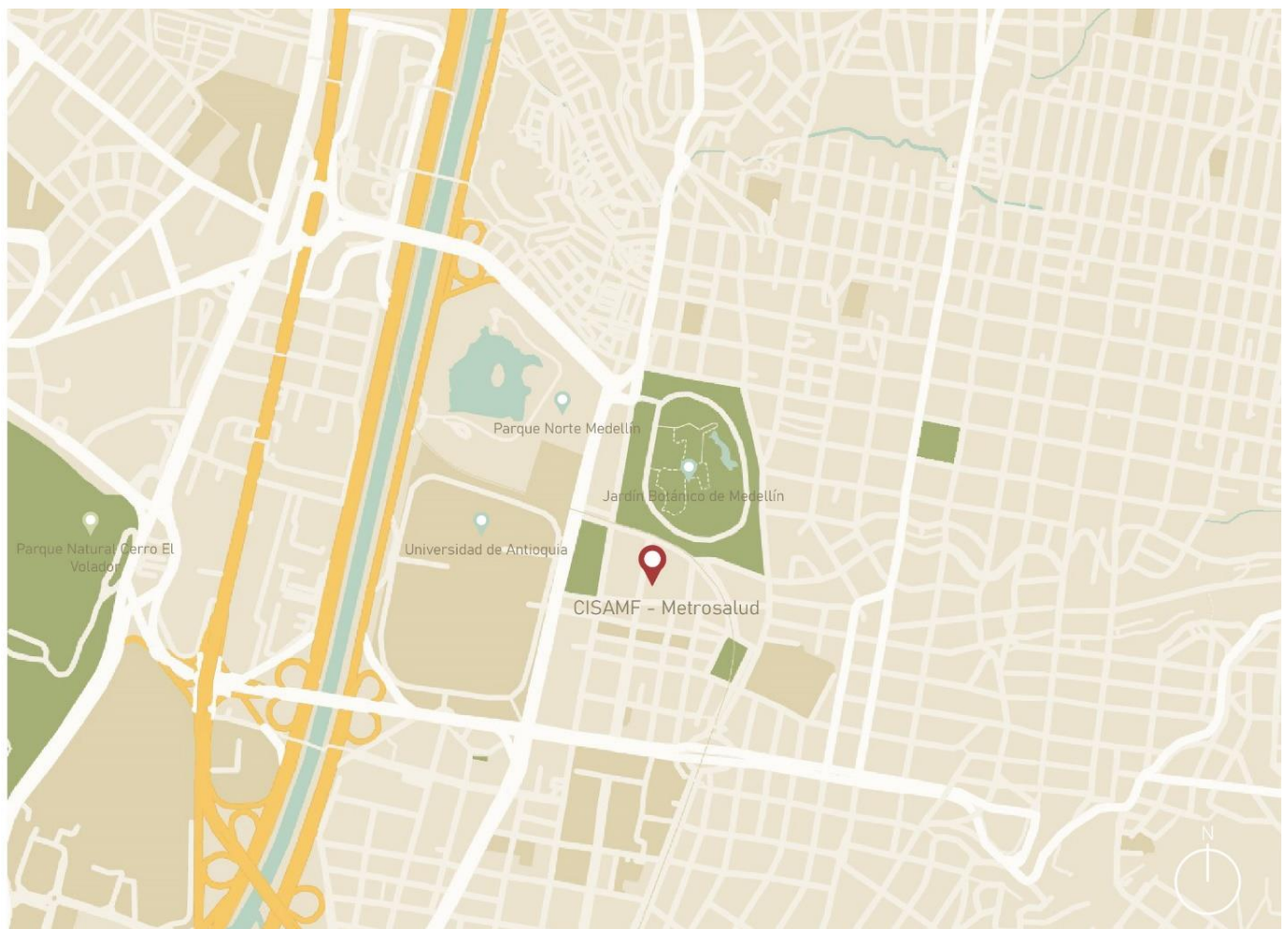


Figura VIII. Plano de Localización. Fuente: elaboración propia.

Partiendo de ese contexto, este proyecto nace de la necesidad de que las mujeres reciban una atención especializada en salud, para evitar que sigan padeciendo enfermedades que pueden ser prevenidas o diagnosticadas y tratadas a tiempo (Franco Ossa, 2015). Debido a esta situación, se generan debates en diversos ámbitos sociales, académicos y políticos, donde se invita a participar a actores sociales y gubernamentales para que expresen sus opiniones sobre el proyecto de la Clínica de la Mujer. Esto lleva a que la propuesta se convierta en un tema destacado en la agenda mediática de la ciudad, revelando así los poderes e intereses de ciertos actores involucrados, los cuales ejercen una influencia significativa para persuadir a Alonso Salazar de abandonar la ejecución del proyecto.

3.2. Presentación pública del proyecto Clínica de la Mujer

En 2006, el cáncer de mama se convierte en la tercera causa de muerte en mujeres menores de 60 años en Medellín, según el Boletín Epidemiológico de 2014 (Boletín Epidemiológico Semanal, 2014). Además, el cáncer de cuello uterino provoca una tasa de mortalidad de 6,10 muertes por cada 100.000 mujeres en 2005, y mortalidad precoz (mujeres menores de 60 años) representan el 55,4% de las muertes por esta causa entre 2005 y 2012. Estos resultados muestran que muchas de las muertes podrían haberse evitado y que algo no funciona en el sistema de salud, especialmente en la prevención y programas de detección temprana.

A raíz de ello, Martha Lucía Correa Escobar, médica que formó parte del Colegio Médico de Antioquia (ASMEDAS) y de la Mesa de Trabajo de Mujeres de Medellín, junto a otras mujeres de diferentes organizaciones sociales, comenzaron a pensar en alternativas para prevenir estas muertes. Soñaban con un lugar que brindara atención integral a las mujeres. La Mesa de Trabajo de Mujeres de Medellín, fundada en 1995 para facilitar el diálogo entre las mujeres y la administración municipal sobre políticas relacionadas con la igualdad, propuso la creación de un

espacio de atención diferencial en salud para las mujeres. En 2008, el alcalde de Medellín, Alonso Salazar Jaramillo, presenta el Plan de Desarrollo Municipal Medellín es Solidaria y Competitiva 2008-2011 (Restrepo, 2008-2011), que incluye la construcción de una Clínica de la Mujer como proyecto del componente de salud.

El Ayuntamiento de Medellín adopta el plan de desarrollo en junio de 2008 (Concejo de Medellín, 2008), y se aprueba un presupuesto de \$17.595 millones de pesos para la construcción de un edificio de varios pisos que brindaría atención integral a las mujeres. El alcalde convocó a un grupo de expertos para apoyar el proyecto, entre ellos Luz María Agudelo Suárez, médica y epidemióloga que en ese momento era secretaria de Salud. La Clínica de la Mujer fue diseñada para brindar servicios a todas las mujeres de la ciudad, pero principalmente a aquellas que estaban empobrecidas y vulnerables, enfocándose en tres temas prioritarios: salud sexual y reproductiva, salud mental y violencia contra las mujeres.

El sueño también incluía dos aspectos que contribuirían a las generaciones futuras: un componente de investigación y la participación de los usuarios. Se consideró necesaria la investigación sobre salud mental y violencia de género para crear una imagen más completa de la salud de las mujeres y cómo afectaba a su bienestar. La participación de los usuarios pretendía romper la relación vertical que existía en el sector, donde los profesionales de la salud brindaban atención a grupos, pero no los involucraban en decisiones sobre sus propios cuerpos, decisiones o prácticas de autocuidado. El proyecto Clínica de la Mujer fue presentado el 28 de mayo de 2009, en el Jardín Botánico de Medellín, conmemorando el Día de Acción por la Salud de la Mujer. El público fue testigo del sueño que dignificó a la mujer.

3.3. La Clínica de la Mujer en la actualidad

El Centro Integral de Servicios Ambulatorios para la Mujer y la Familia (CISAMF) abrió sus puertas el 30 de abril de 2018 en la zona norte de Medellín, Colombia. El CISAMF ofrece servicios ambulatorios, de consulta externa y de salud sexual y reproductiva. El gerente de MetroSalud, Leopoldo Giraldo Velásquez, explica que el centro brinda servicios de las Secretarías de Salud, Inclusión Social y Mujeres, y que integran paulatinamente nuevas ofertas, como servicios de ginecología y ayudas diagnósticas básicas de rayos X, cérvix y cardiovascular. Sin embargo, la salud mental no está incluida en el proyecto actualmente debido a la falta de una estructura adecuada para estos procesos.

La médica Patricia García García, quien ha participado activamente en la Mesa de seguimiento a la Clínica de las Mujeres, afirma que el CISAMF se proyecta como un lugar para la atención en salud integral para las mujeres y que, aunque actualmente solo ofrece servicios ambulatorios, existen cimientos para que el espacio pueda crecer en el futuro.

La doctora García propone que el centro se enfoque en la atención a las violencias contra las mujeres y que, con el trabajo conjunto de las Secretarías de Salud, Inclusión Social y Mujeres, se convierta en un centro de referencia para la atención de estas situaciones. Las cifras anuales publicadas por Medicina Legal en Colombia muestran la importancia de contar con un lugar especializado en la atención, prevención e investigación de las violencias contra las mujeres en el país, el departamento de Antioquia y la ciudad de Medellín.

La Mesa de Trabajo Mujer de Medellín, fundada en 1995 para la interlocución entre mujeres y la administración municipal en torno a las políticas públicas que se relacionen con la igualdad, propuso la creación de un lugar para la atención diferencial en salud para las mujeres. En 2007, la Mesa presentó esta propuesta a los aspirantes a la Alcaldía de la ciudad para el periodo 2008-2011,

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

y fue aceptada por el candidato electo, Alonso Salazar Jaramillo. Como parte de su Plan de Desarrollo Municipal, Salazar Jaramillo presentó en 2008 el proyecto del CISAMF.

3.4. Datos históricos climatológicos de Medellín

❖ Temperatura: La temperatura promedio anual en Medellín es de aproximadamente 22 °C, con una variación mínima de 1 °C y una máxima de 30 °C. La temperatura más alta registrada en la ciudad fue de 37.2 °C en 2015.

❖ Precipitación: Medellín tiene una precipitación promedio anual de 2,600 mm, con una variación mínima de 1,800 mm y una máxima de 3,200 mm. La ciudad experimenta una temporada de lluvias de abril a noviembre, con un pico en octubre. La precipitación mensual más alta registrada en Medellín fue de 1,000 mm en octubre de 2010.

❖ Humedad: La humedad relativa promedio en Medellín es del 70%, con una variación mínima del 60% y una máxima del 80%.

❖ Vientos: La velocidad promedio del viento en Medellín es de 2.5 m/s, con una variación mínima de 1.5 m/s y una máxima de 3.5 m/s.

❖ Calidad del aire: Medellín tiene una calidad del aire moderada, con un índice de calidad del aire (ICA) promedio de 50, que se considera aceptable.

Basado en datos proporcionados de instituciones locales y fuentes climatológicas actualizadas. (IDEAM, 2024)

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

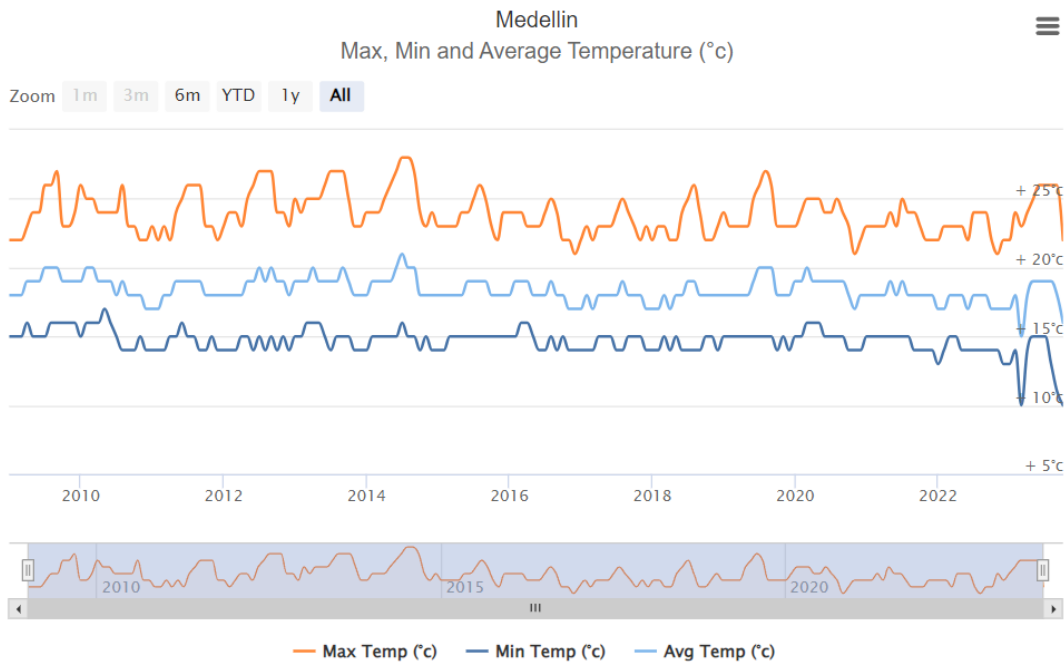


Figura IX. Máximo, mínimo y promedio de temperatura anual

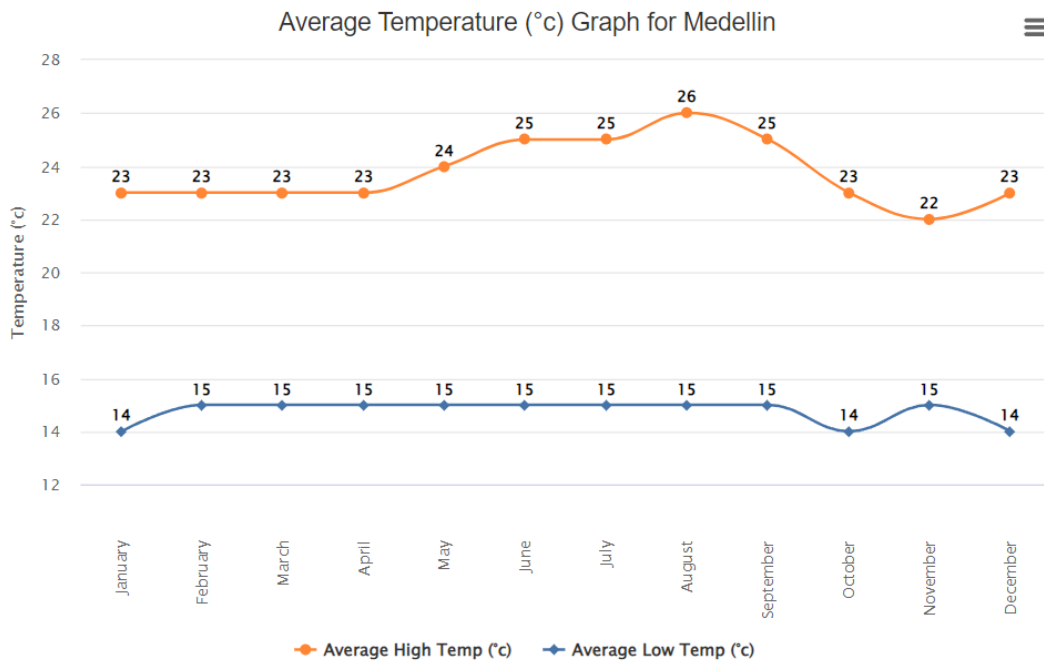


Figura X. Temperatura promedio de Medellin

Basado en datos proporcionados de instituciones locales y fuentes climatológicas actualizadas.

(World Weather , 2023)

3.5. Contexto normativo y regulaciones para la construcción

En Colombia existen 6 normas vigentes para infraestructura: “accesibilidad, procedimientos técnicos constructivos, obras de construcción, ampliación o remodelación, procedimientos de catastro físico hospitalario, y los procedimientos para la formulación, presentación, aprobación, ajuste, seguimiento, ejecución y control de los planes bienales de inversiones públicas en salud”. (Ministerio de Salud, 2013)

En Colombia, las regulaciones ambientales de protección de recursos naturales, las especificaciones sobre suelo de protección ambiental y normativa sobre la eficiencia energética se ubican en:

- Ley 99 de 1993. Ley Ambiental.
- Decreto 3102 de 1997. Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
- Resolución número 0549 de 2015. Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del título, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible, en la que se adopta la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Dentro del ámbito y objeto de aplicación, “hospitales, clínicas, empresas sociales e instituciones privadas con Área de construcción igual o superior a 5.000 m²”. (Cardona, 2015).

Para edificaciones hospitalarias existen unos lineamientos específicos que reglamentan porcentajes de ahorro conforme con la lista de medidas indicativas, en el Anexo número 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones; y para la correcta identificación y aplicación de las medidas indicativas, se utiliza la información

contenida en el Anexo número 2: Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa, y el listado de municipios.

- Porcentajes de ahorro que deben cumplirse durante el segundo año de vigencia de la presente resolución y en adelante:

TABLA N° 2				
Energía	Año 2			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	20	35	25	45
<u>Hospitales</u>	35	25	35	30

Figura XII. Porcentajes de ahorro energético. (Cardona, 2015)

Agua	Año 2			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	25	10	35	45
<u>Hospitales</u>	10	40	10	40
Oficinas	30	35	45	20

Figura XI. Porcentajes de ahorro de agua. (Cardona, 2015)

- Ley 697 de 2001: Promueve el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), como un aspecto de importancia nacional que busca mantener el abastecimiento energético y hacer uno activo de energías no convencionales.

(Cuadrado Niño & Ochoa Lozano, 2021)

La resolución 4445 de 1996 aborda los espacios normativos dentro de los centros hospitalarios, especificando cada una de las áreas. Por otro lado, la resolución 14861 de 1985 se centra en la preservación, restauración y mejoramiento de las condiciones sanitarias tanto en áreas públicas interiores como exteriores. Lo anteriormente descrito se considera fundamental para la adecuación, diseño y construcción de las instituciones de salud, con el objetivo de facilitar el acceso a la población en general. (Valencia Sánchez, 2018)

La normativa en Colombia para los centros de salud primaria está regulada por el ministerio de salud y protección social ofreciendo estrategias de diseño y ubicación para fomentar el cuidado ambiental (Acosta B. & Fajardo C., 2020). En la demanda energética, la iluminación juega un papel fundamental en las construcciones, ya que su mal uso conlleva a un mayor gasto tanto en iluminación como en climatización. Por lo tanto, el control de la iluminación mediante sensores se presenta como una solución viable. De acuerdo con la Resolución 180540 del 30 de marzo de 2010, la Norma Técnica Colombiana NTC 4435 (2010) y la Ley 253 de 1996, existe un Instructivo que establece la cantidad de luz necesaria según el espacio intervenido.

Capítulo 4. Marco metodológico

La metodología de esta investigación se basa en datos de carácter cuantitativo, y se sustenta en un trabajo digital y de campo, que consiste en el modelado arquitectónico con softwares especializados de simulación, mediciones de ambientes térmicos interiores del edificio y observación directa de la situación de ocupación que realizan los pacientes de la Clínica de la Mujer (CISAMF), un hospital público de baja complejidad, en la ciudad de Medellín, Antioquia, Colombia.

A lo mencionado anteriormente, la investigación se inscribe en un diseño de corte descriptivo el cual es definido como aquellos donde se busca “medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar... se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 1991)

4.1. Selección de caso

4.1.1. Definición del hospital como estudio de caso: Clínica de la Mujer (CISAMF) de Medellín

El trabajo se desarrolla para el logro de los objetivos de esta de investigación, a través de un estudio de caso, en el cual se debe efectuar en un establecimiento de salud que cuente con recintos abiertos diseñados para la ventilación e iluminación natural de los espacios interiores del edificio.

En efecto de la investigación, el estudio se realiza en el Área de Consulta Externa, excluyendo los pisos superiores que no cuentan con las mismas características para la medición de temperatura a través de patios interiores. Para representar el fenómeno en estudio, se concentra la

búsqueda de un hospital público que está construido con los conceptos de confort y de habitabilidad, tanto en los criterios del diseño arquitectónico y de las especialidades de dos o más servicios clínicos para mujeres, en las cuales se realizan las mediciones de los factores que influyen en el confort térmico de estos recintos. Los datos ambientales a monitorizar son temperatura de globo térmico, temperatura ambiente y humedad relativa.

Además, se realizan simulaciones mediante softwares especializados para encontrar datos pertinentes mediante un estudio experimental que permite comparar el desempeño energético y térmico del edificio con y sin la implementación de patios. Esto implica la realización de simulaciones energéticas o pruebas prácticas en un entorno controlado.

4.2. Diseño metodológico

La metodología comprende el objetivo general y los objetivos específicos del estudio, divididos en tres etapas para el proceso de investigación. Se diseñan diversas actividades para facilitar la orientación y organización del trabajo. Se presenta un producto que representa el propósito de cada una de las actividades que se llevan a cabo, con el fin de concretar la investigación.

DISEÑO METODOLÓGICO				
Objetivos específicos	Actividades	Recursos que necesito	Descripción de las actividades	Fechas estimadas
Estudiar los patrones de flujo de aire y de la distribución de la temperatura, para evaluar el impacto de la ubicación estratégica de los patios en la mejora de la ventilación y la reducción del consumo energético.	Plan experimental con ubicación estratégica de los patios	Software de simulación (OpenStudio)	Medición de variables pertinentes y la comparación con un grupo de control sin patios o con ubicaciones diferentes.	Semana 9
		Herramienta de recopilación de datos		
	Recopilación de datos sobre el flujo del aire e	Software de simulación (OpenStudio)	Recopilar datos en diferentes momentos del día y condiciones climáticas.	Semana 9

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

	intercambios térmicos	Herramienta de recopilación de datos		
	Evaluar el impacto de los patios en el consumo energético del edificio en el Área de Consulta Externa.	Modelos de simulación energéticas	Evaluar el consumo energético del edificio bajo diferentes escenarios de uso y condiciones climáticas.	Semana 9
		Herramienta de recopilación de datos		
Medir las condiciones térmicas actuales en el área de consulta externa del CISAMF en la primera planta.	Llevar a cabo mediciones con sensores térmicos en sectores estratégicos del edificio	Sensores térmicos como termómetros, higrómetros, anemómetros, etc.	Definir la ubicación de los puntos de medición, la elección de los sensores adecuados, la frecuencia de muestreo y la duración de las mediciones.	Semana 10
		Herramienta de recopilación de datos		
Cuantificar el potencial de ahorro energético derivado de la implementación de patios para la ventilación e iluminación natural.	Recolectar datos sobre el consumo de energía actual del edificio, incluyendo el uso de sistemas de climatización, iluminación y ventilación	Acceso a datos administrativos del CISAMF	Recolección de datos sobre el edificio en cuestión (como su diseño, orientación, materiales de construcción, sistemas de HVAC existentes, etc.) y datos ambientales (como condiciones climáticas locales, tasas de irradiación solar, temperaturas exteriores, etc.).	Semana 12
		Acceso a datos energéticos de empresas públicas		
		Herramienta de recopilación de datos		
	Utilizar software de simulación energética para modelar el comportamiento actual del edificio.	Software de simulación (OpenStudio)	Diseñar un estudio experimental que permita comparar el desempeño energético y térmico del edificio con la implementación de patios en su estado actual.	Semana 12
		Acceso a planimetrías arquitectónicas del edificio		
		Herramienta de recopilación de datos)		

Tabla i. Tabla de diseño metodológico. Fuente: elaboración propia.

4.3. Metodología

A continuación, se muestran las fases de desarrollo y su descripción con el fin de tener un lineamiento general que permita llevar a cabo el proceso de la construcción del insumo a entregar.

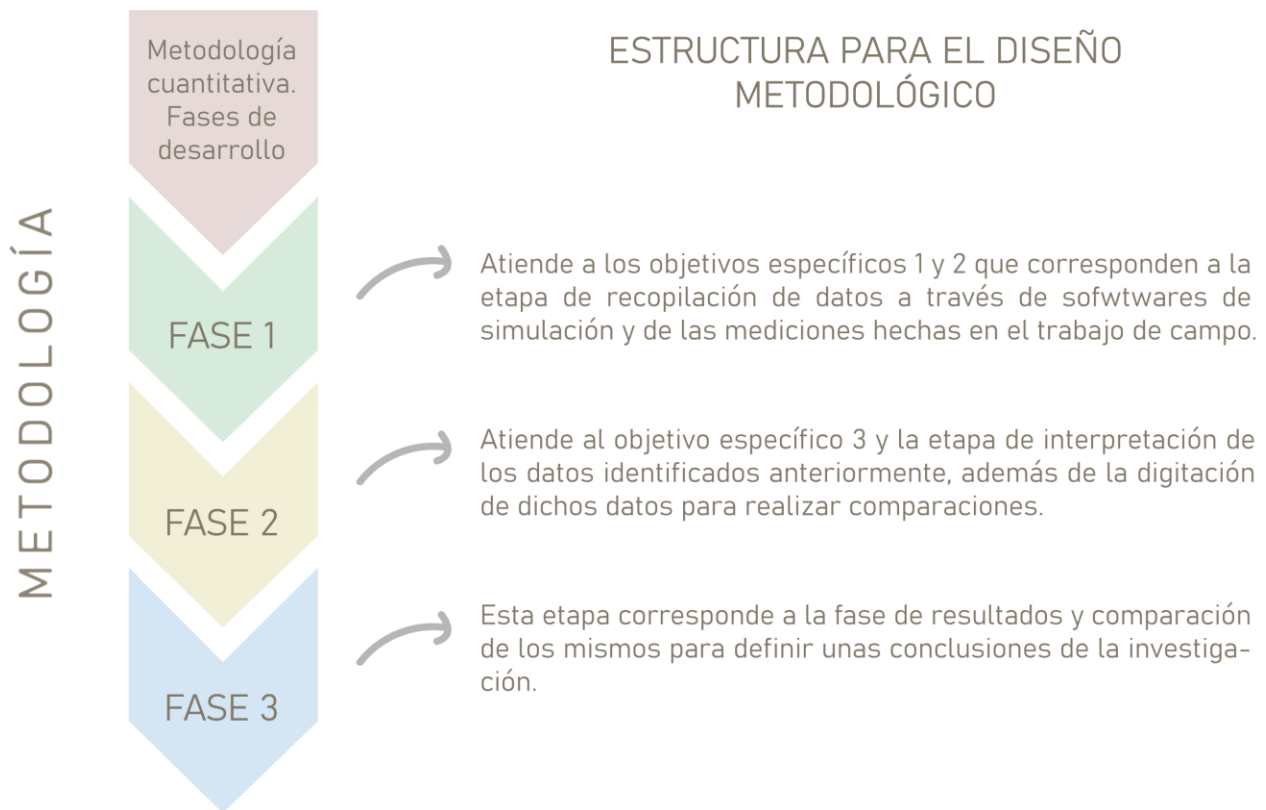


Figura XIII. Estructura para el diseño metodológico. Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Fases de desarrollo

Para dar respuesta al diseño metodológico de la investigación, se divide en tres fases importantes del desarrollo de la misma, donde cada fase corresponde a una etapa práctica en diferentes tiempos de ejecución.

- a) **Fase 1:** Corresponde a la etapa de desarrollo del plan experimental, el cual se basa en la realización de modelos 3D a través de la herramienta OpenStudio y Sketchup. Se

realizan dos modelos con las mismas propiedades físicas y climáticas, con la diferencia de que uno de los dos no tiene implementados los patios y el otro respeta las condiciones originales del edificio. Para efectos prácticos, el primero es nombrado con el código 01 SP y el segundo con el código 00 CP.

En esta etapa, se arrojan los resultados de las simulaciones energéticas de ambos modelos, con datos en forma de tablas y gráficos que explican las variaciones térmicas de los diferentes espacios, así como una evaluación del consumo energético que implican las variaciones en el modelado.

Por otro lado, se realiza un trabajo de campo presencial en el Área de Consulta Externa, en el cual se colocan 5 sensores en puntos estratégicos con el objetivo de medir la temperatura y humedad relativa del espacio en intervalos de 15 minutos durante las fechas 23/03/2024 y 03/04/2024.

b) Fase 2: Esta etapa es el procesamiento de datos, tanto principales como secundarios, donde se hace la codificación y tabulación de los resultados de los trabajos realizados en la fase anterior mediante la herramienta Excel. Se consideran las variables necesarias a trabajar, graficando cuadros, tablas y gráficos estadísticos según la necesidad de síntesis. Metódicamente se hacen cálculos de los promedios en cada una de las variables para trabajar en un mismo formato; en este caso, se trabaja con la unidad de tiempo en Horas y el consumo energético en KWh.

c) Fase 3: Finalmente, se hace una puesta de análisis y síntesis de resultados obtenidos de las dos fases anteriores, comparando las diferencias en ahorro energético con las medidas de temperatura en el estado actual del Área de Consulta Externa, y en un modelo experimental sin los patios, recreando las mismas condiciones térmicas con uso de sistemas de HVAC (aire acondicionado) comparando los datos de los gráficos realizados dentro de

un análisis cuantitativo, definiendo unos indicadores e índices frente a lo consultado en el marco teórico que da pie al informe final de la investigación.

4.3.2. Diseño comparativo de variables de temperatura y consumo energético

Los comparativos de ambos componentes se realizan mediante tablas y gráficos de barras y líneas que muestran las diferencias de cada variable en los espacios del Área de Consulta Externa denominados Zonas Térmicas, y en el transcurso del día medido en horas. Este método es práctico para mostrar de forma sencilla cómo la variación en un modelo puede implicar grandes cambios en el consumo energético del edificio y alterar los intercambios térmicos que este implica.

4.4. Herramientas o instrumentos a utilizar

Se elabora un modelo 3D del Área de Consulta Externa del edificio a partir de los planos arquitectónicos obtenidos, con y sin variaciones de la condición de los patios. Haciendo uso de un software de simulación (OpenStudio) para arrojar datos de flujos del aire e intercambios térmicos, así como la realización de simulaciones energéticas.

ALCANCES

LIMITANTES

Incorporación de variaciones de la condición de los patios al modelo 3D, lo que permitirá simular diferentes escenarios y evaluar su impacto. Además de obtener resultados cuantitativos que se pueden utilizar para comparar datos obtenidos de otras mediciones.	Las simulaciones realizadas a través del software pueden estar sujetas a ciertas simplificaciones y suposiciones que pueden afectar la precisión de los resultados obtenidos.
--	---

Tabla ii. Alcances y limitaciones de la metodología. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se hace uso de herramientas de medición en el espacio físico, tales como sensores de temperatura y humedad (5), en puntos estratégicos del Área de Consulta Externa. Las mediciones se realizan durante una semana en la que estos instrumentos recopilan datos en diferentes momentos del día teniendo limitantes a la condición climática específica del transcurso de esos días.

<i>ALCANCES</i>	<i>LIMITANTES</i>
Recopilación de resultados específicos del lugar pertinente para la investigación, recogiendo una base de datos en el transcurso de varios días para obtener información estadística.	La condición climática específica durante el período de medición puede no ser totalmente representativa de todas las condiciones climáticas que pueden afectar el Área de Consulta Externa a lo largo del año.

Tabla iii. Alcances y limitaciones de la metodología. Fuente: elaboración propia.

4.5. Resultados esperados e impacto

Para efectos de la investigación y para dar respuesta a los datos que se requieren obtener, se opta por abordar un diseño descriptivo, el cual es útil para precisar la información estadística y datos precisos obtenidos de las mediciones realizadas a través de simulaciones y el trabajo de campo. Se muestra la recolección de resultados que se obtienen por medio de gráficos, tablas y cuadros comparativos con la finalidad de representar el componente a investigar.

Capítulo 5. Desarrollo de las actividades

5.1. Variación en modelos experimentales del edificio

El modelo 00 CP respeta las condiciones reales del edificio en su construcción, con la implementación de los patios interiores. En el modelo 3D, mediante la herramienta OpenStudio, se crean los parámetros necesarios con el nivel de detalle requerido para obtener una simulación realista. Para la aplicación de estos parámetros se deben hacer uso de los mismos materiales, las áreas construidas y las cargas térmicas de las personas, equipos e iluminación; cada uno de estos parámetros puede influir significativamente en el resultado de la simulación que realiza el software, por lo tanto, es importante tener máximo cuidado en el detalle de cada uno.

Para el caso del modelo 01 SP se respetan las mismas condiciones anteriormente mencionadas, con la única diferencia de que, en este caso, no se implementan los vanos de los patios del edificio original. Sin Embargo, las condiciones climáticas son distintas ya que el modelo no tiene relaciones directas con el clima, por lo que no cuenta con la misma influencia de la condición exterior.

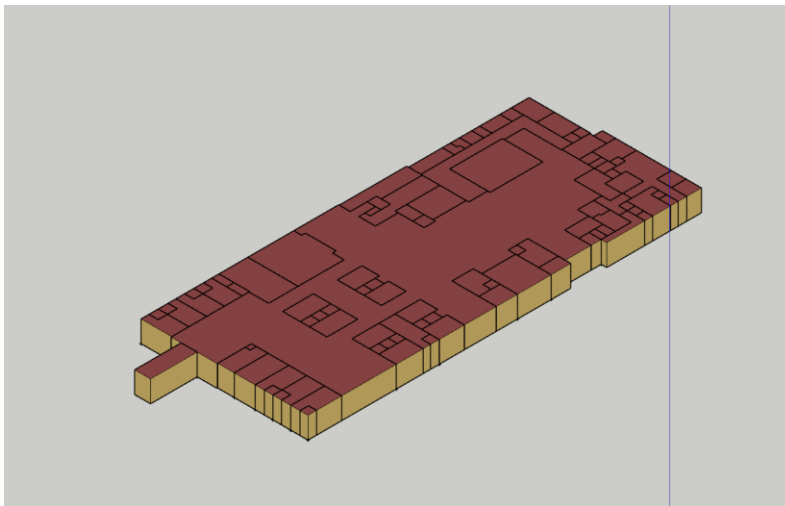


Figura XIV. Modelo 01 SP. Sketchup + OpenStudio. Fuente: elaboración propia.

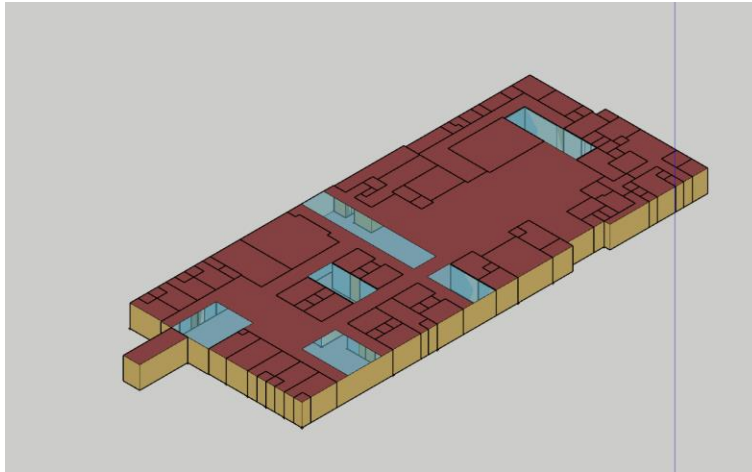


Figura XV. Modelo 00 CP. Sketchup + OpenStudio. Fuente: elaboración propia.

5.2. Modelo 00 CP

Los siguientes resultados de la simulación energética corresponden al modelo 00 CP, el cual emula las condiciones reales del edificio.

5.2.1. Condición térmica

Las siguientes tablas expresan la cantidad de horas en el año que cada zona térmica (espacios de uso del edificio) se encuentra en el rango de temperatura y humedad relativa correspondientes, así como su promedio global.

Tipo de Zona Térmica	< 13 (°C)	13-16 (°C)	16-18 (°C)	18-20 (°C)	20-21 (°C)	21-22 (°C)	22-23 (°C)	23-24 (°C)	24-25 (°C)	25-28 (°C)	28-31 (°C)	>= 31 (°C)	Promedio Temp (°C)
----------------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------------

Cantidad de horas en cada rango de temperatura

SALA DE ESPERA/CIRCULACIÓN	0	0	318	1529	1081	1042	988	830	1501	986	412	73	22,5
CONSULTORIO	0	0	2	3497	1636	1420	1077	955	173	0	0	0	20,6
TALLER	0	0	2	2359	1420	1142	1096	1735	1006	0	0	0	21,5
HISTORIAS CLÍNICAS	0	0	0	1655	1503	1788	1689	1582	543	0	0	0	21,6
CURACIONES	0	0	10	3391	919	841	1075	1631	893	0	0	0	21,1
FARMACIA	0	0	0	1859	1493	1503	1626	1773	506	0	0	0	21,6
ADMIN. FARMACIA	0	0	27	5051	910	1024	1008	677	63	0	0	0	19,8
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN	0	0	54	4307	701	818	887	1385	608	0	0	0	20,5

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

DEPÓSITO DE PLACAS	0	0	3	2463	1842	1870	1401	1021	160	0	0	0	21,1
SALA DE LECTURA	0	0	42	3542	590	579	683	1522	1802	0	0	0	21,2
MAMÓGRAFO	0	0	0	2072	1618	1327	1249	1680	814	0	0	0	21,6
ECOGRAFÍA	0	0	1	3167	954	843	1029	1687	1079	0	0	0	21,3
TOMA DE MUESTRAS	0	0	2	2594	1021	747	688	1674	2034	0	0	0	21,7
ADMIN. LABORATORIO	0	0	14	3718	743	723	767	1511	1284	0	0	0	20,9
LABORATORIO	0	0	0	465	1350	1693	1317	1662	2273	0	0	0	22,4
INFORMACIÓN	0	0	43	3578	615	561	622	1465	1876	0	0	0	21,1
SALA DE ESPERA INT	0	0	0	1730	1598	1485	1274	1744	929	0	0	0	21,7
SERVICIOS DE LABORATORIO	0	0	9	5347	1944	1131	310	19	0	0	0	0	19,7
BAÑOS/ASEOS	0	0	645	4946	1955	956	250	8	0	0	0	0	19,6
SERVICIOS	0	0	224	3893	2603	1458	516	66	0	0	0	0	20,1

Tabla iv. Tabla de rango de temperaturas por zona. Fuente: elaboración propia.

Tipo de Zona Térmica	< 30 (%)	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	>= 80 (%)	Promedio HR (%)
----------------------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------------

Cantidad de horas en cada rango de HR

SALA DE ESPERA/CIRCULACIÓN	0	0	0	0	17	135	432	736	989	1094	1134	4223	79,5
CONSULTORIO	0	0	5	30	93	264	620	1229	1796	1806	1749	1168	70,5
TALLER	0	0	2	16	92	252	708	1331	1456	1637	1340	1926	71,7
HISTORIAS CLÍNICAS	0	0	1	8	20	103	400	958	1274	1489	1791	2716	74,7
CURACIONES	0	0	0	12	35	195	643	1026	1321	1571	1752	2205	72,9
FARMACIA	0	0	0	0	10	103	485	921	1025	1536	1551	3129	75,5
ADMIN. FARMACIA	0	0	0	3	18	74	255	616	1355	2169	2548	1722	74,1
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN	0	0	3	45	139	305	729	1085	1389	2117	2130	818	70,2
DEPÓSITO DE PLACAS	0	0	0	1	12	63	266	713	1386	2058	2302	1959	74,3
SALA DE LECTURA	0	0	6	73	120	284	668	1166	1503	2215	2049	676	69,9
MAMÓGRAFO	0	0	11	138	167	316	699	1173	1689	1833	1398	1336	69,9
ECOGRAFÍA	0	0	15	105	141	237	505	998	1449	1580	1658	2072	72,3
TOMA DE MUESTRAS	0	0	53	147	252	465	914	1529	1511	1616	1441	832	67,7
ADMIN. LABORATORIO	0	0	7	45	155	382	797	1205	1576	2299	1794	500	69

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

LABORATORIO	0	0	0	73	234	758	1595	1977	1743	1180	570	630	65,1
INFORMACIÓN	0	0	2	44	111	359	910	1401	1528	2119	1811	475	68,8
SALA DE ESPERA INT	0	0	6	34	84	226	606	1161	1569	1761	1587	1726	71,8
SERVICIOS DE LABORATORIO	0	0	0	0	0	21	126	501	1414	2676	2554	1468	74,2
BAÑOS/ASEOS	0	0	0	0	5	44	206	601	1640	2837	2343	1084	73,1
SERVICIOS	0	0	0	0	7	68	340	1030	2111	2706	1769	729	71,3

Tabla v. Tabla de rango de humedad relativa por zona. Fuente: elaboración propia.

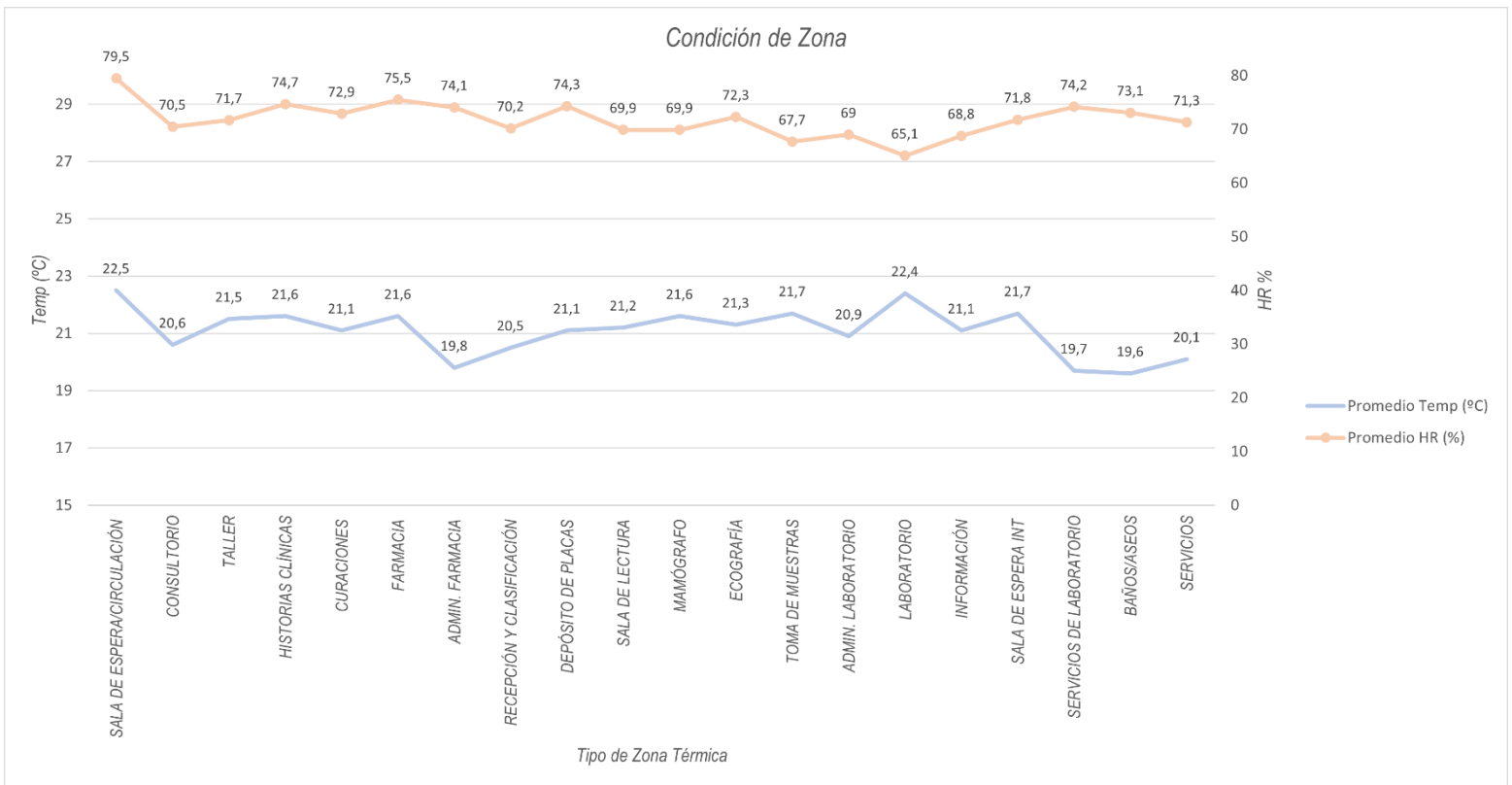


Figura XVI. Gráfico de condición de zona del modelo 00 CP. Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Espacios calculados para Sistemas HVAC

Control ambiental (Calefacción, refrigeración, ventilación y limpieza del aire): comúnmente se emplean unidades terminales con control de usuario en las habitaciones y consultorios, y en otras áreas especializadas el uso de sistemas independientes. El acondicionamiento en los centros sanitarios/hospitalarios generalmente suele ser centralizado; para

la refrigeración normalmente se utilizan plantas enfriadoras con torres de condensación. (Cristiá, 2011)

En el modelo 00 CP se calculan los espacios que mayor control se debe tener sobre el sistema de climatización. Algunos espacios con sistemas o funciones con requisitos de presurización especial del sistema HVAC en algunas salas, como los quirófanos y las unidades de cuidados intensivos, así como la necesidad de disponer de espacios con una temperatura inferior y que requieren de una mayor renovación del clima, como las instalaciones del laboratorio o áreas utilizadas para la fabricación de ortopedias. (Martí & Tiers, 2009)

ESTANCIA	TEMPERATURA (°C)
Dormitorios Estancia todo el día	22
Quirófanos	29 – 32
Sala de rayos X	22
Salas generales	22
Salas de recuperación	23

Tabla vi. Tabla de temperaturas interiores de cálculo de estancias. (Gas Natural Fenosa, 2010)

Además, aquellos espacios con un flujo continuo de personas también son calculados para funcionar con sistemas HVAC, como los talleres educativos, farmacia, etc.

En el caso del modelo 00 CP, no se calculan sistemas HVAC en las salas de espera, ya que se encuentran expuestos a los factores ambientales y cuentan con una condición de influencia de componentes exteriores como viento e iluminación natural, por lo que el uso de sistemas de refrigeración y/o calefacción no representa un efecto significativo en los cambios de temperatura.

5.2.3. Consumo en Sistemas HVAC

Se expresa el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado anualmente medido en horas de uso. Cada tabla corresponde inicialmente al sistema de medida dado por el software y su respectiva conversión a KWh para el posterior análisis de precios.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Consumo de refrigeración (MBtu)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio
Refrigeración	4,19	3,87	3,97	1,56	2,76	3,08	4,09	3,32	2,53	2,32	1,84	2,25	35,78	2,98
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temp Salida (F)	64,3	64,6	64,4	65,0	64,9	64,6	64,8	64,9	64,5	64,6	64,4	64,0		

Tabla vii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en MBtu. Fuente: elaboración propia.

Consumo de Sistemas HVAC (KWh)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio
Refrigeración	1227,9	1134,1	1163,4	457,1	808,8	902,6	1198,6	973,0	741,4	679,9	539,2	659,4	10486,0	873,8
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temp Salida (°C)	17,9	18,1	18,0	18,3	18,3	18,1	18,2	18,3	18,0	18,1	18,0	17,8		

Tabla viii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia.

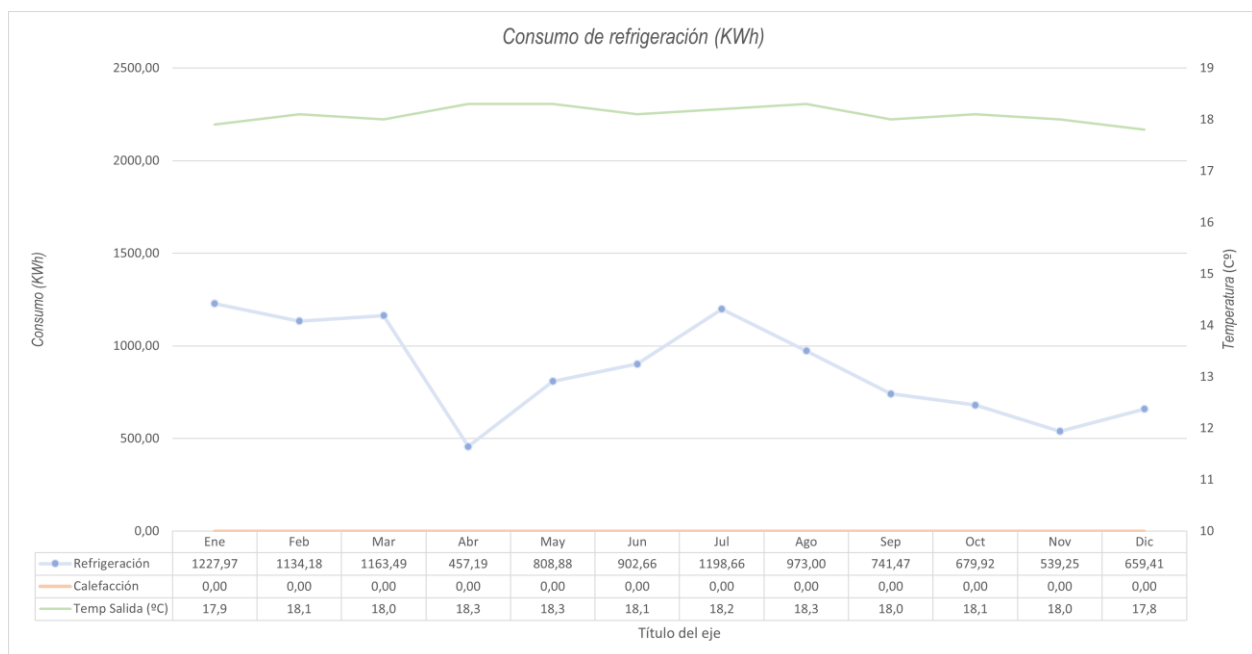


Figura XVII. Gráfico de consumo de refrigeración representado en KWh. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

El pico de demanda se expresa en KWh y representa el máximo de unidades por hora que se demanda en cada mes del año.

Pico de Demanda (Kbtu/h)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Refrigeración	64,15	72,82	75,37	35,17	62,15	60,25	75,48	50,44	56,42	56,17	37,69	41,5
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pico de Demanda (KWh)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Refrigeración	18,80	21,34	22,09	10,31	18,21	17,66	22,12	14,78	16,54	16,46	11,05	12,16
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla ix. Tablas de pico de demanda expresados en Kbtu y KWh. Fuente: elaboración propia.

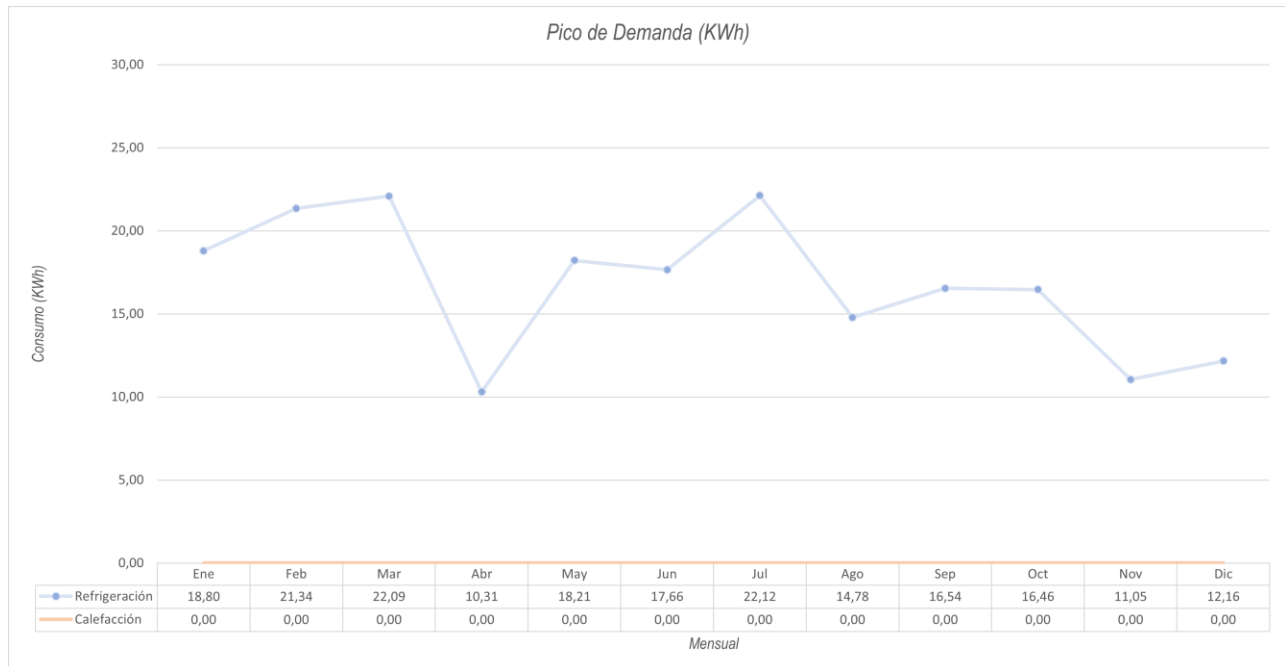


Figura XVIII. Gráfico de pico de demanda representado en KWh. Fuente: elaboración propia.

5.3. Modelo 01 SP

Los siguientes resultados de la simulación energética corresponden al modelo 01 SP, el cual emula las condiciones reales del edificio, a excepción de la implementación de patios interiores.

5.3.1. Condición Térmica

Las siguientes tablas expresan la cantidad de horas en el año que cada zona térmica (espacios de uso del edificio) se encuentra en el rango de temperatura y humedad relativa correspondientes, así como su promedio global.

Tipo de Zona Térmica	< 13 (°C)	13- 16 (°C)	16- 18 (°C)	18-20 (°C)	20-21 (°C)	21-22 (°C)	22-23 (°C)	23-24 (°C)	24-25 (°C)	25-28 (°C)	28- 31 (°C)	>= 31 (°C)	Promedio Temp (°C)
<i>Cantidad de horas en cada rango de temperatura</i>													
SALA DE ESPERA/CIRCULACIÓN	0	0	0	163	484	947	1337	1520	2575	1580	153	1	24,0
CONSULTORIO	0	0	1	2497	1539	1322	1206	1394	801	0	0	0	21,3
TALLER	0	0	0	1994	1436	1162	1044	1740	1384	0	0	0	21,8
HISTORIAS CLÍNICAS	0	0	0	1060	1294	1509	1687	1830	1380	0	0	0	22,1
CURACIONES	0	0	1	2816	1055	793	875	1729	1491	0	0	0	21,5
FARMACIA	0	0	0	1374	1428	1384	1335	2052	1187	0	0	0	22,0
ADMIN. FARMACIA	0	0	24	5010	908	1007	1015	730	66	0	0	0	19,9
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN	0	0	50	4116	677	733	811	1472	901	0	0	0	20,7
DEPÓSITO DE PLACAS	0	0	0	1629	1585	1693	1519	1727	607	0	0	0	21,7
SALA DE LECTURA	0	0	29	3153	626	606	562	1372	2412	0	0	0	21,4
MAMÓGRAFO	0	0	0	1417	1560	1332	1046	1729	1676	0	0	0	22,0
ECOGRAFÍA	0	0	1	3077	978	842	1030	1718	1114	0	0	0	21,3
TOMA DE MUESTRAS	0	0	3	2511	1053	759	674	1690	2070	0	0	0	21,8
ADMIN. LABORATORIO	0	0	20	3501	734	693	716	1514	1582	0	0	0	21,2
LABORATORIO	0	0	0	465	1347	1693	1320	1687	2248	0	0	0	22,4
INFORMACIÓN	0	0	46	3567	610	570	616	1489	1862	0	0	0	21,2
SALA DE ESPERA INT	0	0	1	1340	1520	1513	1303	1750	1333	0	0	0	21,9
SERVICIOS DE LABORATORIO	0	0	6	4608	2111	1386	561	88	0	0	0	0	20,0
BAÑOS/ASEOS	0	0	360	4159	2209	1368	564	100	0	0	0	0	20,1
SERVICIOS	0	0	84	2830	2455	1981	1045	347	18	0	0	0	20,6

Tabla x. Tabla de rango de temperaturas por zona del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Tipo de Zona Térmica	< 30 (%)	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	>= 80 (%)	Promedio HR (%)
<i>Cantidad de horas en cada rango de HR</i>													
SALA DE ESPERA/CIRCULACIÓN	0	0	0	0	1	142	614	1162	1590	1884	1619	1748	72,5
CONSULTORIO	0	0	292	304	333	675	1100	1466	1512	1296	1159	623	64,8
TALLER	0	0	21	76	164	439	1029	1467	1578	1466	1093	1427	69,1
HISTORIAS CLÍNICAS	0	0	90	139	269	528	1013	1286	1172	1318	1324	1621	69,0
CURACIONES	0	0	15	199	262	485	921	1251	1370	1424	1353	1480	68,8
FARMACIA	0	0	3	51	219	606	813	1095	1227	1353	1191	2202	71,0
ADMIN. FARMACIA	0	0	0	3	20	80	263	625	1361	2194	2517	1697	74,0
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN	0	0	9	66	187	422	878	1107	1395	2090	1996	610	69,1
DEPÓSITO DE PLACAS	0	0	24	71	126	292	682	1174	1621	2018	1739	1013	70,0
SALA DE LECTURA	0	0	50	291	268	449	833	1367	1679	2157	1347	319	66,7
MAMÓGRAFO	0	0	175	528	428	741	1201	1473	1570	1417	763	464	63,5
ECOGRAFÍA	0	0	19	112	165	251	537	1042	1451	1630	1640	1913	71,8
TOMA DE MUESTRAS	0	0	63	167	285	462	940	1555	1506	1656	1361	765	67,3
ADMIN. LABORATORIO	0	0	13	102	251	478	910	1299	1591	2269	1489	358	67,6
LABORATORIO	0	0	1	73	235	774	1597	1961	1736	1184	573	626	65,1
INFORMACIÓN	0	0	2	44	114	355	918	1411	1531	2122	1796	467	68,8
SALA DE ESPERA INT	0	0	41	94	190	416	865	1381	1643	1687	1262	1181	69,0
SERVICIOS DE LABORATORIO	0	0	0	0	0	36	177	669	1756	2750	2245	1127	73,1
BAÑOS/ASEOS	0	0	0	0	13	93	322	904	1996	2865	1874	693	71,5
SERVICIOS	0	0	0	0	29	172	538	1446	2424	2497	1232	422	69,3

Tabla xi. Tabla de rango de humedad relativa del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

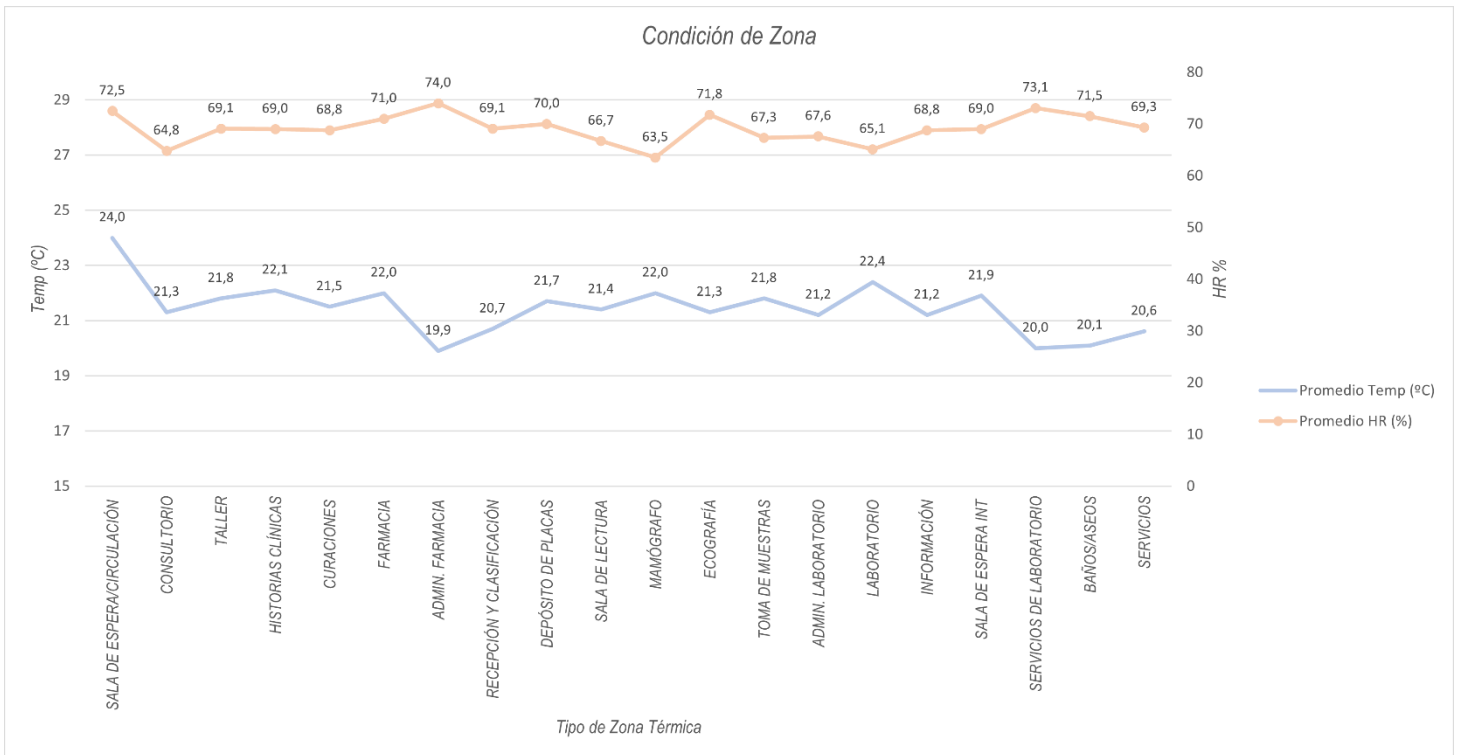


Figura XIX. Gráfico de condición de zona del modelo 01 SP. Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Espacios calculados para Sistemas HVAC

Al igual que en el modelo 00 CP, en este caso se reutilizan los mismos parámetros e indicadores para el cálculo de los espacios que requieren de sistemas de refrigeración.

Sin embargo, para el modelo 01 SP sí es necesario hacer el cálculo en los espacios de las salas de espera, ya que su condición cambia y se encuentran en un ambiente cerrado al exterior, donde no existe la presencia de los componentes naturales que sí tienen influencia en el modelo anterior.

5.3.3. Consumo en Sistemas HVAC

Se expresa el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado anualmente medido en horas de uso. Cada tabla corresponde inicialmente al sistema de medida dado por el software y su respectiva conversión a KWh para el posterior análisis de precios.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Consumo de refrigeración (MBtu)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio
Refrigeración	7,68	6,56	5,66	2,27	3,96	4,69	6,14	5,19	3,78	3,61	3,14	4,77	57,45	4,79
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temp Salida (F)	64,3	64,6	64,4	65,0	64,9	64,6	64,8	64,9	64,5	64,6	64,4	64,0		

Tabla xii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en MBtu. Fuente: elaboración propia.

Consumo de Sistemas HVAC (KWh)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio
Refrigeración	2250,7	1922,5	1658,7	665,2	1160,5	1374,5	1799,4	1521,0	1107,8	1057,9	920,2	1397,9	16836,9	1403,0
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temp Salida (°C)	17,9	18,1	18,0	18,3	18,3	18,1	18,2	18,3	18,0	18,1	18,0	17,8		

Tabla xiii. Tabla de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

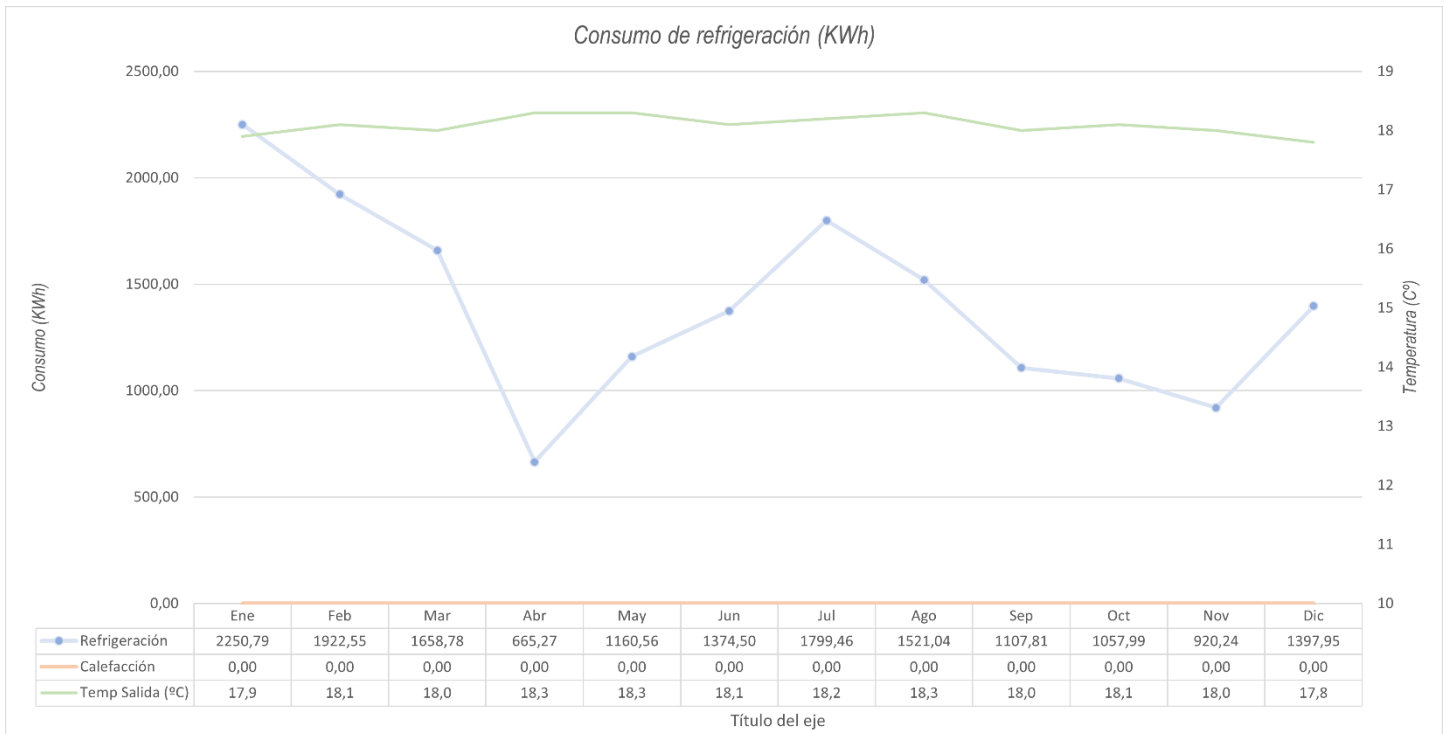


Figura XX. Gráfico de consumo de refrigeración expresado en KWh. Fuente: elaboración propia.

El pico de demanda se expresa en KWh y representa el máximo de unidades por hora que se demanda en cada mes del año.

Pico de Demanda (Kbtu/h)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Refrigeración	79,93	90,12	90,88	48,58	78,16	79,33	92,44	70,69	70,24	72,48	59,29	60,71
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pico de Demanda (KWh)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Refrigeración	23,43	26,41	26,63	14,24	22,91	23,25	27,09	20,72	20,59	21,24	17,38	17,79
Calefacción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla xiv. Tablas de pico de demanda expresados en Kbtu y KWh. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

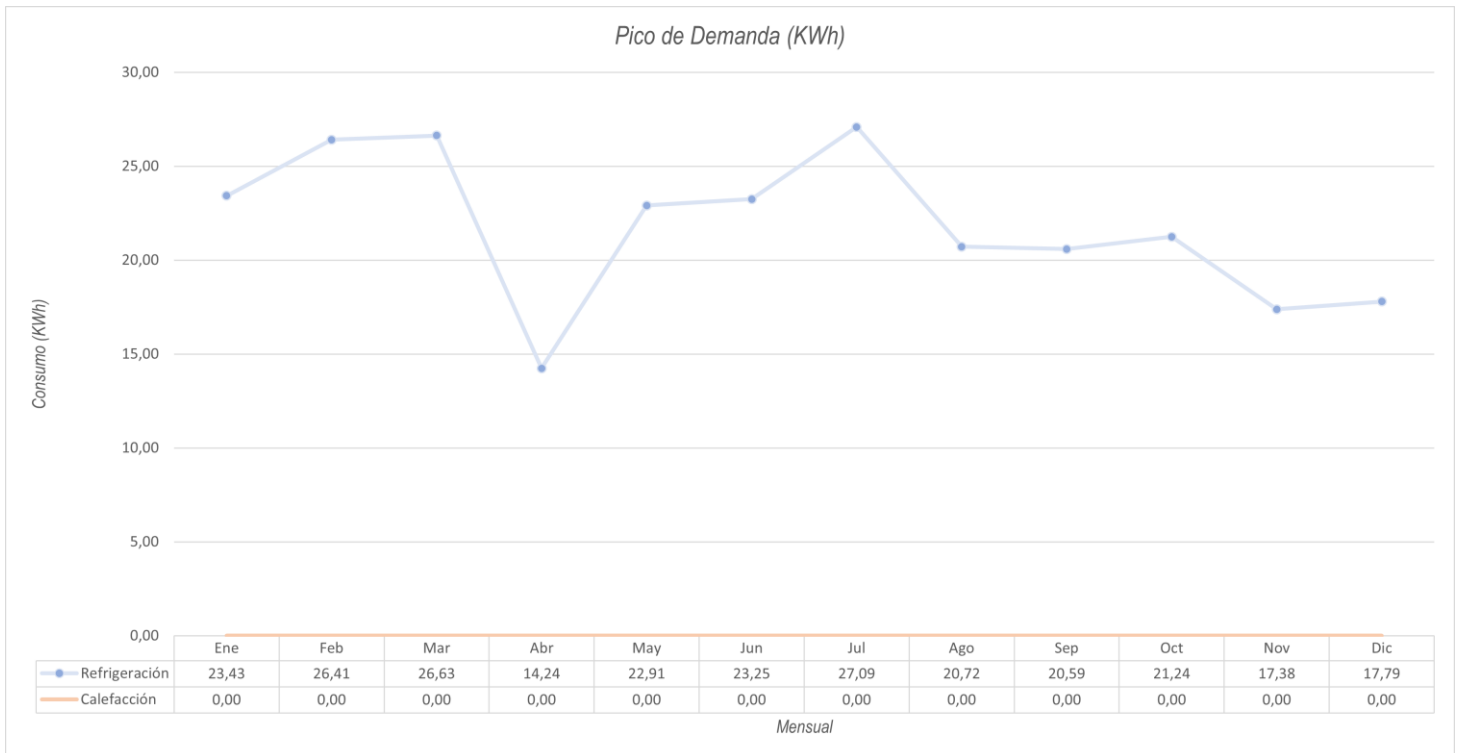


Figura XXI. Gráfico de pico de demanda representado en KWh. Fuente: elaboración propia.

5.4. Trabajo de Campo en el Área de Consulta Externa

El trabajo presencial en el edificio consiste en la colocación de los sensores térmicos en puntos estratégicos del Área de Consulta Externa, para medir las condiciones de temperatura y humedad en el transcurso del día, con mediciones cada 15 minutos para posteriormente promediarlos por cada hora del día.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF



Figura XXII. Planta del Área de Consulta Externa con indicadores de colocación de sensores. Fuente: elaboración propia.

Cada sensor registra temperaturas y humedad en los puntos específicos durante el transcurso del 23/03/2024 al 03/04/2024, registrando datos cada 15 minutos sin interrupciones durante el tiempo determinado. Una vez se recogen los sensores, se descargan los datos en archivos de Excel independientes.

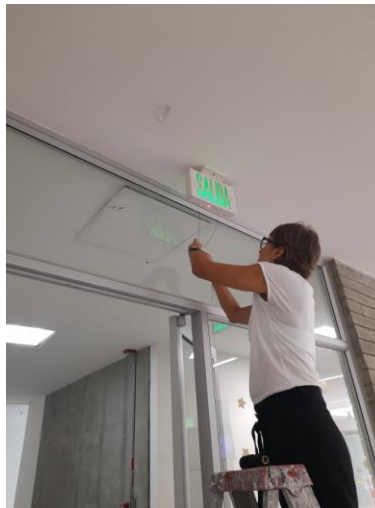


Figura XXIII. Evidencias de trabajo de campo.



Figura XXIV. Colocación de sensores en el Área de Consulta Externa.

El procesamiento de estos datos consiste en la tabulación de las variables requeridas para el trabajo, tomando las mediciones desde las 12:00:00 p.m. del día 23/03/2024 hasta las 12:00:00 p.m. del día 03/04/2024, con el fin de obtener la curva completa a la hora de graficar los resultados. Para efectos de esta investigación, se promedian 4 mediciones por hora (cada 15 minutos) y se obtiene un promedio de una hora por las 24 horas del día. Este ejercicio se realiza por cada sensor colocado para, posteriormente, promediar todas las horas iguales en cada sensor y así obtener un promedio general.

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (HR %), representados en gráficos de barras y líneas de tendencia de cada uno de los sensores colocados en el Área de Consulta Externa.¹

¹ *Nota del autor:* las franjas representan la zona de confort ($18^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$)

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

- **Sensor 1***

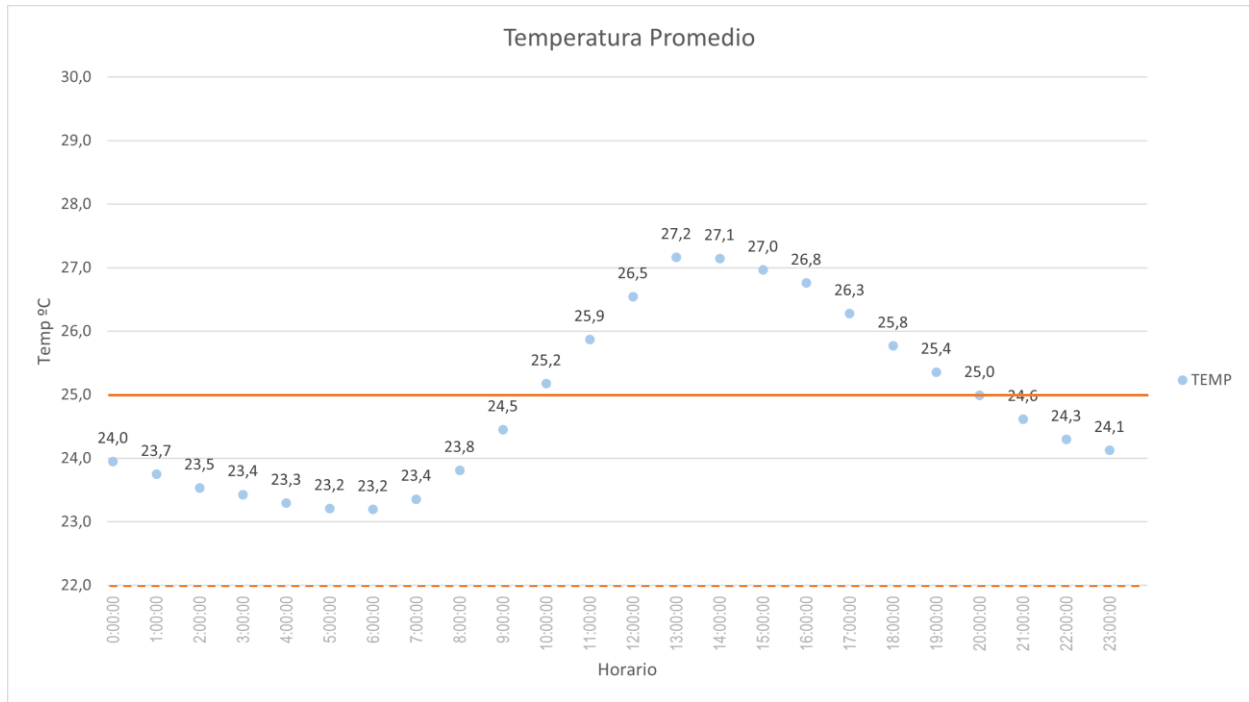


Figura XXVI. Gráfico de la temperatura promedio registrada por el sensor 1*. Fuente: elaboración propia.

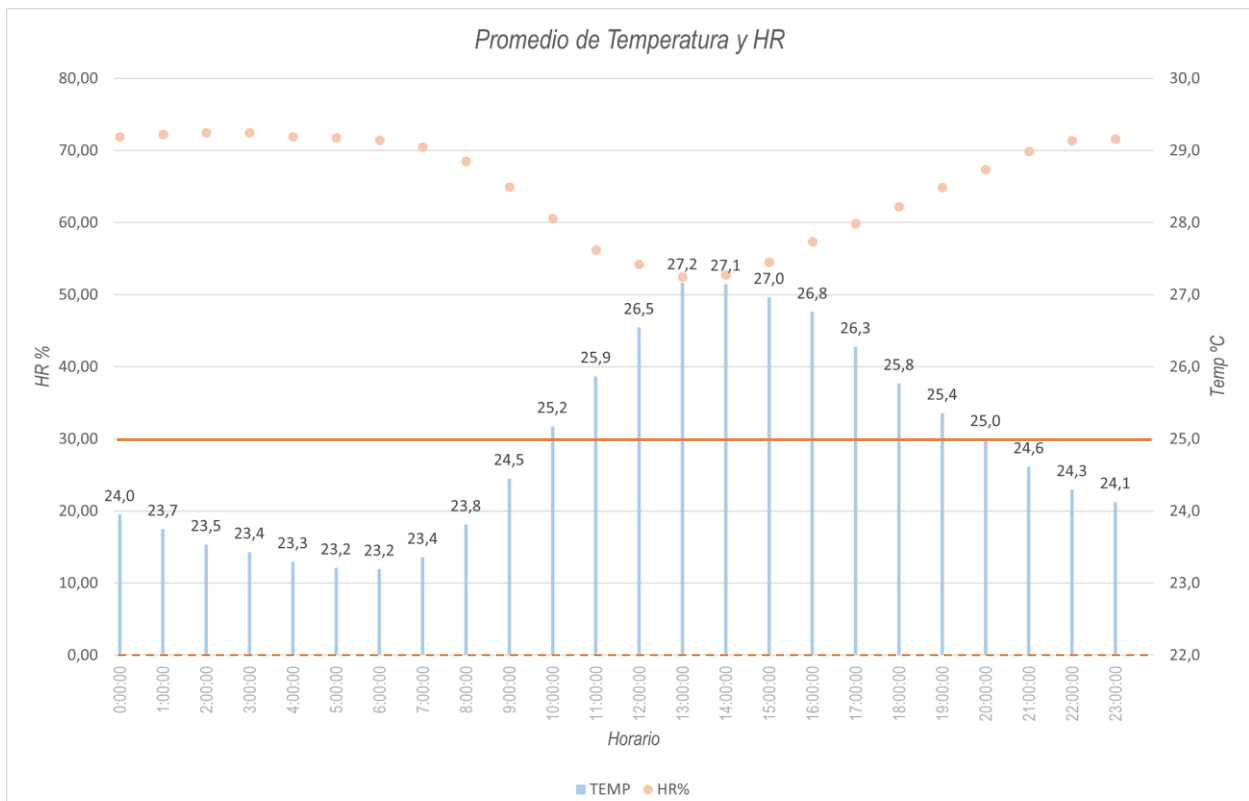


Figura XXV. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 1*. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

- **Sensor 2**

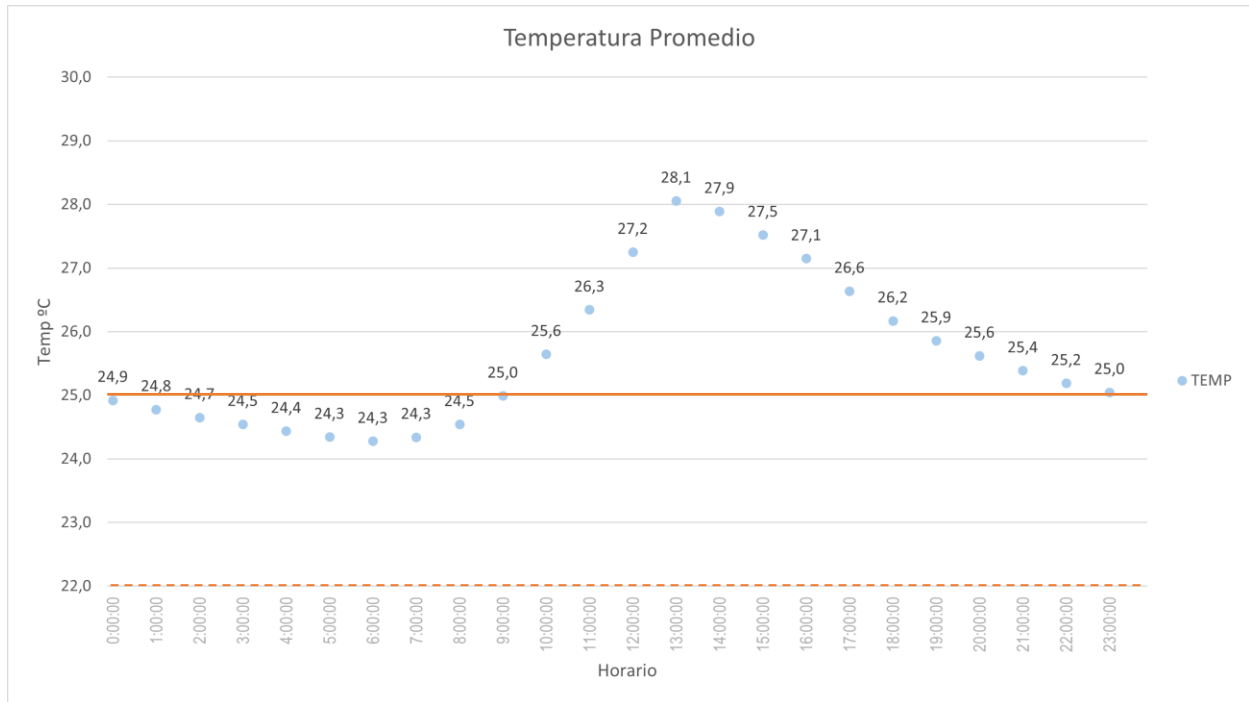


Figura XXVIII. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 2. Fuente: elaboración propia.

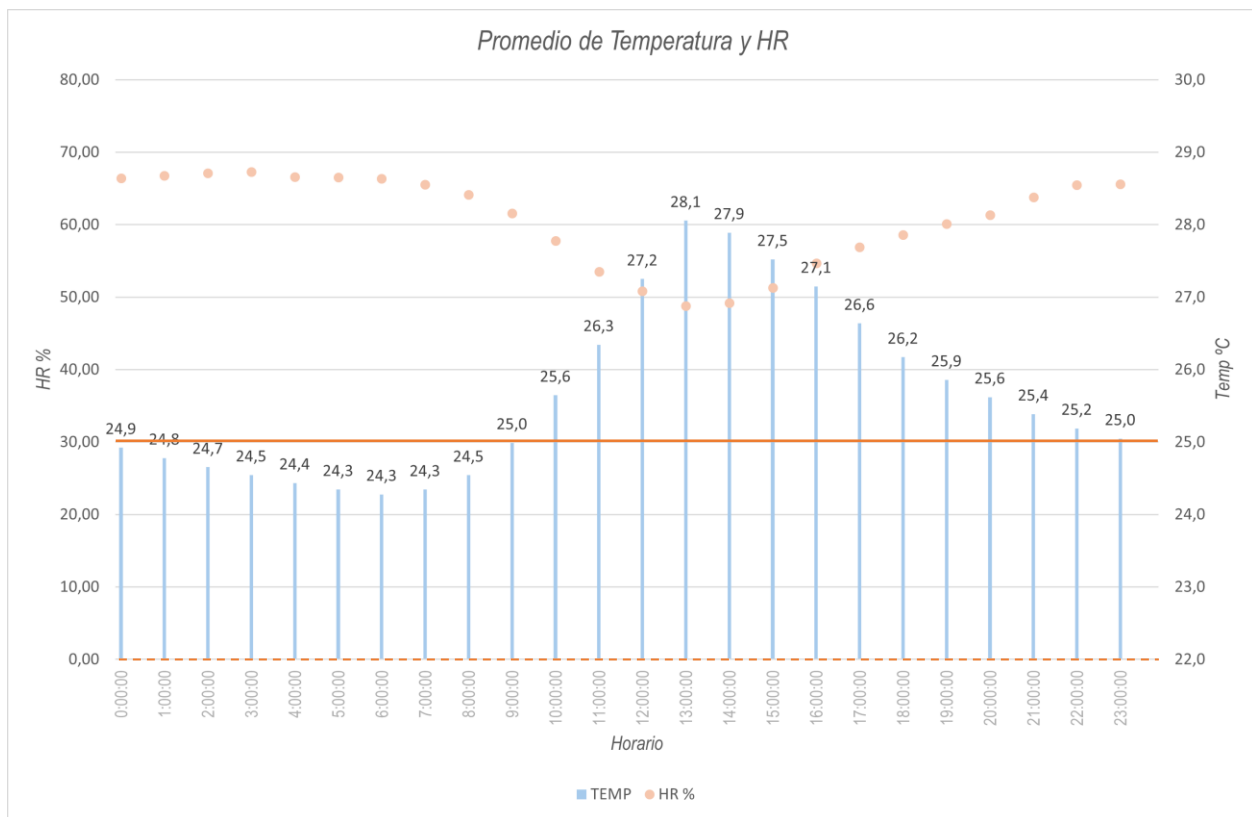


Figura XXVII. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 2. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

- **Sensor 3**

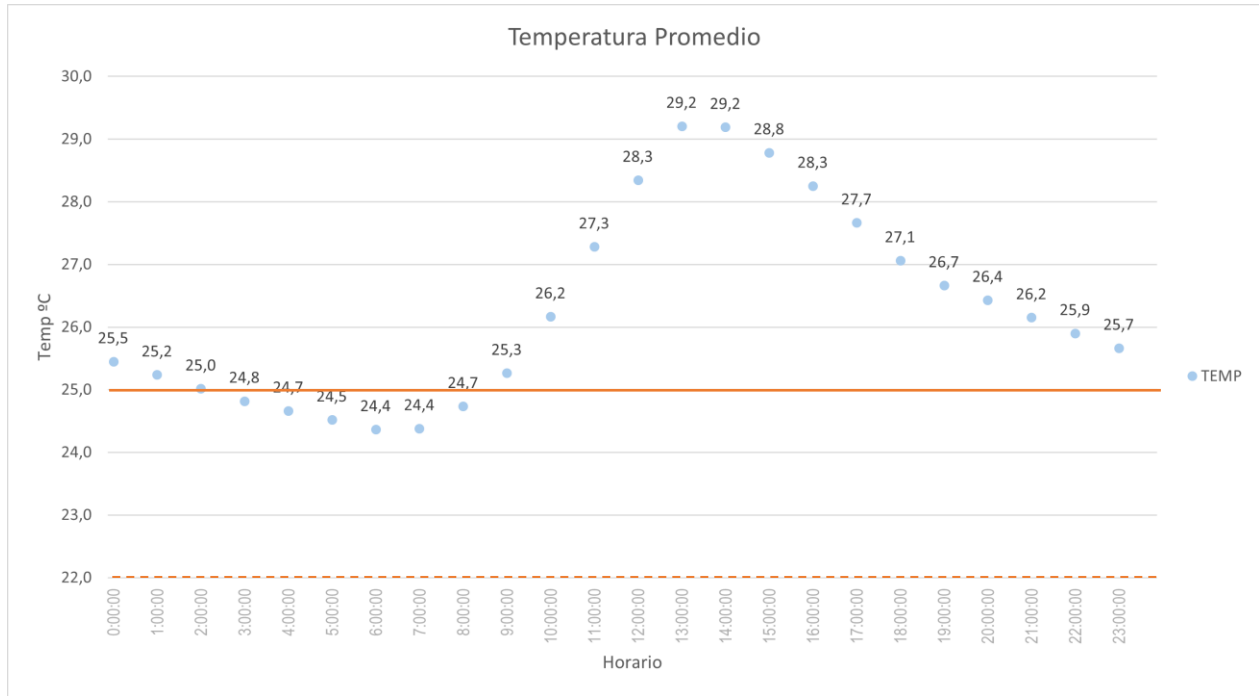


Figura XXX. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 3. Fuente: elaboración propia.

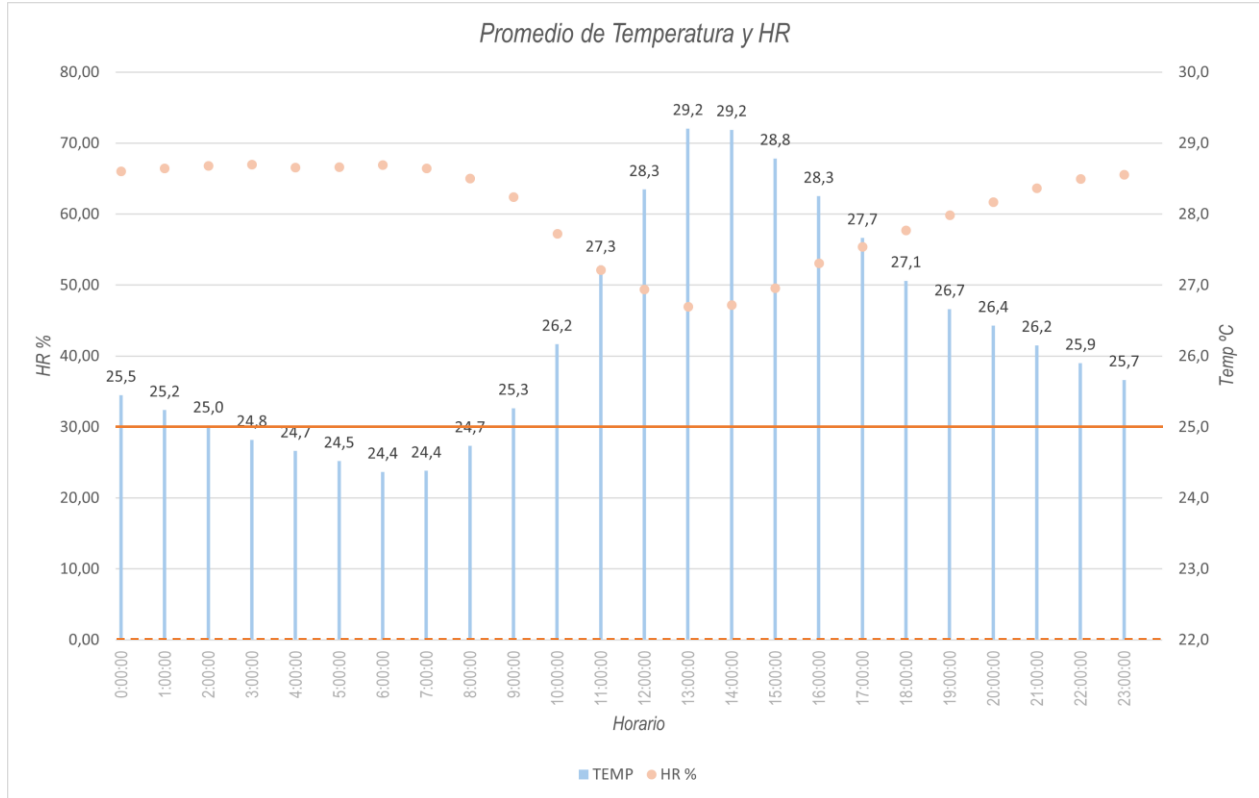


Figura XXIX. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 3. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

- **Sensor 4**

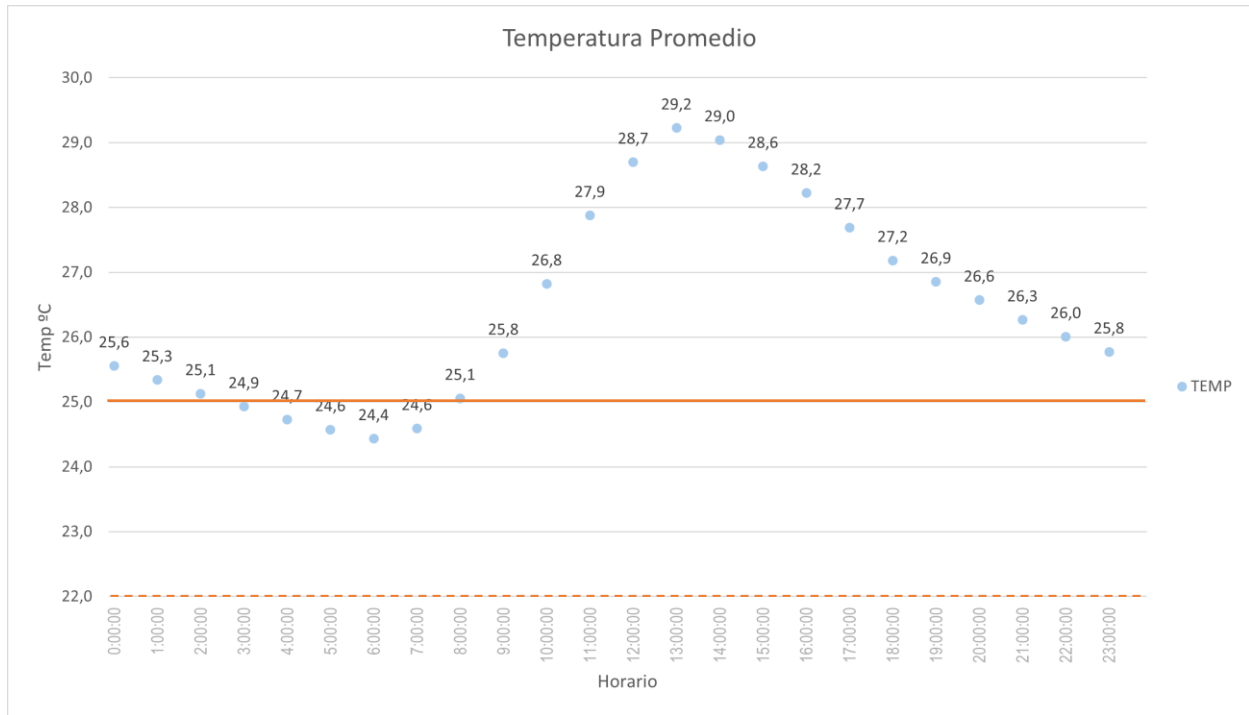


Figura XXXII. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 4. Fuente: elaboración propia.

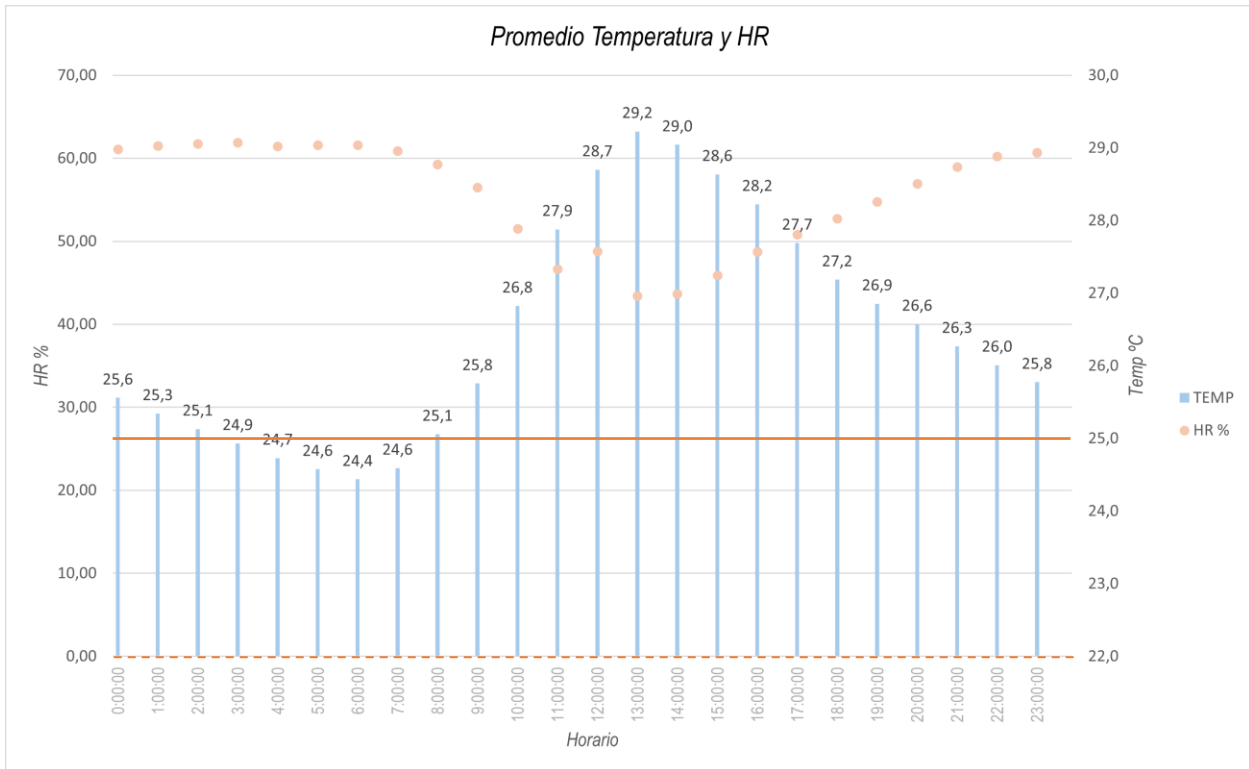


Figura XXXI. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 4. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

- **Sensor 4***

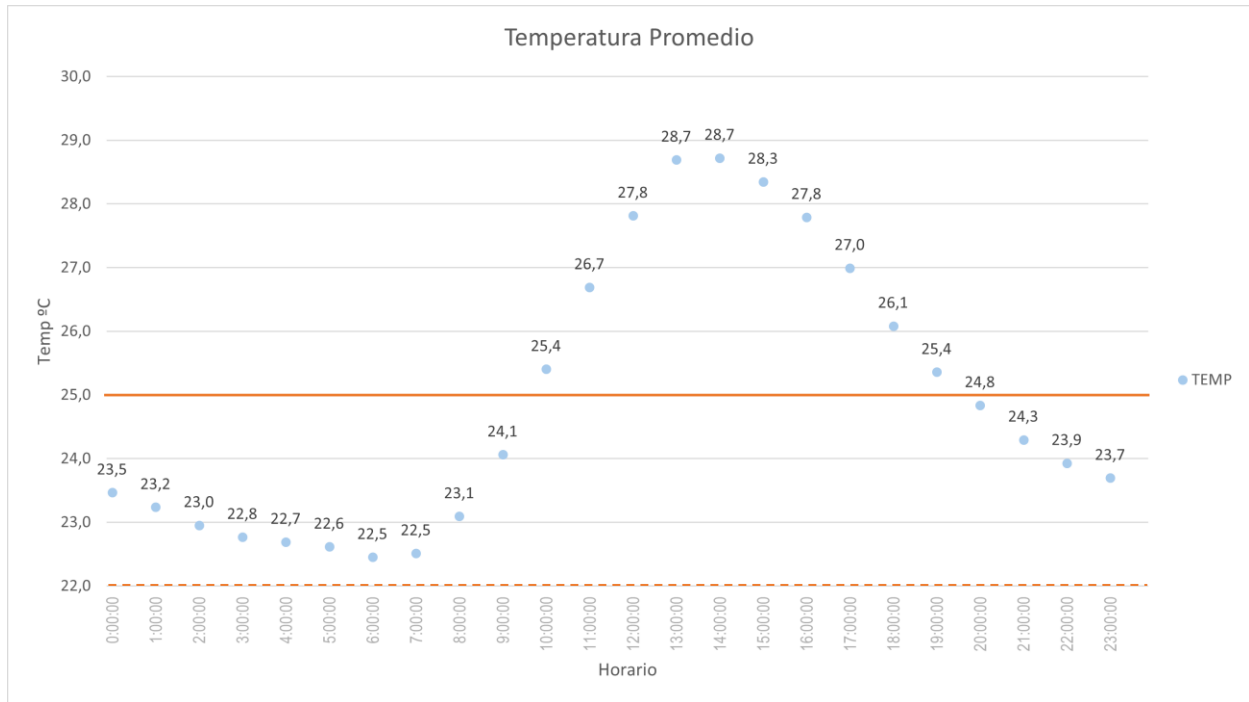


Figura XXXIV. Gráfico de temperatura promedio registrada por el sensor 4*. Fuente: elaboración propia.

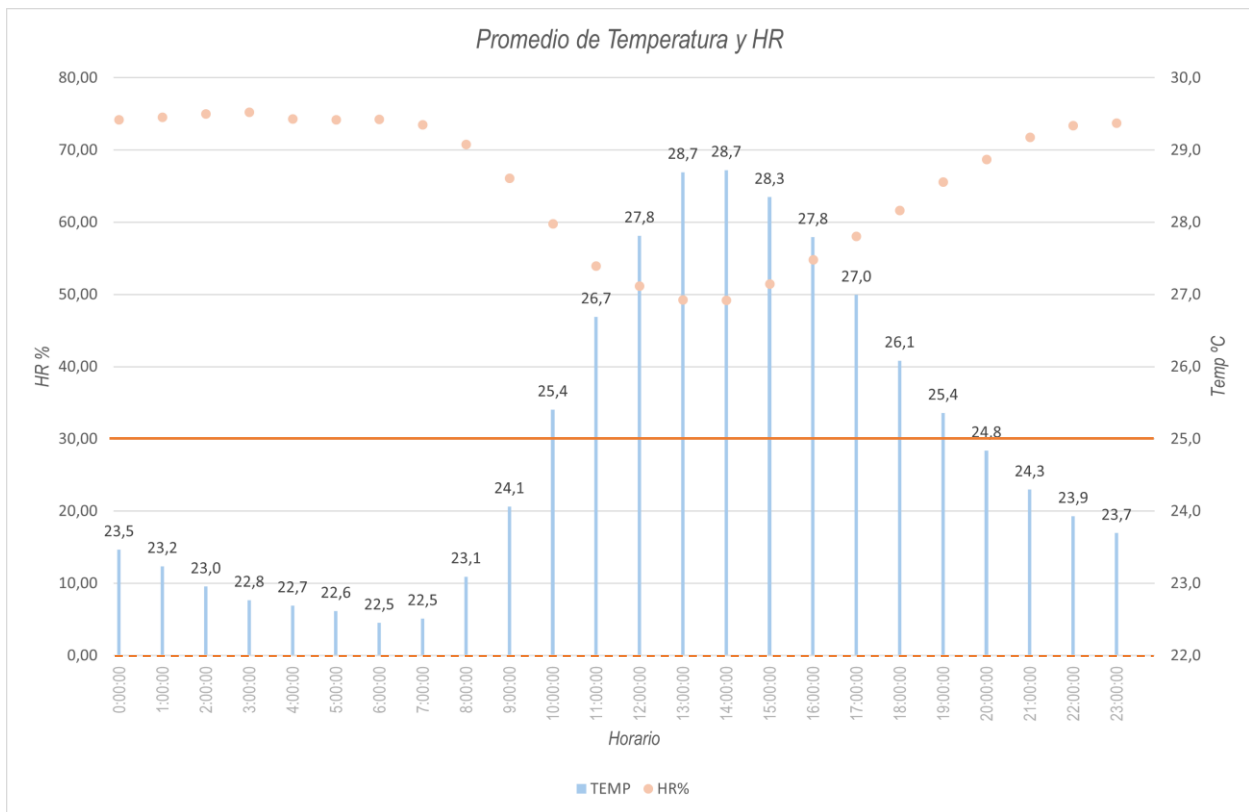


Figura XXXIII. Gráfico de temperatura y HR promedio registrada por el sensor 4*. Fuente: elaboración propia.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

En los siguientes gráficos se expresa el promedio resultante de los 5 sensores térmicos, obteniendo el promedio de cada hora del día en toda el área influyente de temperatura y humedad.²

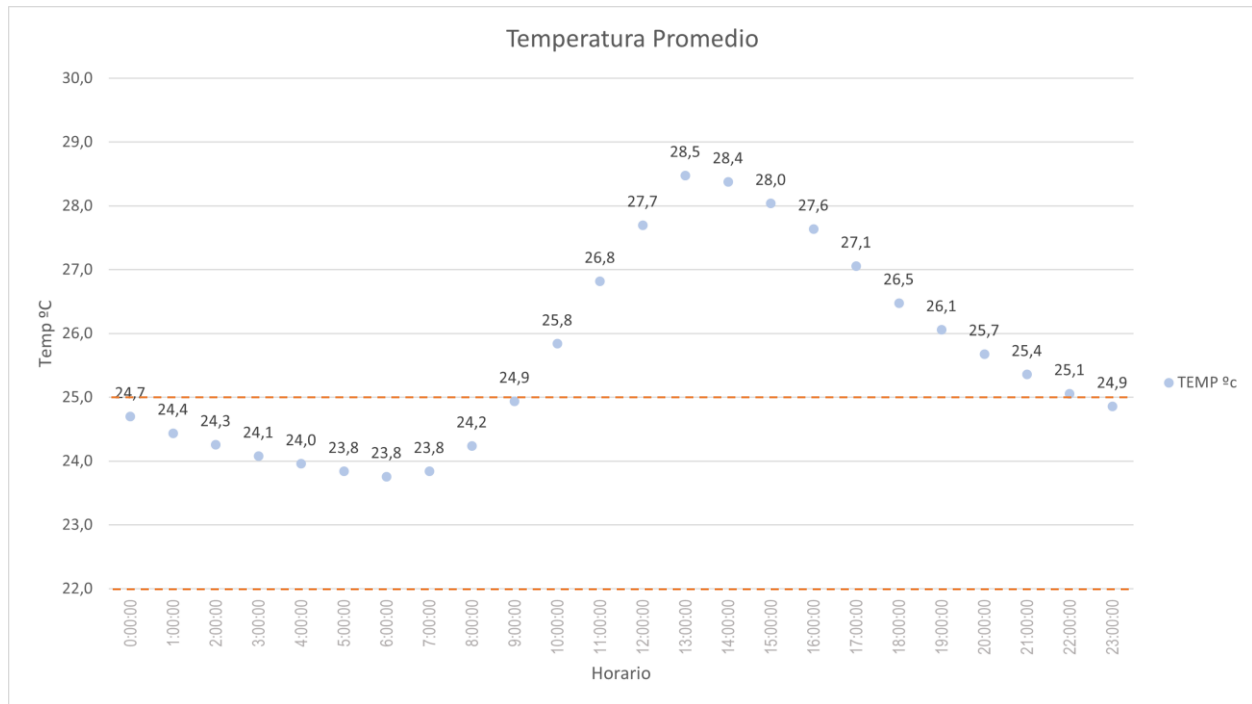


Figura XXXV. Gráfico de temperatura promedio general registrada por 5 sensores. Fuente: elaboración propia.

² Nota del autor: las franjas representan la zona de confort (18 °C – 25 °C)

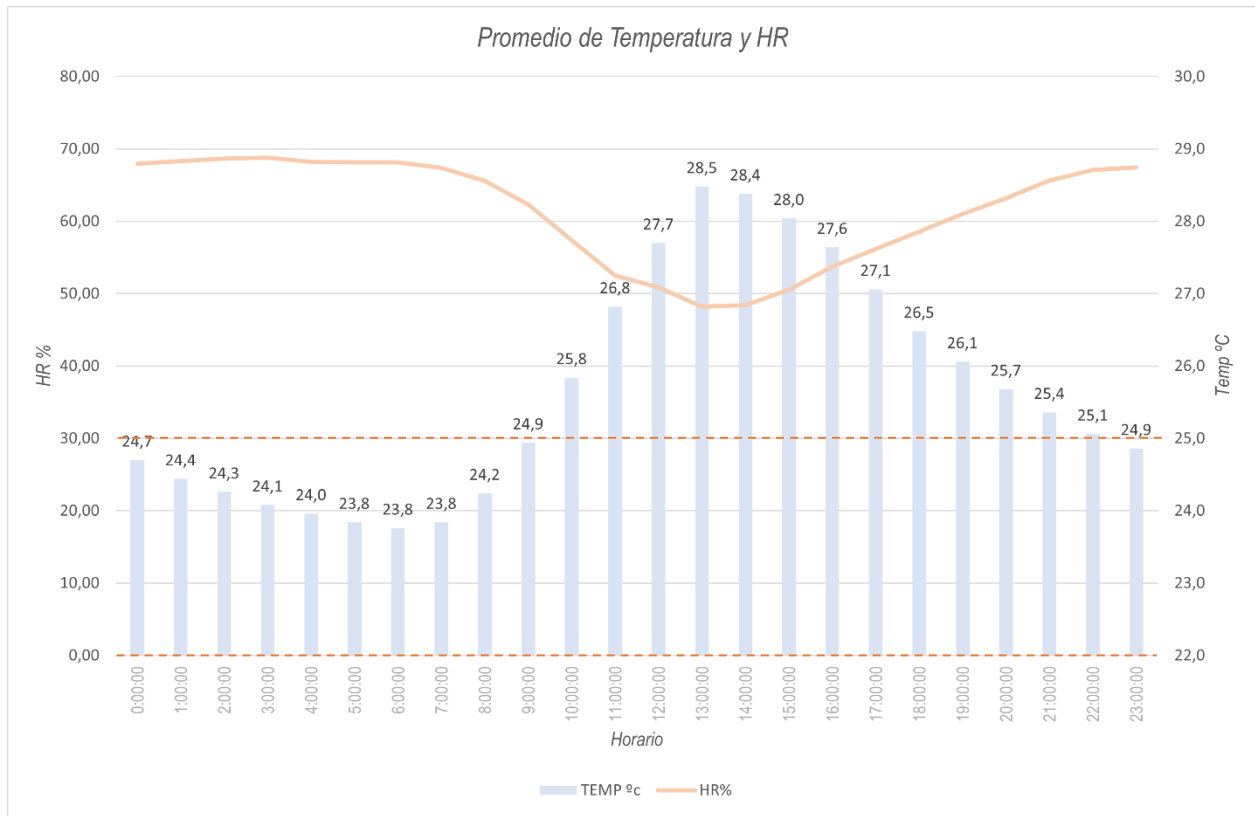


Figura XXXVI. Gráfico de temperatura y HR promedio general registrada por 5 sensores. Fuente: elaboración propia.

5.4.1. Implicaciones en el confort térmico y necesidad de uso de sistemas HVAC

Según la información de los datos recolectados de la medición de los sensores y su respectiva graficación, en promedio, la fluctuación de la temperatura a lo largo del día supera el rango de confort térmico (18 C° - 25 C°), entre las 10:00 a.m. y 22:00 p.m., llegando hasta los 29,2 C° en el pico más alto registrado durante los días determinados en la planeación del trabajo de campo³; lo cual significa que en la mayoría de horas activas al interior del edificio no hay un ambiente propicio para el confort de los ocupantes en las salas de espera del Área de Consulta Externa.

³ Nota del autor: los datos de temperatura y humedad relativa mostrados en los gráficos no representan las condiciones generales de la clínica, sino las condiciones específicas medidas en las fechas descritas.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Basado en datos proporcionados de instituciones locales y fuentes climatológicas actualizadas (AccuWeather, 2024). A continuación, se muestran los datos de temperatura registrados en Medellín entre las fechas 23/03/2024 y 03/04/2024, representada en una cifra máxima, mínima y media con su respectivo promedio.

Temperatura (23/03/24 - 03/04/24)													
TEMP (°C)	MARZO									ABRIL			PROMEDIO
FECHA	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	
MÁX.	29	31	26	31	25	30	30	30	23	29	23	26	27,8
MIN.	21	20	20	19	20	18	19	20	19	18	18	19	19,3
MEDIA	25	25,5	23	25	22,5	24	24,5	25	21	23,5	20,5	22,5	23,5

Tabla xv. Tabla de temperatura registrada entre las fechas estimadas. Fuente: elaboración propia

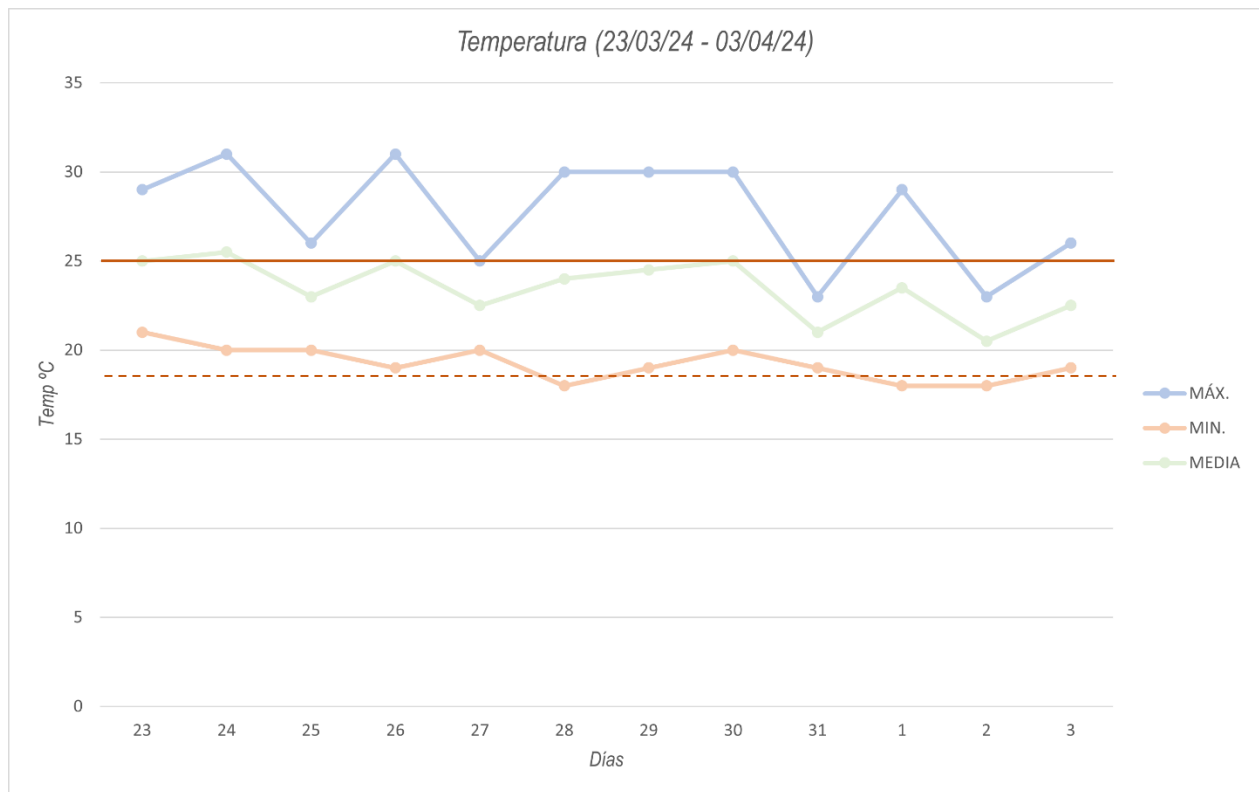


Figura XXXVII. Gráfico de temperatura registrada en Medellín entre las fechas estimadas. Fuente: elaboración propia

Con los datos proporcionados, se puede estimar que, en el transcurso de los días de medición en la clínica, las condiciones ambientales de Medellín en los primeros días se alcanzan picos altos de temperatura, disminuyendo progresivamente a medida que entra el mes de abril. Sin embargo, la temperatura media calculada se encuentra dentro del rango de confort térmico sin superar los 24 °C.

Se puede decir entonces que, en general, durante los días de mediciones en el Área de Consulta Externa se presentaron condiciones de temperatura promedio.⁴

⁴ *Nota del autor:* la temperatura promedio anual de Medellín se estima en 22 °C con variaciones entre los 26 °C y 14 °C. (IDEAM, 2024). Ver Figura X.

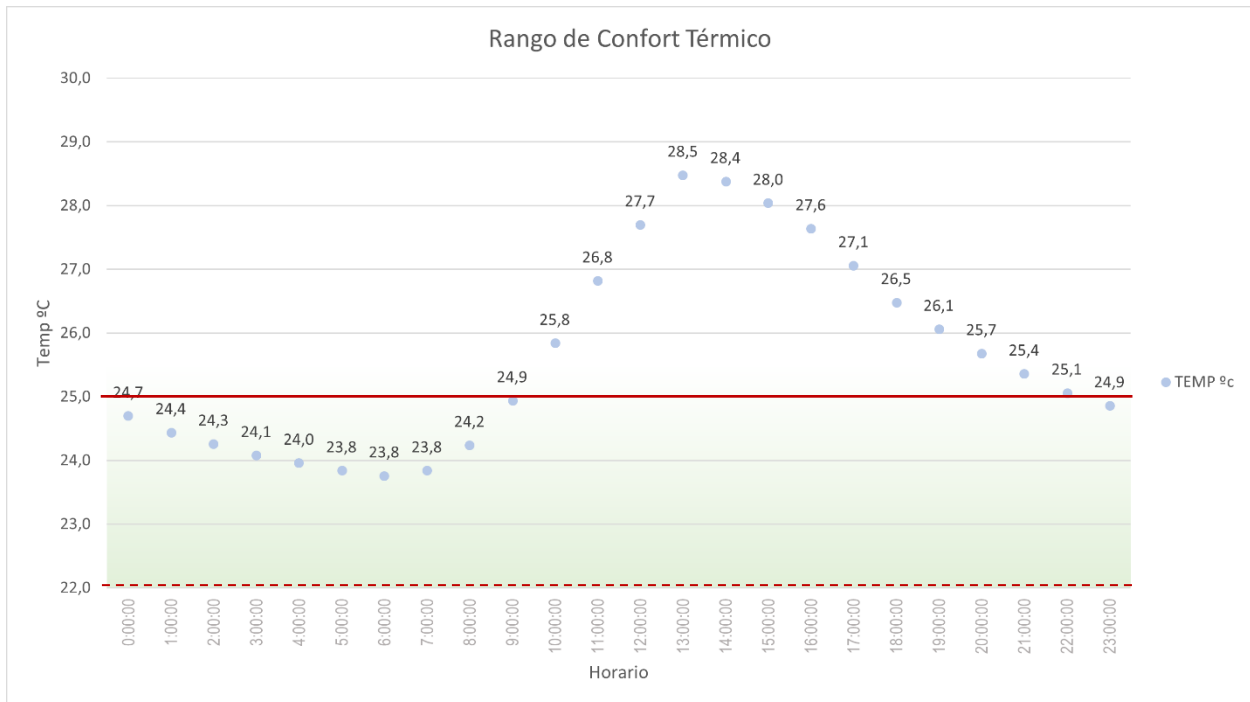


Figura XXXVIII. Gráfico de límite de rango de confort térmico. Fuente: elaboración propia.

El gráfico expresa en qué momentos del día se supera el límite del rango de confort térmico y cuáles son horas que se encuentran dentro del mismo. Se toma como base la figura que muestra la temperatura promedio en el historial de los días registrados.

Sin embargo, estas mediciones se realizan en un espacio el cual no tiene influencia de sistemas HVAC, ya que es una zona que está expuesta hacia el exterior con dominio del viento e iluminación natural, con lo cual la necesidad de hacer uso de los sistemas de refrigeración se convierte en un aspecto relativo al factor psicológico de los usuarios y las sensaciones reales fuera de la teoría. Por ende, para determinar una necesidad real es necesario avanzar en otra línea de la investigación con variedad de métodos diferentes a los realizados en la presente.

5.5. Comparativo de consumo energético por sistemas HVAC

El software OpenStudio realiza simulaciones energéticas, las cuales arrojan datos en medidas de KBtu y MBtu correspondientes al consumo anual de los sistemas de refrigeración

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

necesarios en el edificio, con parámetros establecidos para mantener la temperatura dentro del rango de confort térmico (18 °C – 25 °C).

El consumo energético tiene fluctuaciones importantes respecto a las variaciones en el modelo. A continuación, se expresan los resultados del total de consumo anual en cada modelo experimental, donde se refleja en precios actualizados a marzo de 2024 con la Tarifa de Precios de Energía Eléctrica de Empresas Públicas de Medellín (EPM).

Tarifa de Precios Energía Eléctrica (EPM)

Información Horaria

Tipo	Horario	\$/KWh			Promedio	
Oficial y Exentos	Punta	\$ 926,40	\$ 897,15	\$ 867,89	\$ 897,15	\$ 869,72
	Fuera de Punta	\$ 871,55	\$ 842,30	\$ 813,04	\$ 842,30	

Tabla xvi. Tarifa de Precio Energía Eléctrica (EPM). Fuente: elaboración propia

Datos de Consumo Energético Anual de Sistemas HVAC

Consumo Según Modelo

Tipo	Horario	Consumo (KWh)	\$/KWh			Promedio por Horario	Promedio Consumo	Consumo Relativo
00 CP	Punta	10486,08	\$ 926,40	\$ 897,15	\$ 867,89	\$ 9.407.552	\$ 9.119.971	\$ 5.523.472
	Fuera de Punta		\$ 871,55	\$ 842,30	\$ 813,04	\$ 8.832.390		
01 SP	Punta	16836,93	\$ 926,40	\$ 897,15	\$ 867,89	\$ 15.105.196	\$ 14.643.443	
	Fuera de Punta		\$ 871,55	\$ 842,30	\$ 813,04	\$ 14.181.690		

Tabla xvii. Datos de consumo energético anual de sistemas HVAC. Fuente: elaboración propia

5.5.1. Impacto energético en modelos experimentales de diseño arquitectónico

Los datos de consumo energético en el modelo 00 CP muestran una marcada disminución en comparación con el modelo 01 SP. En concreto, el consumo relativo se sitúa en 5.523.472

millones de pesos, lo que refleja la diferencia en el consumo entre ambos modelos. Esta cifra revela un aumento significativo del 60,56% en el consumo energético anual cuando se opta por no implementar los patios en el diseño arquitectónico y evidencia un claro impacto en el uso de sistemas HVAC en ambientes donde no está presente el efecto de la ventilación e iluminación natural.

5.5.2. Principales puntos de consumo energético

Los mayores consumos se concentran en sistemas o funciones como habitaciones donde se emplean unidades terminales de control de usuario, consultorios, quirófanos y áreas especializadas para determinadas actividades, y en especial en las salas de espera en el caso del modelo 01 SP.

El gran punto de diferencia del consumo energético se da en este último, ya que en el modelo 00 CP no se calculan sistemas HVAC por su condición de ambiente exterior dada por lo patios; a diferencia del modelo 01 SP el cual, al convertirse en un lugar cerrado, no existe la influencia de las condiciones exteriores del modelo anterior, por lo que es necesario calcular el uso de sistemas de refrigeración y/o calefacción para asegurar un ambiente propicio para el confort térmico.

Dada la gran extensión en metros cuadrados de las salas de espera en el Área de Consulta Externa, en el modelo 01 SP los sistemas HVAC producen un significativo aumento en el consumo energético total anual y refleja su impacto en el esquema comparativo de ambos modelos.

6. Conclusiones

En la línea de investigación que se ha trabajado, se ha elaborado un amplio contenido de información recogida en los capítulos 3, 4 y 5, parte de la exposición del informe. El conjunto de este contenido posibilita la elaboración de las conclusiones finales que se presentan a continuación:

1. Se evidencia un claro impacto positivo en la implementación de patios como estrategia de diseño arquitectónico en el consumo energético total anual de un edificio de tipología hospitalaria y de uso público, mejorando la eficacia en la reducción del uso de sistemas mecánicos de climatización (HVAC)
2. La base para diseñar un método adecuado en futuras investigaciones, a fin de concretar el valor del consumo energético anual, está en función de la suma de las partes aplicables de cada uno de los modelos experimentales desarrollados, para dar respuesta en las etapas iniciales de un proyecto en la toma de decisiones, la aplicabilidad de las estrategias de diseño bioclimáticas y su efectividad en el contexto tanto geográfico como normativo requerido según la tipología de la edificación.
3. Los sistemas de climatización pueden mejorar las condiciones de confort térmico para los usuarios, pero tienen un notable impacto económico en el consumo energético de una edificación.
4. El resultado de la eficiencia energética de un edificio está condicionado por un conjunto de parámetros definidos como los principales causantes de las variaciones en el consumo energético, incluso desde las etapas tempranas de su diseño.

Referencias bibliográficas

AccuWeather. (2024). *AccuWeather, Inc.* Obtenido de

<https://www.accuweather.com/es/co/medellin/107060/march-weather/107060?year=2024>

Acosta B., N., & Fajardo C., L. (2020). *Lineamiento de Diseño para Centros de Salud Pública Primaria Energéticamente Eficientes.* Bogotá: Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura.

Asprilla, T. (15 de Noviembre de 2023). *Consultorsalud.* Obtenido de

<https://consultorsalud.com/situacion-hospitalaria-estado-critico-antioquia/>

Boletín Epidemiológico Semanal. (2014). *Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública.* Bogotá: Instituto Nacional de Salud.

Brager, D., & de Dear, R. (1998). *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference.* ASHRAE Transactions.

Cardona, L. F. (2015). *Resolución Número 0549.* Bogotá: Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Concejo de Medellín. (2008). *Acuerdo Municipal No 16.* Alcaldía de Medellín.

Corral Verdugo, V., & de Queiroz Pinheiro, J. (2004). *Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable.* México: Editorial Resma.

Cristiá, M. L. (2011). *HOSPITALES EFICIENTES: UNA REVISIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO.* Salamanca: Universidad de Salamanca.

Cuadrado Niño, S., & Ochoa Lozano, M. (2021). *Manual de lineamientos de diseño para vivienda bioclimática pasiva en clima cálido*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás, División de Ingenierías y Arquitectura.

Diego-Mas, & Jose Antonio. (2015). *Evaluación del confort térmico con el método de Fanger*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

Djongyang, N., Tchinda, R., & Njomo, D. (2010). *Thermal comfort in buildings: A review of the state of the art*. . Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Franco Ossa, M. (2015). *Proceso de construcción de la Agenda del Proyecto Clínica de la Mujer en la ciudad de Medellín*. Medellín: Doctoral dissertation, Universidad EAFIT.

Gallardo Sánchez, G. (2016). *Diseño de protocolos de tratamiento de estrés térmico, para disimular los efectos del riesgo físico temperatura elevada, en los trabajadores de empresas de mina subterránea, Caso de estudio en una empresa minera del cantón Portovelo, Ecuador, Año 2014*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Maestría en Seguridad, Higiene Industrial y Salud Ocupacional.

Gas Natural Fenosa. (2010). *Eficiencia energética en el sector sanitario*.

Gobernación de Antioquia. (25 de Marzo de 2024). *Directorio E.S.E. Hospitales de Antioquia con coordenadas*. Colombia: Portal único del Estado Colombiano. Obtenido de https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Directorio-E-S-E-Hospitales-de-Antioquia-con-coord/pi36-fdpk/about_data

Godoy Muñoz, A. (2012). *El confort térmico adaptativo: aplicación en la edificación en España*. Universidad Politécnica de Cataluña.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. México: McGRAW HILL

INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V. .

Humphreys, M., Nicol, F., & Roaf, S. (2016). *Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis*. Routledge Taylor&Francis Group.

IDEAM. (Mayo de 2024). *Datos Climatológicos de Medellín*. Obtenido de

https://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/datos-climatologicos/-/asset_publisher/1TQx/content/medellin

Martí, J., & Tiers, T. (2009). *Eficiencia Energética en Hospitales. Temas Hospitalarios*.

Ministerio de Salud. (14 de Noviembre de 2013). *Ministerio de salud y protección social*.

Obtenido de www.minsalud.gov.co/Lists/FAQ/DispForm.aspx?ID=248

Nicol, F., & Roaf, S. (2003). *Adaptive thermal comfort: Principles and practice*. Routledge.

Ordóñez, A. G. (Enero de 2021). *Seiscubos*. Obtenido de

<https://www.seiscubos.com/conocimiento/modelos-estadisticos-confort>

Restrepo, P. P. (2008-2011). *El Plan de Desarrollo 2008-2011 "Medellín es Solidaria y*

Competitiva". Medellín: El Tiempo.

SOSA, M., & SIEM, G. (2004). *CRITERIOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES*

ENERGÉTICAMENTE . Caracas: Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.

Taciano L, M. (2009). *A functional approach to the study of environmental*. New Zealand:

Editorial Resma.

Evaluación de intercambios de temperatura y su influencia en el consumo energético del Área de Consulta Externa del CISAMF

Valencia Sánchez, L. (2018). *INSTRUMENTO PARA LA EVALUACIÓN DE*

INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA, NIVELES BÁSICOS DE ATENCIÓN, BASADO

EN LA NORMATIVA COLOMBIANA, CASO ASSBASALUD FATIMA. Manizales:

Universidad Católica de Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

World Weather . (Noviembre de 2023). *Average Annual Weather.* Obtenido de

<https://www.worldweatheronline.com/medellin-weather-averages/antioquia/co.aspx>