



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**FACULTAD ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

---

---

**“Estrategias para el Confort Térmico de  
Grupos en Aplicaciones de Inteligencia  
Ambiental”**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de:  
MAESTRO EN SISTEMAS INTERACTIVOS  
CENTRADOS EN EL USUARIO**

**PRESENTA:  
JORGE LUIS JÁCOME DOMÍNGUEZ**

**DIRECTORES:  
DR. EDGARD IVÁN BENÍTEZ GUERRERO  
DR. GUILLERMO GILBERTO MOLERO CASTILLO**

**XALAPA, VER.**

**2021**

Xalapa, Veracruz, a 19 de Enero del 2021

**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez**  
**Coordinador Maestría en Sistemas**  
**Interactivos Centrados en el Usuario**  
**PRESENTE**

En mi carácter de Director del trabajo recepcional titulado: “*Estrategias para el Confort Térmico de Grupos en Aplicaciones de Inteligencia Ambiental*” que presenta el **C. Jorge Luis Jácome Domínguez**, expongo que he revisado y que a mi juicio, cumple con todos los requisitos metodológicos y de contenido, para que pueda ser evaluado por los sinodales asignados y posteriormente sometido al examen de grado correspondiente a la Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario de la Universidad Veracruzana.

Por lo antes expuesto, me permito emitir la presente carta de liberación del trabajo recepcional, con la finalidad de que pueda llevarse a cabo la defensa del mismo.

A t e n t a m e n t e



**Dr. Edgard Iván Benítez Guerrero**

Xalapa, Veracruz, a 19 de Enero del 2021

**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez  
Coordinador Maestría en Sistemas  
Interactivos Centrados en el Usuario  
PRESENTE**

En mi carácter de Codirector del trabajo recepcional titulado: “*Estrategias para el Confort Térmico de Grupos en Aplicaciones de Inteligencia Ambiental*” que presenta el **C. Jorge Luis Jácome Domínguez**, expongo que he revisado y que a mi juicio, cumple con todos los requisitos metodológicos y de contenido, para que pueda ser evaluado por los sinodales asignados y posteriormente sometido al examen de grado correspondiente a la Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario de la Universidad Veracruzana.

Por lo antes expuesto, me permito emitir la presente carta de liberación del trabajo recepcional, con la finalidad de que pueda llevarse a cabo la defensa del mismo.

A t e n t a m e n t e

  
**Dr. Guillermo Gilberto Molero Castillo**

Xalapa, Veracruz a 19 de Febrero del 2021.

**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez**  
**Coordinador Maestría en Sistemas**  
**Interactivos Centrados en el Usuario**  
**PRESENTE**

Después de revisar el trabajo recepcional, intitulado “*Estrategias para el Confort Térmico de Grupos en Aplicaciones de Inteligencia Ambiental*”, presentado por el **C. Jorge Luis Jácome Domínguez** con número de matrícula **S18016338**, considero que reúne los requisitos de fondo y forma necesarios, para sustentar el examen de grado, por lo cual doy mi voto **APROBATORIO**.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes.

A t e n t a m e n t e



Dra. María Del Carmen Mezura Godoy

Xalapa, Veracruz a 19 de Febrero del 2021.

**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez**  
**Coordinador Maestría en Sistemas**  
**Interactivos Centrados en el Usuario**  
**PRESENTE**

Después de revisar el trabajo recepcional, intitulado “*Estrategias para el Confort Térmico de Grupos en Aplicaciones de Inteligencia Ambiental*”, presentado por el **C. Jorge Luis Jácome Domínguez** con número de matrícula **S18016338**, considero que reúne los requisitos de fondo y forma necesarios, para sustentar el examen de grado, por lo cual doy mi voto **APROBATORIO**.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes.

A t e n t a m e n t e



---

Dra. Viviana Yarel Rosales Morales

Xalapa, Veracruz a 19 de Febrero del 2021.

**Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez**  
**Coordinador Maestría en Sistemas**  
**Interactivos Centrados en el Usuario**  
**PRESENTE**

Después de revisar el trabajo recepcional, intitulado “*Estrategias para el Confort Térmico de Grupos en Aplicaciones de Inteligencia Ambiental*”, presentado por el **C. Jorge Luis Jácome Domínguez** con número de matrícula **S18016338**, considero que reúne los requisitos de fondo y forma necesarios, para sustentar el examen de grado, por lo cual doy mi voto **APROBATORIO**.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes.

A t e n t a m e n t e



---

Dr. Luis Gerardo Montané Jiménez

*Dedico este proyecto a mi Padre, a mi Madre y a mis dos Hermanos Jesús y Daniel  
y,  
así mismo, dedico este trabajo a tí lector.*



# Agradecimientos

Gracias a todos quienes me han apoyado durante la Maestría y me han permitió lograr esta meta.

Agradezco a mis Padres, por haberme apoyado en todo momento a lo largo de este camino, por sus consejos y los valores que me han enseñado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en mi vida y ser un ejemplo a seguir por mí. Por su paciencia, sus ánimos, sus abrazos, sus sonrisas, por darme la vida y un refugio para que creciera, por todo. Gracias, en verdad, muchas gracias.

También doy gracias a mis hermanos, por todo el apoyo que me han dado, por estar conmigo siempre que los necesitaba y corregirme cuando era necesario, por su respeto y admiración, por darme ánimos para superarme. Gracias.

Así mismo, doy gracias a mis amigos de la secundaria, de la preparatoria, de la universidad y de la vida, por haberme brindado su amistad, sus consejos, su ayuda. Por haberme soportado, por recibirme en sus vidas, por haber reído o llorado conmigo, por haberme esperado cuando me atrasaba, por entenderme, por darme ánimos para seguir adelante.

Agradezco a mi Director y Co-Director de Tesis, por disponer de su tiempo para ayudarme, por guiarme en todo este proceso, por haberme dado la oportunidad de realizar este gran trabajo. Por compartir conmigo de su sabiduría, sus consejos, por darme ánimos cuando los necesitaba, por hablar conmigo cuando parecía perdido, por haberme soportado. Muchas gracias.

Muchas gracias a mis Sinodales, por prestarme una parte de su tiempo, por sus consejos, su apoyo, su guía y su orientación. Por haber sido parte de este trabajo. Muchas gracias.

## AGRADECIMIENTOS

---

Finalmente, agradezco a mis Docentes, por compartir conmigo de su conocimiento a lo largo de toda la carrera, por su apoyo en cada una de las experiencias educativas, por haberme prestado un poco de su tiempo cuando los necesitaba, por todas sus enseñadas y consejos. Muchas Gracias.

# Resumen

En el marco de la Inteligencia Ambiental y el Confort Térmico se revisó la influencia que tienen diferentes aspectos de los integrantes de un grupo de personas, en la toma de una decisión que los lleve a conseguir un mejor resultado de Confort Grupal, que si únicamente esta decisión se basara en la práctica tradicional, que se basa en el estándar ASHRAE 55 que consideran estos puntos: i) revisión del Confort Térmico conforme a un conjunto de variables primarias predefinidas, que son la temperatura, humedad y velocidad del aire en el ambiente y el ritmo metabólico y aislamiento térmico de la ropa de la persona; y ii) en caso de un grupo de personas, se debe generar una representación uniforme de los usuarios, con base en las variables primarias de este tema para calcular su Confort Térmico. La literatura revisada, principalmente versa en relación a aplicaciones del Confort Térmico en un contexto de grupo, lo cual, como antes se dijo, es definido por el estándar ASHRAE 55 que calcula el Confort Grupal tomando al conjunto de personas como una entidad homogénea. Sin embargo, lo establecido por el estándar pierde el hecho de que un grupo está formado por personas con características únicas y roles al interior del grupo, lo que puede influir al decidir qué es lo más conveniente para un momento determinado.

En este sentido, el área de los Sistemas de Recomendación para Grupos ha propuesto diferentes maneras para trabajar con la heterogeneidad de los miembros de un grupo. Por lo que, decidimos importar y adaptar al contexto del Confort Térmico Grupal, una parte de lo propuesto en esta área. Lo cual, hizo que se incluyeran dos modelos de Confort Personal, uno que extiende lo establecido por el ASHRAE 55 y otro basado en la percepción subjetiva que el usuario tiene sobre su entorno.

Los modelos y estrategias adoptados se implementaron a través de un prototipo basado en una arquitectura funcional para sistemas de Inteligencia Ambiental que se diseñó en este trabajo. La arquitectura cuenta con las funciones necesarias para la

## RESUMEN

---

adquisición, almacenamiento, consulta y análisis de datos del ambiente, los usuarios y grupos con el objetivo de conocer su nivel de satisfacción térmica. El prototipo permite simular situaciones en donde un grupo se encuentre en un espacio cerrado bajo condiciones ambientales cambiantes en el tiempo. Todo esto fue finalmente validado de manera experimental, con base en dos escenarios que consideraban al entorno de evaluación como un aula de clases.

# Abstract

In the context of Ambient Intelligence and Thermal Comfort, the influence of different aspects of group's members was reviewed, in making a decision that leads them to achieve better result of Group Comfort and if this decision will be better than one based on traditional practice, that is based on the ASHRAE 55 standard that considers these points: i) review of Thermal Comfort according to a set of predefined primary variables, which are temperature, humidity and air speed in the environment and, the metabolic rate and clothing's thermal insulation of the person; and ii) in the case of a group of people, a uniform representation of users must be generated, based on the primary variables of this topic to calculate their Thermal Comfort. The literature reviewed mainly deals with applications of Thermal Comfort in a group context, which as mentioned before, is defined by the ASHRAE 55 standard that calculates Group Comfort taking the group of people as a homogeneous entity. However, the established by the standard misses the fact that a group is made up of people with unique characteristics and roles within the group, which can influence when deciding what is most convenient for a given moment.

In this sense, the area of Recommendation Systems for Groups has proposed different ways to work with the heterogeneity of group's members. Therefore, we decided to import and adapt to the context of Group Thermal Comfort, a part of the proposed by this area. Which, made us include two models of Personal Comfort, one that extends the established by ASHRAE 55 and another based on the subjective perception that the user has about the environment of it.

The models and strategies adopted were implemented through a prototype based on a functional architecture for Environmental Intelligence systems that was designed in this work. The architecture has the necessary functions for the acquisition, storage, consultation and analysis of data from the environment, users and groups in order to

## ABSTRACT

---

know their level of thermal satisfaction. The prototype allows to simulate situations in which a group is in a closed space under environmental conditions that change over time. All of this was finally validated experimentally, based on two scenarios that considered the evaluation environment as a classroom.

# Índice

<b>Agradecimientos</b>	<b>IX</b>
<b>Resumen</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de abreviaturas</b>	<b>XXXIV</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. La Inteligencia Ambiental y el Confort Térmico . . . . .	1
1.2. Motivación . . . . .	4
1.3. Preguntas de investigación e hipótesis . . . . .	6
1.3.1. Preguntas de investigación . . . . .	6
1.3.2. Hipótesis . . . . .	7
1.4. Objetivos . . . . .	7
1.4.1. Objetivo general . . . . .	7
1.4.2. Objetivos específicos . . . . .	7
1.5. Metodología . . . . .	8
1.6. Alcances y limitaciones . . . . .	9
1.7. Estructura del documento . . . . .	10

## ÍNDICE

---

<b>2. Marco teórico</b>	<b>11</b>
2.1. Inteligencia ambiental . . . . .	11
2.1.1. Conceptos básicos . . . . .	11
2.1.2. Áreas relacionadas . . . . .	16
2.1.2.1. Cómputo Ubicuo . . . . .	16
2.1.2.2. Inteligencia Artificial . . . . .	17
2.1.2.3. Interacción Humano Computadora . . . . .	17
2.1.2.4. Cómputo Consciente del Contexto . . . . .	18
2.1.2.5. Sensores y actuadores . . . . .	18
2.1.2.6. Redes y Middleware . . . . .	19
2.2. Confort térmico . . . . .	20
2.2.1. Conceptos generales . . . . .	20
2.2.2. Historia del Confort Térmico . . . . .	21
2.2.3. Síndrome del Edificio Enfermo . . . . .	22
2.2.4. Estándar ASHRAE 55 . . . . .	23
2.2.4.1. Elementos principales del estándar ASHRAE 55 . . . . .	24
2.2.4.2. Métodos para determinar el Confort Térmico: PMV/PPD	26
2.3. Conclusiones . . . . .	30
<b>3. Estado del arte</b>	<b>32</b>
3.1. Método de investigación . . . . .	32
3.1.1. Preguntas de búsqueda . . . . .	33
3.1.2. Búsqueda de documentos relacionados . . . . .	34
3.1.3. Criterios de inclusión y exclusión . . . . .	36
3.2. Análisis cuantitativo . . . . .	37
3.3. Análisis cualitativo . . . . .	41
3.3.1. P1: Dirección que siguen los estudios sobre el Confort Térmico .	41

## ÍNDICE

---

3.3.2. P2: Variables estudiadas en el Confort Térmico . . . . .	48
3.3.3. P3: Hardware para la obtención de datos de las variables . . . . .	54
3.3.4. P4: Métodos utilizados para medir el Confort Térmico . . . . .	57
3.3.5. P5: Estrategias para decidir como actuar sobre la generación del Confort Térmico . . . . .	58
3.3.6. P6: Herramientas de apoyo en la toma de decisiones . . . . .	63
3.3.7. P7: Notas importantes sobre la toma de decisiones . . . . .	64
3.4. Discusión . . . . .	66
3.5. Conclusiones . . . . .	72
<b>4. Diseño de la solución</b>	<b>75</b>
4.1. Modelo de Confort Térmico . . . . .	75
4.1.1. Panorama general . . . . .	75
4.1.2. Confort Térmico Personal . . . . .	76
4.1.2.1. Modelo Tradicional Extendido (TE) . . . . .	77
4.1.2.2. Modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU) .	81
4.1.3. Confort Térmico Grupal . . . . .	85
4.2. Arquitectura funcional . . . . .	87
4.2.1. Descripción general . . . . .	87
4.2.2. Datos utilizados . . . . .	90
4.2.3. Recuperación de datos . . . . .	92
4.2.3.1. Recuperación de datos ambientales . . . . .	92
4.2.3.2. Recuperación de datos personales . . . . .	93
4.2.3.3. Recuperación de datos grupales . . . . .	97
4.2.4. Gestión del Conocimiento . . . . .	98
4.2.4.1. Almacenamiento y Actualización de la Ontología . .	99
4.2.4.2. Consulta de la Ontología . . . . .	104

## ÍNDICE

---

4.2.5.	Control del Confort Grupal . . . . .	105
4.2.5.1.	Cálculo de Confort Individual . . . . .	105
4.2.5.2.	Cálculo de Confort Grupal . . . . .	106
4.2.5.3.	Generación de acciones . . . . .	107
4.2.6.	Interacción con el usuario . . . . .	109
4.2.7.	Interacción con los actuadores . . . . .	111
4.3.	Conclusiones . . . . .	111
<b>5.</b>	<b>Implementación prototipo</b>	<b>113</b>
5.1.	Herramientas utilizadas . . . . .	113
5.1.1.	Java . . . . .	114
5.1.2.	HTML, CSS y JavaScript . . . . .	114
5.1.3.	Protocolo MQTT . . . . .	114
5.1.4.	Gestor de Base de datos MySQL . . . . .	116
5.1.5.	Servicio JENA . . . . .	117
5.1.5.1.	Ontología . . . . .	118
5.1.5.2.	RDF . . . . .	119
5.1.5.3.	SPARQL . . . . .	120
5.2.	Arquitectura del prototipo . . . . .	121
5.3.	Cliente . . . . .	122
5.3.1.	Administrador de usuarios y grupos . . . . .	124
5.3.2.	Controlador de la simulación . . . . .	140
5.3.3.	Analizador de Confort Grupal . . . . .	144
5.4.	Servidor . . . . .	153
5.4.1.	Recuperador de datos . . . . .	154
5.4.2.	Gestor del Conocimiento . . . . .	155
5.4.3.	Controlador del Confort Grupal . . . . .	159

## ÍNDICE

---

5.4.4. Gestor de peticiones . . . . .	161
5.5. Simulador . . . . .	162
5.5.1. Simulador de actuadores . . . . .	162
5.5.2. Simulador de sensores . . . . .	163
5.6. Evaluación del prototipo . . . . .	164
5.6.1. Evaluación funcional . . . . .	164
5.6.1.1. Instrumentos de evaluación . . . . .	164
5.6.1.2. Resultados de la evaluación . . . . .	182
5.6.2. Evaluación de Usabilidad . . . . .	184
5.6.2.1. Sobre la evaluación de la Usabilidad . . . . .	184
5.6.2.2. Usuarios objetivo para el sistema . . . . .	185
5.6.2.3. Script para pruebas de Usabilidad . . . . .	185
5.6.2.3.1. Reunión y entrevista informativa Pre-Sesión .	185
5.6.2.3.2. Escenarios y tareas de prueba de la Sesión .	186
5.6.2.3.3. Instrumento de evaluación Post-Sesión . .	186
5.6.2.4. Resultados de la evaluación . . . . .	187
5.6.2.4.1. Lista de participantes . . . . .	187
5.6.2.4.2. Eficacia . . . . .	188
5.6.2.4.3. Eficiencia . . . . .	190
5.6.2.4.4. Satisfacción . . . . .	193
5.7. Conclusiones . . . . .	197
<b>6. Experimentación y resultados</b>	<b>200</b>
6.1. Herramienta de simulación . . . . .	200
6.2. Configuración del experimento . . . . .	202
6.3. Resultados del primer escenario . . . . .	204
6.3.1. Con el modelo TE . . . . .	204

## ÍNDICE

---

6.3.1.1. Confort Personal . . . . .	204
6.3.1.2. Confort Grupal . . . . .	205
6.3.1.2.1. ASHRAE55 . . . . .	206
6.3.1.2.2. Promedio . . . . .	206
6.3.1.2.3. Placer máximo . . . . .	207
6.3.1.2.4. Miseria mínima . . . . .	208
6.3.1.2.5. El más respetado . . . . .	209
6.3.1.2.6. El más popular . . . . .	210
6.3.2. Con el modelo PSU . . . . .	212
6.3.2.1. Confort Personal . . . . .	212
6.3.2.2. Confort Grupal . . . . .	213
6.3.2.2.1. Promedio . . . . .	213
6.3.2.2.2. Placer máximo . . . . .	214
6.3.2.2.3. Miseria mínima . . . . .	215
6.3.2.2.4. El más respetado . . . . .	215
6.3.2.2.5. El más popular . . . . .	216
6.3.3. Discusión . . . . .	218
6.4. Resultados del segundo escenario . . . . .	219
6.4.1. Con el modelo TE . . . . .	220
6.4.1.1. Confort Personal . . . . .	220
6.4.1.2. Confort Grupal . . . . .	221
6.4.1.2.1. ASHRAE55 . . . . .	221
6.4.1.2.2. Promedio . . . . .	222
6.4.1.2.3. Placer máximo . . . . .	222
6.4.1.2.4. Miseria mínima . . . . .	223
6.4.1.2.5. El más respetado . . . . .	224

## **ÍNDICE**

---

6.4.1.2.6. El más popular . . . . .	225
6.4.2. Con el modelo PSU . . . . .	226
6.4.2.1. Confort Personal . . . . .	227
6.4.2.2. Confort Grupal . . . . .	228
6.4.2.2.1. Promedio . . . . .	228
6.4.2.2.2. Placer máximo . . . . .	229
6.4.2.2.3. Miseria mínima . . . . .	229
6.4.2.2.4. El más respetado . . . . .	230
6.4.2.2.5. El más popular . . . . .	231
6.4.3. Discusión . . . . .	233
6.5. Conclusiones . . . . .	234
<b>7. Conclusiones y trabajos futuros</b>	<b>237</b>
7.1. Resumen del trabajo efectuado . . . . .	237
7.2. Conclusiones . . . . .	239
7.3. Trabajos futuros . . . . .	244
<b>A. Cuestionarios para el participante</b>	<b>247</b>
<b>B. Tareas de evaluación del Escenario 1</b>	<b>252</b>
<b>C. Tareas de evaluación del Escenario 2</b>	<b>256</b>
<b>D. Cartas de consentimiento informado</b>	<b>261</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>268</b>

# Índice de figuras

1.1. Algunos sectores y aplicaciones de la Inteligencia Ambiental. . . . .	2
1.2. Ejemplo de un aula de clases con mecanismos de HVAC. . . . .	3
1.3. Ejemplo ilustrativo sobre el Confort de acuerdo a la cantidad de usuarios en el lugar. . . . .	5
1.4. Método de investigación. . . . .	8
2.1. Componentes y aplicaciones de la Inteligencia Ambiental. . . . .	12
2.2. Disciplinas relacionados con la Inteligencia Ambiental. . . . .	16
2.3. Partes del estándar ASHRAE 55. . . . .	24
3.1. Proceso de Mapeo Sistemático, adaptado de Petersen y cols. (2008). . .	33
3.2. Cadena de búsqueda. . . . .	35
3.3. Gráfica de documentos encontrados por fuente. . . . .	37
3.4. Gráfica de elementos literarios seleccionados por fuente. . . . .	39
3.5. Direcciones que tiene el estudio del Confort Térmico. . . . .	42
3.6. Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su representación de la percepción del Confort Térmico. . . . .	44
3.7. Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su tipo de estudio del Confort Térmico. . . . .	46
3.8. Gráfica de la literatura seleccionada conforme al número de individuos que ocupan el contexto revisado. . . . .	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

3.9. Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su enfoque de análisis del Confort Térmico. . . . .	49
3.10. Representación tradicional de Confort Térmico Personal. . . . .	50
3.11. Algunos aspectos con capacidad de influir en la percepción térmica de las personas y del lugar. . . . .	52
3.12. Primera forma del modelo de Confort Térmico Grupal (estrategia tradicional). . . . .	59
3.13. Segunda forma del modelo de Confort Térmico Grupal (estrategia alternativa tradicional). . . . .	60
4.1. Modelo de Confort Térmico Grupal. . . . .	76
4.2. Modelo de Confort Térmico Personal propuesto. . . . .	77
4.3. Modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU). . . . .	82
4.4. Ejemplo de conversión del resultado del modelo PSU a la escala de sensación térmica ASHRAE. . . . .	84
4.5. Arquitectura funcional para sistemas de Confort Térmico Grupal. . . .	88
4.6. Modelo semántico propuesto. . . . .	91
4.7. Recuperación de datos ambientales. . . . .	93
4.8. Recuperador de datos personales. . . . .	94
4.9. Recuperador de datos grupales. . . . .	98
4.10. Almacenamiento y Actualización. . . . .	98
4.11. Consulta. . . . .	104
4.12. Cálculo de Confort Individual. . . . .	105
4.13. Cálculo de Confort Grupal, con el modelo TE. . . . .	106
4.14. Funcionamiento del Cálculo de Confort Grupal, con el modelo PSU. .	108
4.15. Generación de acciones. . . . .	109
4.16. Interacción con el usuario. . . . .	110
4.17. Interacción con los actuadores. . . . .	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

5.1. Ejemplo del modelo <i>Publicación/Suscripción</i> del protocolo MQTT. . . . .	116
5.2. Esquema relacional de base de datos implementado para el prototipo. . . . .	117
5.3. Ejemplo de Ontología como un grafo. . . . .	118
5.4. Nodo en documento XML/RDF. . . . .	120
5.5. Arquitectura del prototipo desarrollado. . . . .	121
5.6. Página principal del <i>Cliente</i> . . . . .	123
5.7. Código que genera una instancia de la clase <i>ServicioHTTP</i> para atender las peticiones realizadas al <i>Servidor</i> . . . . .	123
5.8. Código de solicitud AJAX dirigida al <i>Servidor</i> para la consulta de conjunto específico de datos almacenados en la Ontología. . . . .	124
5.9. Código que cambia entre la vista de usuarios y la de grupos, de acuerdo al <i>tab</i> seleccionado. . . . .	124
5.10. Página para la gestión de usuarios y grupos, configurada para tratar a los usuarios. . . . .	125
5.11. Página para la gestión de usuarios y grupos, configurada para tratar a los grupos. . . . .	126
5.12. Código que despliega una ventana con información sobre un usuario o grupo en particular. . . . .	127
5.13. Código que despliega una ventana con una serie de controles editables, para el registro de un nuevo usuario o grupo. . . . .	128
5.14. Código que despliega una ventana formada por una serie de controles editables con información sobre un usuario o grupo en particular. . . . .	128
5.15. Código que despliega un mensaje de confirmación, para eliminar o no a un usuario o grupo en particular. . . . .	128
5.16. Ventana modal que permite observar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	130
5.17. Ventana modal que permite registrar a un nuevo usuario. . . . .	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

5.18. Ventana modal que permite editar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	132
5.19. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para salvar la información un usuario, ya sea que se agregue o modifique. . . . .	133
5.20. Mensaje emergente que solicita confirmar la eliminación del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	134
5.21. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para borrar a un usuario específico. . . . .	134
5.22. Ventana modal que permite observar la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	135
5.23. Ventana modal que permite registrar a un nuevo grupo. . . . .	137
5.24. Ventana modal que permite editar la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	137
5.25. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para salvar la información un grupo, ya sea que se agregue o modifique. . . . .	138
5.26. Mensaje emergente que solicita confirmar la eliminación del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos. . . . .	139
5.27. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para borrar a un grupo específico. . . . .	139
5.28. Código de solicitud AJAX dirigida al <i>Servidor</i> para la consulta de información sobre los grupos almacenados en la Ontología. . . . .	140
5.29. Código de solicitud AJAX dirigida al <i>Servidor</i> que recupera la configuración actual de los parámetros que rigen el comportamiento del <i>Simulador</i> . . . . .	140
5.30. Página para configurar el proceso de pruebas. . . . .	142
5.31. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> para salvar la nueva configuración de los parámetros que rigen el comportamiento del <i>Simulador</i> .	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

5.32. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> para recuperar un conjunto de datos de la Ontología referente a los grupos. . . . .	145
5.33. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> para recuperar un conjunto de datos de la Ontología referente a los usuarios. . . . .	145
5.34. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> para recuperar la configuración actual de los parámetros que rigen el comportamiento del <i>Simulador</i> . . . . .	146
5.35. Página de análisis y observación de los resultados de Confort Grupal. .	149
5.36. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para modificar la configuración actual de los parámetros del <i>Simulador</i> y así, iniciar o reiniciar la tarea que tenga asignada. . . . .	149
5.37. Código que manda una solicitud AJAX al <i>Servidor</i> , para recuperar el resultado de analizar el Confort Térmico de un grupo. . . . .	150
5.38. Ejemplo de resultados de Confort Térmico Personal y Confort Térmico Grupal. . . . .	151
5.39. Ventana emergente del detalle de alguna una iteración específica. . . . .	152
5.40. Ventana que muestra los valores recogidos por los sensores y el estado del servidor. . . . .	153
5.41. Código que muestra el inicio de los mecanismos que forman al <i>Recuperador de datos</i> . . . . .	154
5.42. Código que muestra la instancia del medio que conforma al <i>Gestor del Conocimiento</i> . . . . .	155
5.43. Código que muestra la inicialización del <i>Gestor del Conocimiento</i> y la creación de la <i>Ontología</i> . . . . .	155
5.44. Estructura de un documento OWL bajo el formato RDF/XML. . . . .	156
5.45. Parte del modelo semántico propuesto e implementado a través del Framework Apache Jena. . . . .	157
5.46. Código que muestra como es una consulta SPARQL en la <i>Ontología</i> . . .	158
5.47. Código que genera una instancia de la clase <i>InspectorONTO</i> , para consultar la información almacenada en la <i>Ontología</i> . . . . .	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

5.48. Código que muestra la instancia de uno de los medios que conforma al <i>Controlador del Confort Grupal</i> . . . . .	159
5.49. Código que muestra el proceso para calcular un valor $m$ que permita determinar el Confort Térmico Personal de un usuario, bajo el modelo PSU. . . . .	160
5.50. Código que muestra el proceso para calcular el Confort Térmico Personal de un usuario, bajo el modelo TE. . . . .	160
5.51. Código que muestra el proceso de decisión para mejorar las condiciones del espacio revisado. . . . .	161
5.52. Código que muestra parte de lo agregado al <i>Java HTTP Server</i> . . . . .	161
5.53. Ventana que muestra la configuración asignada en el sistema, para los actuadores disponibles en el espacio de trabajo. . . . .	162
5.54. Código que describe a los mecanismos utilizado por el <i>Simulador de actuadores</i> para comunicarse con el <i>Controlador del Confort Grupal</i> . . .	163
5.55. Ventana que muestra los valores sensados por parte de los sensores ambientales implementados. . . . .	163
5.56. Código que describe al mecanismo utilizado por el <i>Simulador de sensores</i> para comunicarse con el <i>Recuperador de datos</i> . . . . .	164
5.57. Sistemas de Confort utilizados por los participantes. . . . .	188
5.58. Porcentaje de usuarios que terminaron cada una de las tareas que se les asignó. . . . .	190
5.59. Eficiencia de los participantes y un experto, por escenario. . . . .	192
5.60. Eficiencia general de los participantes y el experto, en cada escenario. .	193
5.61. Resumen de los resultados del cuestionario aplicado, sobre la dificultad de cada tarea del Escenario 1. . . . .	194
5.62. Resumen de los resultados del cuestionario aplicado, sobre la dificultad de cada tarea del Escenario 2. . . . .	195
5.63. Resumen de los resultados del instrumento CSUQ, aplicado al final de cada sesión de prueba. . . . .	196

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

6.1. Controles que configuran al mecanismo de simulación. . . . .	201
6.2. Grupo de usuarios del Escenario 1. . . . .	203
6.3. Grupo de usuarios del Escenario 2. . . . .	203
6.4. Configuración general para el experimento. . . . .	204
6.5. Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 1, utilizando el modelo TE. . . . .	205
6.6. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia ASHRAE 55 (Tradicional). . . . .	206
6.7. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Promedio. . . . .	207
6.8. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Placer máximo. . . . .	208
6.9. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Miseria mínima. . . . .	209
6.10. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia El más respetado. . . . .	210
6.11. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia El más popular. . . . .	211
6.12. Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU. . . . .	212
6.13. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Promedio. . . . .	213
6.14. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Placer máximo. . . . .	214
6.15. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Miseria mínima. . . . .	215
6.16. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más respetado. . . . .	216
6.17. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más popular. . . . .	217

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

6.18. Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 2, utilizando el modelo TE. . . . .	220
6.19. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia ASHRAE 55 (Tradicional). . . . .	221
6.20. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Promedio. . . . .	222
6.21. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Placer máximo. . . . .	223
6.22. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Miseria mínima. . . . .	224
6.23. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia El más respetado. . . . .	225
6.24. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia El más popular. . . . .	226
6.25. Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU. . . . .	227
6.26. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Promedio. . . . .	228
6.27. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Placer máximo. . . . .	229
6.28. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Miseria mínima. . . . .	230
6.29. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más respetado. . . . .	231
6.30. Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más popular. . . . .	232
A.1. Cuestionario de control del participante. . . . .	248
A.2. CSUQ adaptado para la evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 1. . . . .	249
A.3. CSUQ adaptado para la evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 2. . . . .	250

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

A.4. CSUQ adaptado para la evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 3. . . . .	251
B.1. Tareas del Escenario 1, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 1. . .	252
B.2. Tareas del Escenario 1, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 2. .	253
B.3. Tareas del Escenario 1, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 3. .	254
B.4. Tareas del Escenario 1, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 4. .	255
C.1. Tareas del Escenario 2, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 1. .	257
C.2. Tareas del Escenario 2, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 2. .	258
C.3. Tareas del Escenario 2, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 3. .	259
C.4. Tareas del Escenario 2, para evaluación del <i>Sistema ACTGU</i> , parte 4. .	260
D.1. Carta de consentimiento informado. . . . .	262
D.2. Carta de consentimiento informado firmada por el participante 1. . . .	263
D.3. Carta de consentimiento informado firmada por el participante 2. . .	264
D.4. Carta de consentimiento informado firmada por el participante 3. . .	265
D.5. Carta de consentimiento informado firmada por el participante 4. . .	266
D.6. Carta de consentimiento informado firmada por el participante 5. . .	267

# Índice de Tablas

2.1. Categoría de las variables primarias para el análisis del Confort Térmico.	25
2.2. Escala de sensación térmica (ASHRAE, 2017). . . . .	26
3.1. Fuentes de investigación. . . . .	35
3.2. Número de documentos seleccionados por fuente. . . . .	38
3.3. Título de los documentos seleccionados. . . . .	40
3.4. Clasificación de la literatura seleccionada con base en su representación de la percepción del Confort Térmico. . . . .	43
3.5. Clasificación de la literatura seleccionada con base en su tipo de estudio del Confort Térmico. . . . .	45
3.6. Clasificación de la literatura seleccionada con base en el número de individuos que ocupan el contexto revisado. . . . .	47
3.7. Clasificación de la literatura seleccionada con base en su enfoque de análisis del Confort Térmico. . . . .	49
3.8. Variables de Confort Térmico analizadas en la literatura. . . . .	51
3.9. Clasificación de la WHO, respecto al Índice de Masa Corporal (BMI) en adultos. . . . .	54
3.10. Hardware para recuperar datos sobre el Confort Térmico. . . . .	55
3.11. Estimaciones sobre el ritmo metabólico de un individuo, en sus actividades básicas (C. K. C. Lam, 2017). . . . .	56
3.12. Estimaciones sobre valores de aislamiento térmico para la ropa de un individuo, estando seco (C. K. C. Lam, 2017). . . . .	57

## ÍNDICE DE TABLAS

---

3.13. Métodos para determinar el índice Confort Térmico. . . . .	58
3.14. Condiciones importante para medir el Confort Térmico. . . . .	61
3.15. Aspectos de apoyo al determinar el Confort Térmico. . . . .	62
3.16. Herramientas para la información contextual sobre el Confort Térmico. . . . .	63
3.17. Intención y contribución de la literatura seleccionada. . . . .	67
3.18. Contexto de aplicación revisado por la literatura seleccionada. . . . .	68
3.19. Trabajos relacionados con el Confort Térmico Grupal. . . . .	69
3.20. Descripción de trabajos de Confort Térmico Grupal. . . . .	71
4.1. Variables del modelo Tradicional Extendido (TE), para calcular e interpretar el Confort Térmico Personal. . . . .	78
4.2. Parámetros de apoyo para el estudio del Confort Térmico. . . . .	87
4.3. Estimaciones sobre los valores de aislamiento térmico para la ropa de un individuo, de acuerdo al estándar ASHRAE 55. . . . .	94
4.4. Niveles de aislamiento térmico por grupo de ropa. . . . .	95
4.5. Niveles de aislamiento térmico por sexo. . . . .	96
5.1. Casos de prueba, parte 1. . . . .	165
5.2. Casos de prueba, parte 2. . . . .	166
5.3. Casos de prueba, parte 3. . . . .	167
5.4. Casos de prueba, parte 4. . . . .	168
5.5. Casos de prueba, parte 5. . . . .	169
5.6. Casos de prueba, parte 6. . . . .	170
5.7. Casos de prueba, parte 7. . . . .	171
5.8. Casos de prueba, parte 8. . . . .	172
5.9. Casos de prueba, parte 9. . . . .	173
5.10. Casos de prueba, parte 10. . . . .	174
5.11. Casos de prueba, parte 11. . . . .	175

## ÍNDICE DE TABLAS

---

5.12. Casos de prueba, parte 12. . . . .	176
5.13. Casos de prueba, parte 13. . . . .	177
5.14. Casos de prueba, parte 14. . . . .	178
5.15. Casos de prueba, parte 15. . . . .	179
5.16. Casos de prueba, parte 16. . . . .	180
5.17. Casos de prueba, parte 17. . . . .	181
5.18. Resultado de los casos de prueba ejecutados. . . . .	183
5.19. Personas que participaron en la evaluación. . . . .	187
5.20. Tareas completadas por los participantes. . . . .	189
5.21. Tiempo necesario para completar una tarea, por cada participante y escenario. . . . .	192
6.1. Comparación de los resultados de Confort Térmico en el Escenario 1. .	218
6.2. Comparación de los resultados de Confort Térmico, en el Escenario 2. .	233

# **Lista de abreviaturas**

**AC** Confort Acústico 2, 74

**ACTGU** Asistente para el Cálculo del Confort Térmico de Grupos de Usuarios 121, 146, 162, 164, 186, 190, 193, 195, 197

**AmI** Inteligencia Ambiental 1–4, 6–9, 11–17, 19, 30–32, 34, 36, 39, 40, 63, 66, 72, 74, 87, 111, 112, 234, 237, 238, 242

**ANN** Red Neuronal Artificial 69

**ASHRAE** Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado 3, 4, 6, 20, 22–27, 29–31, 42, 43, 50, 64, 66, 75, 77–79, 93, 112, 147, 148, 151, 235, 237–240, 242, 243

**BMI** Índice de Masa Corporal 53, 62, 64, 65, 78, 80, 107, 156

**CA** Consciencia del Contexto 15, 17, 118

**CaaS** Confort como un Servicio 40

**CAC** Cómputo Consciente del Contexto 15, 18, 30

**CAS** Sistemas Conscientes del Contexto 72

**CSUQ** Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos 186, 187, 193, 195, 196

**DUL** DOLCE Ultra Lite 158

**FOAF** Amigo De Un Amigo 158

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

---

**HC** Confort Humano 2, 19, 30, 74

**HCI** Interacción Humano Computadora 17, 18, 30

**HVAC** Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado 4, 21, 40, 72

**IA** Inteligencia Artificial 12, 17, 118

**IAC** Confort del Aire Interior 2, 74

**IAQ** Calidad del Aire Interior 69

**ICT** Tecnologías de la Información y la Comunicación 12, 30

**IEQ** Calidad del Ambiente Interior 23, 66, 69

**IoT** Internet de las Cosas 40, 74, 114, 241

**ISTAG** Grupo Consultivo del Programa de Tecnologías para la Sociedad de la Información 12

**KR** Representación del Conocimiento 118

**LC** Confort Lumínico 2

**MQTT** Transporte de Telemetría en Cola de Mensajes 114, 115, 153, 154, 241

**OWL** Lenguaje de Ontología Web 155, 158

**PMV** Predicción de la Media de Votos 26–29, 31, 57, 58, 69, 70, 73, 74, 81, 100–105, 107, 108

**PPD** Predicción del Porcentaje de Insatisfacción 26, 28, 29, 31, 57, 69, 70, 73

**ppm** Partes Por Millón 65, 78

**PSU** Preferencias Subjetivas de Usuario 82, 83, 85, 86, 91, 96, 106–108, 112, 141, 146, 160, 201–203, 212–219, 226–231, 233–236, 241–243

**RDBMS** Sistema de Administración de Base de Datos Relacionales 116, 153, 154

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

**RDF** Marco de Descripción de Recursos 104, 117, 119, 120, 155, 157, 240

**SBS** Síndrome del Edificio Enfermo 22, 23, 31, 72

**SSN** Ontología de una Red de Sensores Semánticos 157

**TC** Confort Térmico 2–9, 11, 20–26, 29–36, 38–46, 48, 50–54, 56–58, 60, 61, 63, 64, 66–77, 79, 81, 82, 85–89, 92, 93, 100, 101, 103, 105, 106, 110–112, 121, 123, 127, 141, 144, 146–148, 150–152, 159, 162, 164, 184, 185, 197–202, 204–235, 237–240, 242–246

**Tco** Temperatura Optima de Confort 58, 69

**TE** Tradicional Extendido 81, 85–87, 106–108, 112, 141, 146, 160, 202, 204–210, 218–225, 233–236, 238, 241–243

**TPV** Voto de Preferencias Térmica 57

**TSV** Voto de Sensación Térmica 58

**URI** Identificador de Recursos Uniforme 120

**VC** Confort Visual 2, 74

**VMA** Vector de Magnitudes de Aceleración 97

**WHO** Organización Mundial de la Salud 3, 22, 53

**WSN** Redes de Sensores Inalámbricas 244

# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo se introduce la problemática abordada en este proyecto, así como la solución propuesta. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 1.1 se presentan los antecedentes del proyecto, mientras que en la Sección 1.2 se describe el problema abordado. En la Sección 1.3 se exponen la hipótesis de este trabajo y las preguntas de investigación que se abordan, para después presentar en la Sección 1.4 los objetivos perseguidos. En la Sección 1.5 se presenta la metodología que se siguió en el desarrollo de esta investigación, mientras que en la Sección 1.6 se exponen los alcances y las limitaciones. Finalmente, en la Sección 1.7, se menciona la estructura general de todo el documento.

### 1.1. La Inteligencia Ambiental y el Confort Térmico

La Inteligencia Ambiental (*Ambient Intelligence* o AmI, por sus siglas en inglés) trata con el desarrollo de entornos inteligentes centrados en el humano (Mohamed-Rawi, 2013). La intención es crear espacios físicos (casa, aula, automóvil) enriquecidos con tecnología con la finalidad de apoyar proactivamente a sus usuarios (Augusto, 2007). Para ello, se hace uso de sensores, como medios para adquirir información sobre el ambiente y sus ocupantes (Aouedi y cols., 2018; Cook y cols., 2009), software inteligente para asistir y responder en beneficio de los usuarios, y de actuadores para llevar a cabo las acciones sobre el ambiente (Mohamed-Rawi, 2013; Spoladore y cols., 2018). La AmI tiene múltiples aplicaciones, por lo que, como se observa en la Figura 1.1, no es extraño

## 1.1. La Inteligencia Ambiental y el Confort Térmico

---

que se haya extendido en múltiples sectores como (Che Bin y Hang-See, 2016; Irizarry y cols., 2014): Navegación, Salud, Educación, Construcción, Transporte, Seguridad, entre otros.

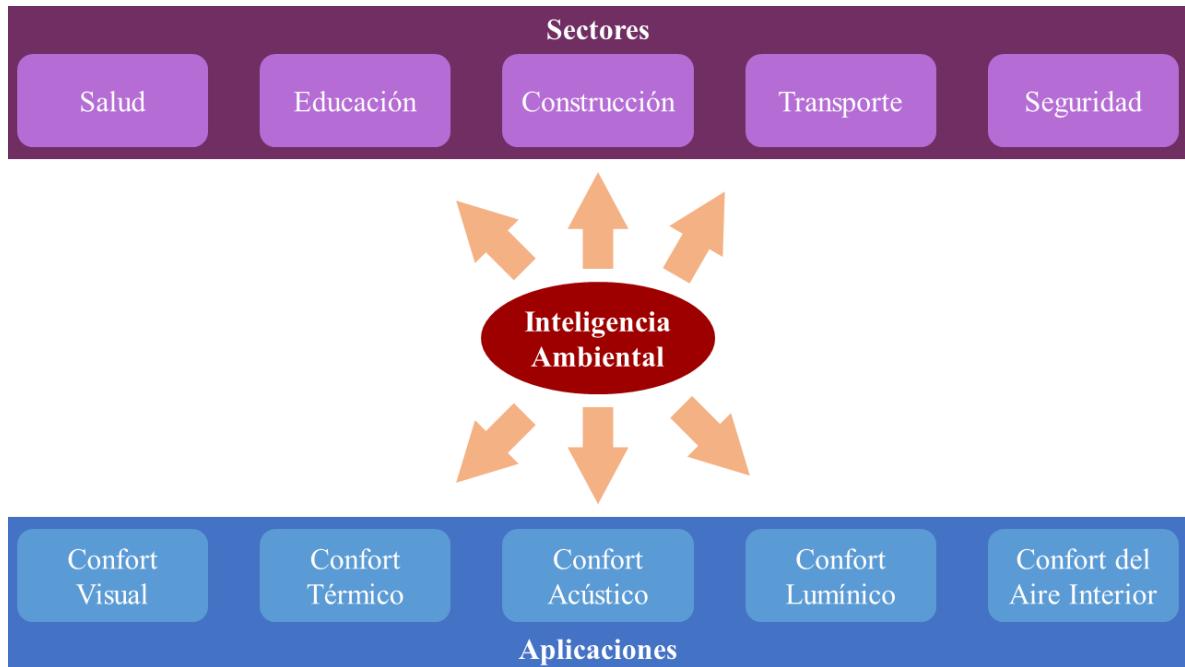


Figura 1.1: Algunos sectores y aplicaciones de la Inteligencia Ambiental.

La visión de la AmI resulta en un aspecto interesante para el diseño, construcción y renovación de sitios como edificios, oficinas, habitaciones y casas enriquecidos con tecnología (Aarts y Wichert, 2009; Miraoui, 2018). Por lo que un tema relevante en este ámbito es el del Confort Humano (Iglesias Vázquez y Kastner, 2012; Mohamed-Rawi, 2013). Este tema abarca diferentes aspectos, tales como el Confort Lumínico (*Light Comfort*, en inglés), el Confort Visual (*Visual Comfort*, en inglés), el Confort Acústico (*Acoustical Comfort*, en inglés), el Confort del Aire Interior (*Indoor Air Comfort*, en inglés) y el Confort Térmico (*Thermal Comfort*, en inglés). El estudio del Confort Humano es importante para la Ingeniería y Arquitectura, ya que puede llevar a cambios sustanciales en el diseño de estructuras como casas y edificios (Mohamed-Rawi, 2013;

## 1.1. La Inteligencia Ambiental y el Confort Térmico

---

Raish, 2018). La AmI aporta soluciones complementarias a las propuestas en esas áreas del conocimiento.

Se debe destacar al Confort Térmico como el tema de interés para esta investigación. El Confort Térmico es definido como un estado mental, producto de la satisfacción percibida por un individuo con respecto de su entorno térmico (Mohamed-Rawi, 2013). Este tema suele ser analizado con base en una serie de variables relacionadas al ambiente y sus usuarios, las cuales se encuentran definidas por recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (*World Health Organization* o WHO por sus siglas en inglés) y las normas EN 15251, EN 16798, ISO 7730 y ANSI/ASHRAE 55 (De-Vecchi y cols., 2015; Kim y De-Dear, 2018; Peng y cols., 2019; Tartarini y cols., 2018).

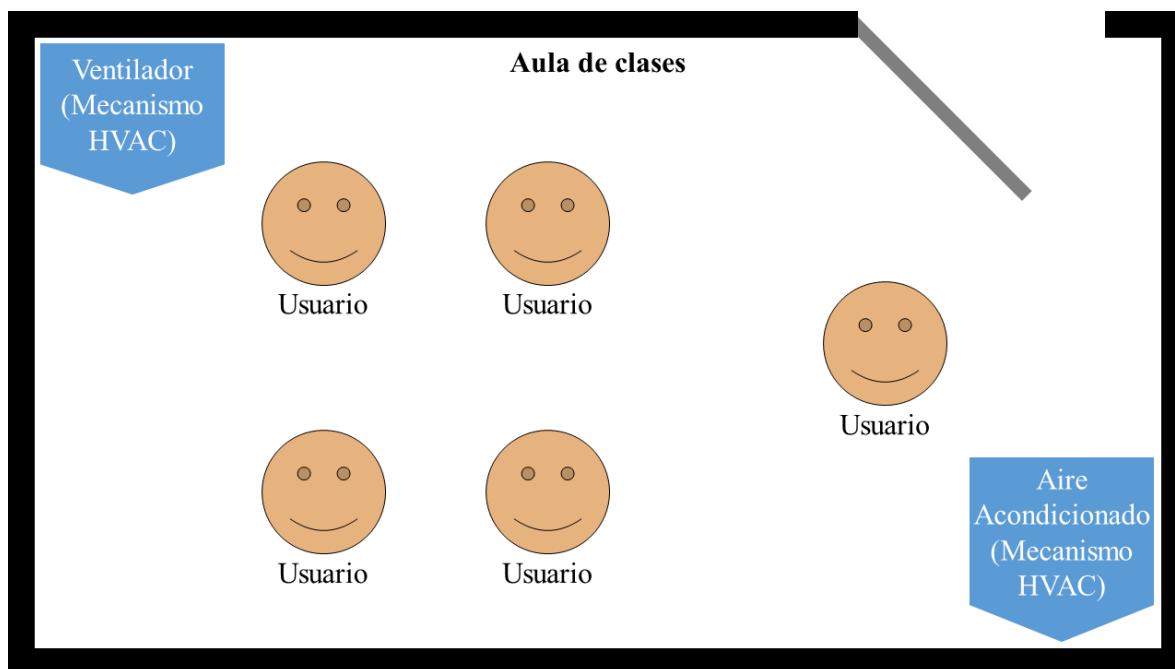


Figura 1.2: Ejemplo de un aula de clases con mecanismos de HVAC.

A través del Confort Térmico se busca entonces comprender la aceptación térmica que tiene una persona sobre su espacio de trabajo y como mejorar esta relación, particularmente en términos de la temperatura, pero también de otras variables

## 1.2. Motivación

---

ambientales (p.ej. humedad, concentración de gas) (De-Vecchi y cols., 2015; Tartarini y cols., 2018). Una aplicación típica de AmI para el TC en el sector educativo se basa en el uso de sistemas para el monitoreo y la modificación del clima de un salón de clases, que puedan proteger a los estudiantes de condiciones ambientales de riesgo para su salud y desempeño. En la Figura 1.2 se muestra un acercamiento a esto, con el uso de mecanismos inteligentes de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (*Heating, Ventilating and Air Conditioning* o HVAC, por sus siglas en inglés), para cambiar el microclima de un determinado espacio de trabajo (clima interior) y, de esta manera, favorecer a la estancia, salud y desempeño de sus usuarios (De-Vecchi y cols., 2015).

Cabe señalar que las soluciones tradicionales de control del Confort Térmico eran manuales (Ricciardi y cols., 2016; Nikolopoulou y cols., 2001). No obstante, aproximadamente desde el año 2000, la automatización del análisis de esta condición se popularizó como consecuencia de la reducción en el costo de la tecnología y el aumento de la velocidad de la red (Aouedi y cols., 2018; Arballo y cols., 2016). Es en este contexto en el que se desarrolla este trabajo de tesis.

## 1.2. Motivación

El análisis del Confort Térmico ha despertado el interés desde hace años. Resultado de ese interés es el estándar ASHRAE 55, que es un esfuerzo comunitario por establecer bases comunes para la comprensión del fenómeno. Este estándar considera una serie de variables ligadas al ser humano y al ambiente en el que se encuentra, y establece una serie de cálculos basados en esas variables para determinar un nivel de Confort Térmico. Por lo tanto, de ser necesario, se podría decidir hacer cambios buscando mejores condiciones térmicas. Es importante mencionar que las variables consideradas por el estándar se valoran por lo general estáticamente, pero recientemente gracias a la aparición de sensores es posible hacerlo dinámicamente.

Ahora bien, un número importante de trabajos como el de Kim y cols. (2018), Nolich y cols. (2019), Spoladore y cols. (2018), Jazizadeh y Jung (2018), por mencionar algunos, se han enfocado en el Confort Térmico Personal. En estos trabajos, se considera que en el espacio bajo estudio hay un único individuo y se busca entregarle condiciones que mejoren su bienestar térmico. Esto es importante para entregar ambientes personalizados, al ser el Confort Térmico una condición que puede variar

## 1.2. Motivación

---

de un usuario a otro. Es en este ámbito donde se abre la puerta para investigar otros aspectos que pueden influir en el confort de una persona y que el estándar no incluye, como aspectos psicológicos (Kim y De-Dear, 2018; Peng y cols., 2019). Algunos autores han opinado incluso que el estudio del Confort Térmico dictado por las normas sin considerar estos aspectos puede provocar efectos negativos sobre los usuarios, tales como fatiga, gripe, dificultades para concentrarse, entre otros (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Lu y cols., 2017; Madrigal y cols., 2018).

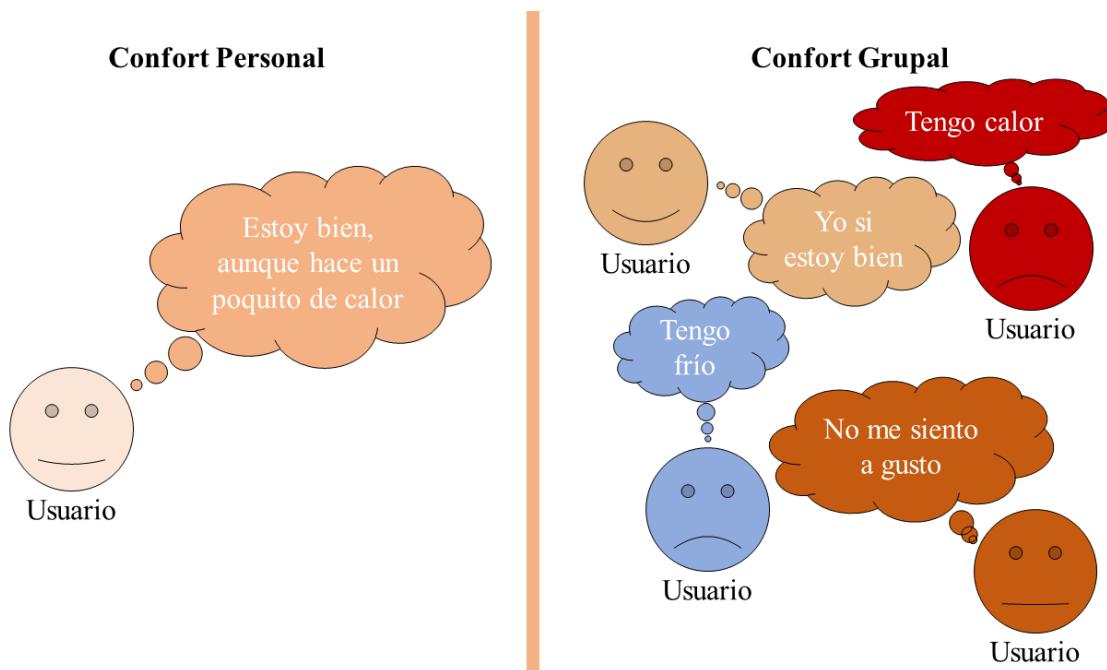


Figura 1.3: Ejemplo ilustrativo sobre el Confort de acuerdo a la cantidad de usuarios en el lugar.

Un aspecto menos investigado es el Confort Térmico de grupos de personas. Este tema no es trivial, ya que las personas en un grupo tienen características térmicas individuales (Karahodza y cols., 2014; Delic y cols., 2018) (ver Figura 1.3). En un salón de clases, por ejemplo, el docente y los alumnos, de manera individual, presentan cada uno un nivel térmico diferente ante las mismas condiciones ambientales, debido a diferencias tales como sus actividades personales o la vestimenta que portan. De

### **1.3. Preguntas de investigación e hipótesis**

---

esta manera, determinar las condiciones ambientales que satisfagan al grupo en su conjunto puede ser difícil; de hecho, el estándar ASHRAE 55 considera como imposible conseguirlo (Iglesias Vázquez y Kastner, 2012; ASHRAE, 2017). No obstante, este estándar propone una solución aproximada en la que un grupo se trata como una entidad uniforme y a partir de ello se calcula su Confort Térmico (Wilson, 2015; A. H.-y. Lam y cols., 2014).

En este trabajo se interesa en revisar el Confort Térmico Grupal considerando las características individuales de los miembros del grupo. Esto inspirado en otras áreas en las que el problema de tomar una decisión de grupo considerando el voto de cada uno de sus individuos también se ha presentado. Particularmente, en el caso de los Sistemas de Recomendación, se ha evidenciado la capacidad de sus métodos para trabajar ante contextos o casos que involucran a grupos de usuarios (Wang y cols., 2018; Wilson, 2015) en sectores como el marketing, la educación, la salud, entre otros temas (Masthoff, 2015). Por ejemplo, en el trabajo de Yin y cols. (2019), se propuso un sistema de recomendación basado en la influencia que tienen entre sí los diferentes individuos de un grupo, para mejorar el aprendizaje de cada uno sobre un determinado tema; o también, en el trabajo de Garcia y cols. (2011), se presentó un sistema de recomendación que apoya a un grupo de usuarios en la planificación de sus actividades turísticas. Por lo cual, es interesante investigar si estos trabajos se pueden adaptar al caso del Confort Térmico y si con ello se pueden tener grupos más satisfechos que con la aproximación del estándar.

## **1.3. Preguntas de investigación e hipótesis**

### **1.3.1. Preguntas de investigación**

Para este trabajo, se estableció la siguiente pregunta de investigación principal:

- En una solución de AmI, ¿Considerar elementos de Confort Térmico Personal en el cálculo del Confort Grupal guía a grupos más satisfechos que si no se consideran?

Es así que, con base en la interrogante planteada, se plantean las siguientes preguntas particulares:

## 1.4. Objetivos

---

- ¿Cómo modelar el Confort Térmico para grupos de usuarios?
- ¿Qué mecanismos debe considerar una solución de AmI para calcular y controlar el Confort Térmico de grupos?
- ¿Cómo llevar a la práctica esa solución de AmI?
- ¿Cómo evaluar la solución de AmI propuesta, particularmente en lo que corresponde al Confort Térmico Grupal?

### 1.3.2. Hipótesis

La hipótesis de investigación de este trabajo es la siguiente:

- En una solución de AmI para el control del Confort Térmico Grupal en espacios cerrados, considerar aspectos individuales de los usuarios de un grupo permite satisfacer de mejor manera al grupo que cuando no se consideran.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

- Comprobar, a través de una solución de AmI que considere aspectos individuales y utilice estrategias de toma de decisión grupal, si se pueden obtener mejores resultados de Confort Térmico Grupal, que bajo un enfoque tradicional.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer modelos y estrategias para calcular el Confort Térmico de grupos de usuarios.
- Diseñar una arquitectura funcional para sistemas de AmI para el control del Confort Térmico Grupal.
- Evaluar la propuesta en un caso de estudio, para verificar la utilidad de los modelos y estrategias propuestos con respecto a un enfoque tradicional.

## 1.5. Metodología

---

### 1.5. Metodología

La metodología empleada en este trabajo, como se observa en la Figura 1.4, presenta una serie de fases cuya descripción es la siguiente:



Figura 1.4: Método de investigación.

1. Búsqueda de información: estudio de los conceptos que rodean a los principales temas del proyecto, la AmI y el Confort Térmico.
2. Revisión del estado del arte: análisis de trabajos que presenten soluciones relacionadas al problema estudiado en este proyecto.
3. Definición del caso de estudio: descripción de un contexto adecuado para analizar el Confort Térmico Grupal, a través de un prototipo funcional que corresponda a la solución propuesta.
4. Diseño de la solución: propuesta de una solución de AmI, para tratar con el problema estudiado y lograr el objetivo del proyecto.

## 1.6. Alcances y limitaciones

---

5. Prototipado de la propuesta: desarrollo de un prototipo funcional, con base en el diseño de la solución propuesta.
6. Evaluación de la solución: validación sobre el cumplimiento de los objetivos de este proyecto, a través de una serie de experimentos con el prototipo.

## 1.6. Alcances y limitaciones

Los alcances del presente trabajo son los siguientes:

- El presente estudio explora una solución de AmI para el Confort Térmico Grupal en espacios cerrados, particularmente en aulas de clases. No obstante, podría adaptarse a otros contextos aplicativos.
- Las publicaciones que se considera para su análisis son solo a las que se tiene acceso libre o bien por medio de plataformas con las que la Universidad Veracruzana tiene convenio. No se considera a publicaciones que deban ser pagadas.
- La puesta en práctica de la solución toma la forma de una simulación ante la falta de equipo físico especializado, particularmente aires acondicionados que puedan ser controlados por programas remotos.
- Las pruebas de Usabilidad del prototipo se limitan a solo cinco personas, ya que es un número adecuado para descubrir la mayor parte de los problemas de Usabilidad que pudieran surgir.

Las limitaciones de este proyecto son las siguientes:

- Dificultad para reclutar a las personas que participan en las pruebas.
- Recursos económicos limitados que dificultan la adquisición de equipo especializado.

## 1.7. Estructura del documento

El resto del documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

1. En el capítulo 2, se presenta el marco teórico correspondiente a este trabajo de investigación, con los temas y fundamentos abordados.
2. En el capítulo 3, se discuten trabajos relacionados a este estudio.
3. En el capítulo 4, se expone el diseño de la solución planteada en este trabajo.
4. En el capítulo 5, se habla sobre la estructura del prototipo desarrollado, la tecnología que utiliza y su funcionamiento, así como de las pruebas que se hicieron para asegurar su correcta funcionalidad y Usabilidad.
5. En el capítulo 6, se describe la experimentación llevada a cabo con el prototipo desarrollado y se discuten las observaciones y resultados obtenidos.
6. Finalmente, en el capítulo 7, se da una conclusión sobre la investigación realizada y se habla sobre sus aportes, así como también de las posibles líneas para trabajos futuros.

# Capítulo 2

## Marco teórico

En este capítulo se expone el marco teórico que circunscribe al presente trabajo de investigación. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 2.1 se describe a la AmI, con respecto a qué es y cuales son componentes. En la Sección 2.2 se describe el Confort Térmico, las implicaciones del estudio de esta condición y la norma principal que lo atiende. Finalmente, en la Sección 2.3, se habla sobre la relación de los conceptos vistos en este capítulo, la AmI y el Confort Térmico.

### 2.1. Inteligencia ambiental

La AmI es un tema multidisciplinario que tiene la visión de construir espacios en donde la interacción de las personas y la tecnología se desarrolle de forma natural y sin esfuerzos (Martinez y cols., 2014; N., 2011). Este tema comprende formas y mecanismos con la capacidad de beneficiar al humano en sus actividades, estadía, cuidado, entre otros ámbitos. Todo esto, en cualquier espacio o contexto con presencia humana y la capacidad para admitir a diferentes tipos de dispositivos de hardware.

#### 2.1.1. Conceptos básicos

El termino AmI suscribe a la adición de sensibilidad e inteligencia en entornos cotidianos, para mejorar la vida diaria humana con la entrega de un entorno flexible y adaptable para sus ocupantes (Cook y cols., 2009). En este tema, al hablar de *ambiente*

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

se hace referencia a cualquier espacio físico que admita la presencia humana (como una casa, oficina, calle, área en el mar, entre otros lugares (Mohamed-Rawi, 2013; Aarts y Wichert, 2009)), mientras que la *inteligencia* alude a la implementación y uso de mecanismos de (Augusto y cols., 2013) Inteligencia Artificial (*Artificial Intelligence* o IA, por sus siglas en inglés), *Machine Learning*, Toma de decisiones, por mencionar algunos.

El término de AmI fue introducido por *Mark Weiser* en 1988 (Cook y cols., 2009), y retomado por el Grupo Consultivo del Programa de Tecnologías para la Sociedad de la Información (*Information Society Technology Advisory Group* o ISTAG por sus siglas en inglés) de la Unión Europea, en la época de 1990's (Pancardo-García, 2016; Tapia Martínez, 2009). En un principio este concepto era utilizado para calificar a entornos equipados con interfaces inteligentes, sistemas de cómputo y dispositivos electrónicos (Mohamed-Rawi, 2013; Irizarry y cols., 2014). Actualmente, como se observa en la Figura 2.1, este concepto describe la capacidad de un entorno para adaptarse, asistir y soportar, a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación (*Information and Communications Technology* o ICT, por sus siglas en inglés), a sus ocupantes y contexto, de una manera eficaz, transparente y autónoma (Le-Phuoc y cols., 2016; N., 2011; Fuentes y Aguado, 2016). Esto ha promovido una tendencia por delegar a la tecnología el cuidado y la atención de las personas en sectores como la Salud, la Educación, la Seguridad, entre otros (Cook y cols., 2009), con sistemas capaces de prevenir situaciones de riesgo, atender a las necesidades de movilidad de personas con discapacidad, proporcionar a sus usuarios las condiciones necesarias para realizar su trabajo, por mencionar algunas.

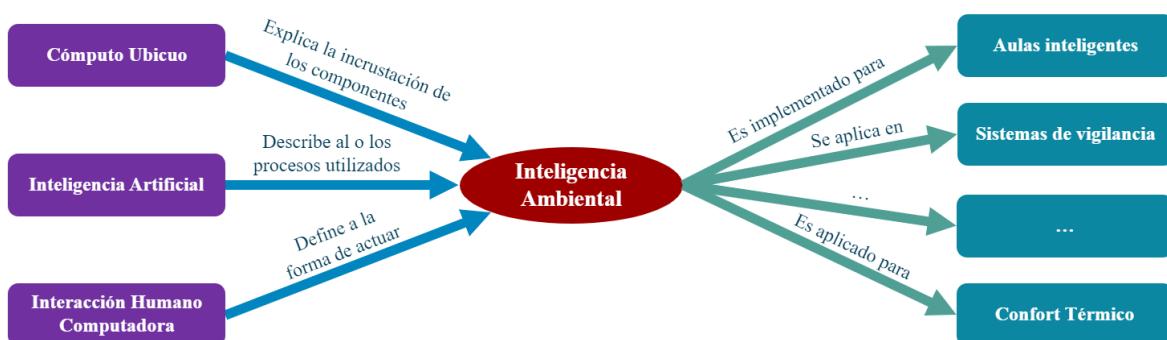


Figura 2.1: Componentes y aplicaciones de la Inteligencia Ambiental.

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

Hasta aproximadamente el año 2000, la AmI suponía altos costos de implementación, de forma que no era un objeto popular de estudio (Martinez y cols., 2014; Mohamed-Rawi, 2013). No obstante, desde el año 2001, la revisión y aplicación de este tema tomó fuerte notoriedad en diversas áreas del conocimiento, como es la Arquitectura e Ingeniería (Martinez y cols., 2014; Cook y cols., 2009). Esto se logró gracias al continuo avance tecnológico, la miniaturización de componentes de hardware, el abaratamiento de los dispositivos electrónicos, el crecimiento en el volumen de los datos, la multitud de protocolos de comunicación que se desarrollaron, entre otros aspectos (Che Bin y Hang-See, 2016; Irizarry y cols., 2014).

De esta manera, la apertura de la tecnología ha facilitado la incrustación de diversos tipos de dispositivos en el entorno de los usuarios y la implementación de esta clase de sistemas, mejorando la interacción de las personas con la tecnología y el uso de estos mecanismos en favor de la vida humana (Cook y cols., 2009). Por esta razón, el uso de la tecnología gradualmente se ha ido extendiendo en distintos niveles la sociedad para tareas específicas, disminuyendo el temor de la gente por el cambio y promoviendo que crezca la variedad de estos medios (Cook y cols., 2009). La aplicación, desarrollo y estudio de la AmI ha adoptado los siguientes ejes (Augusto y cols., 2013):

- **Escala:** cantidad de dispositivos electrónicos necesarios en el entorno para brindar soporte adecuado a sus usuarios, de acuerdo a los estándares utilizados o, también, en la compatibilidad del ambiente con diferentes tipos sistemas.
- **Tamaño:** nivel de transparencia descrita por los dispositivos electrónicos y sistemas que sean empleados en el entorno.
- **Rendimiento:** capacidad de crecimiento, estabilidad y continuidad que tiene el entorno inteligente, a pesar de problemas de sincronización, heterogeneidad en los datos, actualización de los dispositivos utilizados, entre otros aspectos.
- **Conocimiento:** capacidad del sistema para almacenar, procesar y transmitir grandes volúmenes de información sobre el entorno y los elementos que lo componen.

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

- **Proactividad:** tipos de cambios que puede sufrir el entorno sobre aspectos físicamente detectables o no por el ojo humano, como cambios en el color de luces o en la temperatura, respectivamente.
- **Confiabilidad:** grado de confianza que las personas depositan en el entorno y en el sistema, la tolerancia a fallas del mismo y el comportamiento autónomo de los diferentes componentes del lugar.

La AmI ha permitido materializar aplicaciones que antes podrían haber sido consideradas parte de la ficción e integrarlas de forma natural en el entorno. Como se observó en la Figura 2.1, algunas de estas implementaciones son las puertas corredizas automáticas, pizarras interactivas, salas de reuniones inteligentes con medios de apoyo para la toma de decisiones, la localización de objetos perdidos en un hogares inteligentes, la personalización de las condiciones del ambiente el ocupante en turno, entre otros usos (Cook y cols., 2009). Esto ha mejorado la experiencia que las personas tienen con respecto de la tecnología y el entorno que habitan (Pancardo-García, 2016).

En este sentido, se puede decir que la AmI comprende el desarrollo e implementación de un entorno equipado con hardware y software inteligente para apoyar o entregar algún beneficio a sus usuarios (Mohamed-Rawi, 2013; Cook y cols., 2009). Aunque, en relación a esto, algunos autores han expresado que este tipo de sistemas, debe cumplir con más de la mitad de los siguientes puntos (Augusto y cols., 2013; Gomes y cols., 2019):

1. Ser inteligentes y reconocer situaciones en las que puedan actuar.
2. Ofrecer a sus usuarios ayuda, cuando sea posible.
3. Tomar en cuenta las necesidades y preferencias de sus usuarios.
4. No exigir a los usuarios conocimiento adicional para beneficiarles.
5. Preservar la privacidad de sus usuarios.
6. Priorizar la seguridad de sus usuarios en todo momento.
7. Mantener un comportamiento autónomo
8. No forzar cambios en el entorno, cualquier modificación debería parecer natural.

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

9. Recordar que sus usuarios están al mando, y nunca el sistema.

Por esta razón, se puede ver a las aplicaciones de AmI como un tipo de Sistema Centrado en sus Usuarios, que implementa diferentes aspectos del Cómputo Ubiaco y el Cómputo Consciente del Contexto (*Context-Aware Computing* o CAC, por sus siglas en inglés) en beneficio de los ocupantes de su dominio (Mohamed-Rawi, 2013; Pancardo-García, 2016). No obstante, cabe destacar que la literatura describe a este tipo de aplicaciones, con base en las siguientes características (Aouedi y cols., 2018):

- **Incrustación:** uso de redes o dispositivos electrónicos integrados en el ambiente.
- **Consciencia del Contexto (*Context Awareness* o CA, por sus siglas en inglés):** capacidad de los dispositivos electrónicos para reconocer a las personas, su situación contextual y el estado del entorno.
- **Personalización:** potencial que tiene el sistema o red para adaptarse al contexto o adecuarlo en favor de las necesidades de sus usuarios.
- **Adaptativo:** poder de respuesta del sistema ante cualquier cambio en el contexto.
- **Anticipatorio:** capacidad del sistema para prevenir cualquier deseo del usuario o evento en el ambiente, antes de que este sea requerido o suceda.
- **Ubiaco:** estado embebido e integrado que tienen los componentes del sistema en el ambiente.
- **Transparente:** discreción del sistema y su permanencia en segundo plano dentro del ambiente, durante el tiempo de ejecución.

Adicionalmente, la AmI destaca cuatro aspectos fundamentales: 1) el entorno; 2) los usuarios; 3) la información contextual; y 4) la capacidad de razonamiento (Augusto y cols., 2013; Cook y cols., 2009). El entorno comprende principalmente a los sensores y actuadores incrustados en el espacio de trabajo. Los usuarios representan al conjunto de individuos que el ambiente debe favorecer. La información contextual se refiere a todos los datos necesarios para conocer el estado actual del entorno y de sus ocupantes (Augusto y cols., 2013; Pancardo-García, 2016). Finalmente, el razonamiento describe a la capacidad de análisis espacial y temporal que tiene el sistema para actuar sobre el entorno y beneficiar a sus usuarios.

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

### 2.1.2. Áreas relacionadas

La AmI se caracteriza por incorporar diversas áreas de la informática. En la Figura 2.2 se presentan las áreas más relevantes de este tema, las cuales son: i) Cómputo Ubícuo, ii) Inteligencia Artificial, iii) Interacción Humano Computadora, iv) Cómputo Consciente del Contexto, v) Sensores y actuadores y vi) Redes y Middleware. A continuación, se profundiza en cada una de estas áreas.

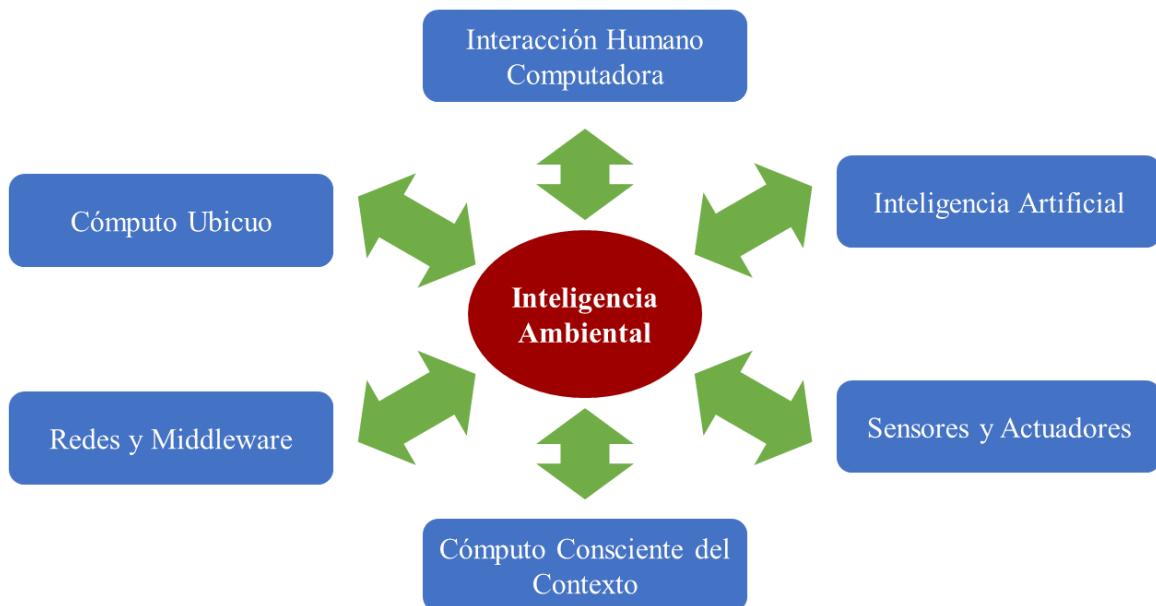


Figura 2.2: Disciplinas relacionados con la Inteligencia Ambiental.

#### 2.1.2.1. Cómputo Ubícuo

El Cómputo Ubícuo es un paradigma de la tecnología que trata con la variedad de dispositivos electrónicos e informáticos dispersos en un determinado espacio, alejándose de paradigmas sobre equipos de cómputo y el uso de hardware centralizado (Aouedi y cols., 2018). Este tema, revisa la capacidad y formas en cómo la tecnología puede

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

monitorear y actuar de manera transparente con los usuarios, relacionándose así con la informática Centrada en el Usuario y CA (Augusto y cols., 2013).

Un importe aspecto del Cómputo UbiCuo es su interés por la facultad de los sistemas para comprender la situación actual y producir acciones proactivas en respuesta a su conocimiento sobre el contexto (Le-Phuoc y cols., 2016; Gim y cols., 2018).

### 2.1.2.2. Inteligencia Artificial

La IA es un objetivo explícito de los entornos de AmI, con el cual buscan autonomía sobre la toma de decisiones y mejora en los beneficios que el espacio entrega a sus usuarios (Parkinson y cols., 2019; Escandón y cols., 2019). Esto a fin de que las aplicaciones de AmI tengan la capacidad de realizar lo siguiente (Augusto y cols., 2013):

- **Reconocer y aprender actividades:** facultad para detectar patrones significativos en el comportamiento del entorno y de sus ocupantes, y también, para utilizar esta información en favor de los servicios prestados.
- **Razonar:** capacidad de inferencia cognitiva del sistema, para actuar con base en la información disponible.
- **Ser autónoma:** grado de independencia del sistema para llevar a cabo acciones, tales como, ahorro de energía, asistir a los usuarios, entre otras actividades.
- **Integrar y distribuir procesos y datos:** capacidad para descentralizar el procesamiento de los datos y el razonamiento realizado por el sistema, entregando parte de estas tareas a medios finales con la facultad de llevar a cabo determinadas actividades.

### 2.1.2.3. Interacción Humano Computadora

La HCI es un área que estudia el diseño, desarrollo, implementación y evaluación de sistemas de cómputo interactivo (Tapia Martínez, 2009). El término *humano* se refiere a un individuo o grupo, mientras que el término *computadora* alude a sistemas de software y hardware utilizados por el *humano*, y la *interacción* describe el discurso o comunicación que se desarrolla entre el *humano* y la *computadora* (Mohamed-Rawi,

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

2013). A través de esta disciplina se revisa la forma de mejorar el dialogo generado entre los diferentes dispositivos de entrada y salida de la *computadora*, al interactuar con el *humano* (Sharif y Alesheikh, 2018; Tapia Martínez, 2009).

Además, la HCI hace énfasis en la construcción e implementación de sistemas amigables con el humano, el desarrollo de servicios inteligentes más eficientes, el empoderamiento del usuario y el soporte de la interacción humana (Pancardo-García, 2016; Augusto y cols., 2013).

### 2.1.2.4. Cómputo Consciente del Contexto

El CAC estudia la capacidad de los sistemas de cómputo, para adquirir, interpretar y utilizar información contextual de un entorno en específico, con el fin llevar a cabo una determinada tarea, usualmente, en favor de sus usuarios u otros sistemas (Pulido y cols., 2009; Quinde y cols., 2018; Younis y cols., 2019). Por ejemplo, los sistemas bajo este concepto se caracterizan por adaptar su funcionalidad, respuesta y rendimiento, en caso de ser necesario, como es ante algún cambio en el contexto (Bibri, 2018; Sharif y Alesheikh, 2018).

En el ámbito del CAC se hace uso de diferentes dispositivos tecnológicos para adquirir conocimiento sobre el contexto (Sharif y Alesheikh, 2018; Gim y cols., 2018). Todo esto en dirección a la entrega de información y servicios relevantes para sus usuarios. Por ejemplo, para ayudar a generar mejores resultados en las tareas diarias de los usuarios, expandir el entendimiento que los sistemas tienen sobre su entorno y apoyar al descubrimiento o prevención de futuros eventos (Gim y cols., 2018; Quinde y cols., 2018; Younis y cols., 2019).

### 2.1.2.5. Sensores y actuadores

Los sensores son piezas especializadas de hardware con la facultad de observar y medir el valor de diferentes estímulos de su entorno (Gim y cols., 2018). Cada sensor es una fuente única de información, capaz de producir una secuencia de datos contextuales a lo largo del tiempo, a lo cual se le llama flujo de datos (Le-Phuoc y Hauswirth, 2009).

Por otra parte, los actuadores, aunque también son elementos especializados de hardware, poseen la capacidad para llevar a cabo una o varias acciones sobre el entorno,

## 2.1. Inteligencia ambiental

---

de acuerdo a los estímulos que reciba (Augusto y cols., 2013). Además, es importante destacar que los actuadores usualmente trabajan en conjunto con sensores y sistemas para su control (Le-Phuoc y Hauswirth, 2009; Augusto y cols., 2013).

En relación a esto, algunas de las aplicaciones más usuales para este tipo de tecnologías son (Nweke y cols., 2019): el reconocimiento y soporte del ambiente y sus usuarios; la estimación y ahorro en el gasto de energía de los usuarios y máquinas del entorno; la localización y entrega de objetos específicos en hogares inteligentes; y, el monitoreo, como también, la asistencia del estado de salud de las personas o del ambiente. Además, en los últimos años, con el avance en tecnologías de sensores, actuadores y la disminución en el costo de estos dispositivos, se ha visto impulsado el diseño e implementación de sistemas para el monitoreo y soporte de la Actividad Humana o el Confort Humano (Nweke y cols., 2019; Parkinson y cols., 2019).

### 2.1.2.6. Redes y Middleware

Un entorno inteligente o de AmI supone la existencia de diferentes tipos de dispositivos incrustados y distribuidos en él (Mohamed-Rawi, 2013). Este conjunto de elementos incrustados generan un flujo de datos que son canalizados a través de una red cableada o inalámbrica, en dirección a un módulo central que une a la información recibida y a cada dispositivo (Augusto y cols., 2013).

A la conexión o relación de las distintas piezas de hardware incrustados en el ambiente, se le conoce como red de sensores y actuadores. Dentro de esta red, cada elemento de hardware es tratado como un nodo, el cual, es enlazado a un determinado componente o middleware. Donde, este último elemento, funciona como una pieza intermedia entre la red de dispositivos y otros sistemas (Le-Phuoc y cols., 2016). Por lo tanto, se puede describir al middleware como un componente, usualmente asociado con fuentes de datos heterogéneas, que facilita la interoperabilidad de información variada (Augusto y cols., 2013).

En resumen, las áreas relacionadas a la AmI que se mencionaron, resultan importantes para comprender las bases de este tema, sus componentes y la forma de llevarla a la práctica. Algunas de estas áreas describen los aspectos teóricos que cubre la AmI, mientras que otras áreas apuntan al tipo de herramientas involucradas en el desarrollo y despliegue de las aplicaciones de este tema.

## 2.2. Confort térmico

El Confort Térmico es una condición mental que describe a la satisfacción y aceptación que una persona tiene con respecto del estado térmico del entorno que ocupa (De-Vecchi y cols., 2015; Sharif y Alesheikh, 2018; Kim y cols., 2018). Este tema hace referencia a una sensación subjetiva, dependiente de múltiples características relacionadas al ambiente y la persona de quien se revisa esta condición (Karmann y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018). Por esta razón, los estudios de Confort Térmico suelen enfrentarse a un alto nivel de variabilidad e incertidumbre. No obstante, se han realizado diversos esfuerzos por medir a esta condición, siendo el estándar ASHRAE 55 el intento más representativo y adecuado, para traducir la percepción de Confort Térmico a un valor numérico (Albatayneh y cols., 2019; Parkinson y cols., 2019).

### 2.2.1. Conceptos generales

El estudio del Confort Térmico revisa diferentes aspectos con la capacidad de influir sobre la pérdida o ganancia de calor en el cuerpo humano, perturbar el equilibrio térmico de un persona y generar molestias relacionadas con la sensación térmica (Raish, 2018). Todo esto con la finalidad de mejorar la relación que existe entre las personas y su entorno, así como también entregarles un ambiente que sea neutral o agradable y cuyas condiciones les permitan mantener un equilibrio térmico en el cuerpo (De-Vecchi y cols., 2015; Sharif y Alesheikh, 2018; Tartarini y cols., 2018).

El Confort Térmico es un tema importante para áreas como la Arquitectura, Ingeniería, Desarrollo Sostenible, entre otras (Mohamed-Rawi, 2013; Escandón y cols., 2019), a través de su exploración, se busca establecer bases esenciales para el diseño de estructuras habitables, como casas y edificios (Escandón y cols., 2019). Sin embargo, tratar con el Confort Térmico no es trivial, ya que describe a una condición subjetiva, diferente para cada individuo (Karmann y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018), y sensible a diversos factores del ambientales y las propias personas (De-Dear y Brager, 2002; Ramli y cols., 2018).

Por esta razón, tradicionalmente se estudia al Confort Térmico con base a una serie de variables primarias, definidas por los estándares relacionados a este tema, como EN 16798 y ASHRAE 55. Estos parámetros son los siguientes (Raish, 2018):

## 2.2. Confort térmico

---

- Temperatura del ambiente o aire.
- Temperatura radiante (de la superficie que rodea al entorno).
- Humedad relativa (definida por el vapor de agua mezclado en el aire).
- Movimiento del aire (o también la velocidad del aire en el ambiente).
- Ritmo metabólico (cantidad de energía gastada por el usuario).
- Aislamiento de la ropa (capacidad de la ropa al retener o eliminar el calor corporal).

En este sentido, comprender a las variables primarias del Confort Térmico y a los estándares que describen a este tema, resulta esencial para tomar decisiones fundamentadas al momento de diseñar, crear o adaptar estructuras que puedan ser habitadas e implementar mecanismos para controlar el microclima del lugar (De-Vecchi y cols., 2015; Tartarini y cols., 2018). Además, la revisión de este tema, hace posible reducir el consumo de energía y mejorar la forma de utilizar a los mecanismos de comodidad presentes en el espacio de trabajo, como pueden ser, sistemas de HVAC (Raish, 2018).

### 2.2.2. Historia del Confort Térmico

La historia del Confort Térmico se remonta a principios de la humanidad, cuando las sociedades se valían únicamente de métodos naturales de calefacción y enfriamiento para alcanzar un adecuado nivel de satisfacción térmica con respecto de su entorno (Ricciardi y cols., 2016). Por ejemplo, desde el 2,000 a.c, en la antigua Babilonia, las personas rociaban agua sobre la superficie de sus casas durante la noche, para que la evaporación y caída de la temperatura, generaran alivio frente al calor del lugar (Raish, 2018).

Es así que, a lo largo del tiempo la humanidad ha diseñado, desarrollado e implementado diferentes estrategias y mecanismos para alcanzar óptimas condiciones de Confort Térmico en los espacios que ocupan. Pero, no fue hasta el siglo XX, con la llegada de los sistemas de enfriamiento mecánicos, alrededor de 1902, que se comenzó a dar mayor importancia al estudio de este tema (Chun y cols., 2008; Raish, 2018).

## 2.2. Confort térmico

---

Esto permitió observar los inconvenientes de la comercialización y el uso de este tipo de sistemas en edificios, oficinas, habitaciones y casas (Nikolopoulou y cols., 2001; Chun y cols., 2008). Por ejemplo, algunos de los problemas de implementar a este tipo de mecanismos, resulta de no considerar al entorno como un espacio de condiciones climáticas variables, y además, suponían un excesivo gasto de energía (Raish, 2018).

Aunado a ello, alrededor de la crisis energética de la década de 1970, se demostró que el Confort Térmico es una condición que puede ser influencia por la humedad y otras variables (Lu y cols., 2017; Raish, 2018). Esto motivó que tras esta década, se desarrollaran normas dirigidas a mejorar la eficiencia y comodidad en las construcciones (Ricciardi y cols., 2016), entre las que se encuentra el estándar ASHRAE 90 para la eficiencia energética, ASHRAE 62 que cuida la ventilación y aceptación de la calidad del aire, y ASHRAE 55 que trata con el Confort Térmico (Raish, 2018). Sin embargo, las normas que tratan con el Confort Térmico, continúan siendo objeto de estudio. Esto, en favor de expandir la variedad de formas para abordar la revisión de esta condición y a los factores que pueden influir en ella (Raish, 2018).

### 2.2.3. Síndrome del Edificio Enfermo

El Síndrome del Edificio Enfermo (*Sick Building Syndrome* o SBS, en inglés) comprende el conjunto de características negativas que tiene una estructura y que perjudica a sus usuarios (Ghaffarianhoseini y cols., 2018). Los efectos de este síndrome inciden sobre diversos aspectos de las personas, por ejemplo, en su rendimiento, desempeño, salud física, salud mental, por mencionar algunos (Lu y cols., 2017; Ghaffarianhoseini y cols., 2018).

Los síntomas asociados al SBS, comúnmente son el malestar de ojos, molestias en la nariz, irritación de la garganta, fatiga mental, dolor de cabeza, náuseas, mareo, irritación de la piel, entre otros (Jafari y cols., 2018). Es así que, los efectos de este síndrome tienen un gran peso sobre la relación de los usuarios y su espacio de trabajo (Lu y cols., 2017; Jafari y cols., 2018). Además, son asociados a este tema, padecimientos no específicos con una conexión temporal en particular con el edificio o área de trabajo, sin que estos malestares sean señalados o sus causas sean obviadas (Ghaffarianhoseini y cols., 2018).

El concepto del SBS fue inicialmente desarrollado por la WHO en 1993 y posteriormente ampliado por la Comisión de Comunidades Europeas (Lu y cols., 2017;

## 2.2. Confort térmico

---

Ghaffarianhoseini y cols., 2018; Jafari y cols., 2018). No obstante, el SBS es un malestar que ha prevalecido en las estructuras desde 1970 o incluso antes, especialmente en espacios como escuelas y oficinas, debido a que estos lugares, no suelen proporcionar un soporte adecuado, que ayude a monitorear y controlar las condiciones climáticas del lugar (Ghaffarianhoseini y cols., 2018; Jafari y cols., 2018).

Los estudios que abordan al SBS tienen entre sus metas, apoyar en la mejora de las condiciones de habitabilidad de una estructura (Ghaffarianhoseini y cols., 2018). Esto, con la finalidad de beneficiar a la estancia y experiencia de sus usuarios. Por lo cual, se suele relacionar al SBS con el Confort Térmico, cuya omisión propicia la perdida de una aceptable Calidad del Ambiente Interior (*Indoor Environmental Quality* o IEQ por sus siglas en inglés) y beneficia a condiciones que permitan la aparición de síntomas del SBS (Ghaffarianhoseini y cols., 2018; Mohamed-Rawi, 2013).

### 2.2.4. Estándar ASHRAE 55

El Confort Térmico no es un tema nuevo, su estudio ha interesado y preocupado a muchos investigadores en diversos ámbitos. Ante lo cual, se han desarrollado diversos estándares para tratar con este tema, como es el EN 15251, EN 16798, ISO 7730 y ASHRAE 55. Donde, este último ha demostrado ser el más representativo y adecuado para abordar el estudio y análisis del Confort Térmico; y cuyas partes se pueden observar en la Figura 2.3, a través de una abstracción de lo que propone.

## 2.2. Confort térmico

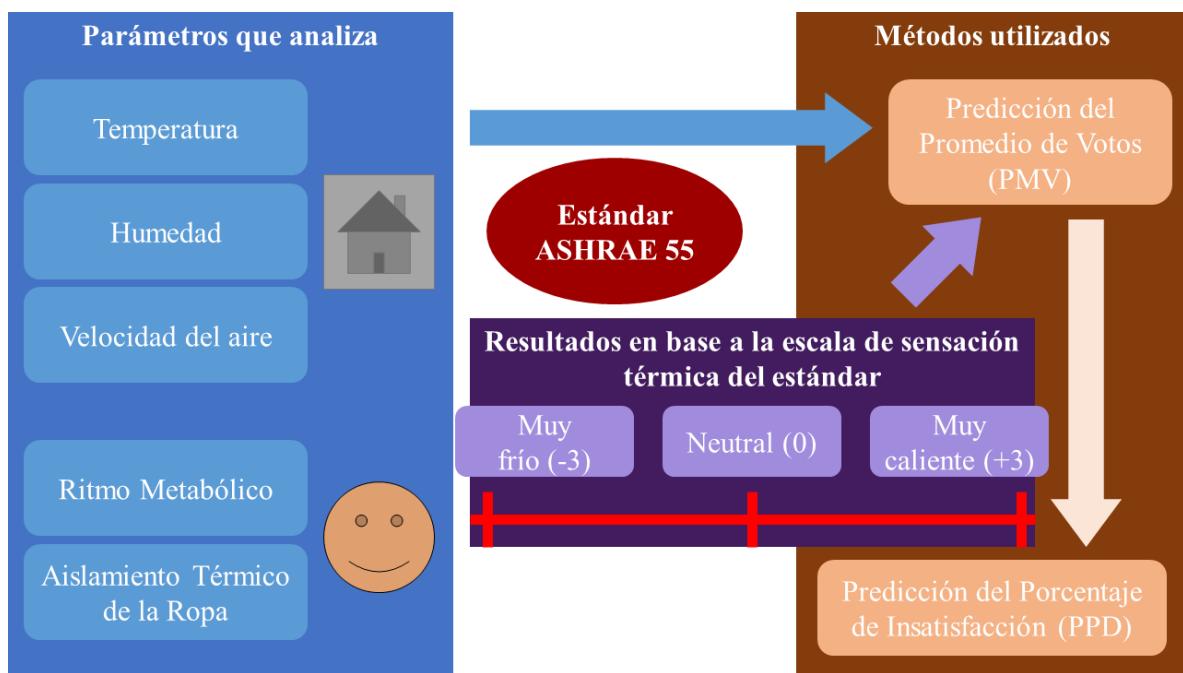


Figura 2.3: Partes del estándar ASHRAE 55.

El estándar ASHRAE 55, es el principal y más popular intento por determinar y representar de forma numérica a la percepción de Confort Térmico de una persona o grupo. Esta norma, adopta a las variables primarias del Confort Térmico, estable una escala de la sensación térmica y reconoce dos métodos para dar un valor a esta condición.

### 2.2.4.1. Elementos principales del estándar ASHRAE 55

Las recomendaciones ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) pertenecen al conjunto de normas que tratan con factores relacionados a la comodidad de las personas, con respecto del entorno que ocupan, como también es el caso de las normas ISO, EN, CEN, entre otras (Albatayneh y cols., 2019; Ramli y cols., 2018). Las normas ASHRAE son las directivas y recomendaciones de comodidad con mayor uso en el continente Americano, mientras

## 2.2. Confort térmico

---

que en el continente Europeo predomina el uso de la normativa ISO (Albatayneh y cols., 2019; Parkinson y cols., 2019).

En relación al Confort Térmico, dentro de la normativa ASHRAE se encuentra el estándar ASHRAE 55. El cual, como se expone en la Tabla 2.1, describe distintos parámetros ambientales y humanos, así como a la combinación de estos, para el desarrollo de entornos térmicamente aceptables (De-Dear y Brager, 2002; Karmann y cols., 2018). En donde, se entiende a un espacio como aceptable si más del 80 % de sus usuarios lo consideran así (De-Dear y Brager, 2002; Karmann y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018), o si no es lo suficientemente malo como para quejarse de él (Kim y cols., 2018).

Tabla 2.1: Categoría de las variables primarias para el análisis del Confort Térmico.

Categoría	Variables
Aspectos ambientales	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Temperatura</li><li>▪ Radiación térmica</li><li>▪ Humedad</li><li>▪ Velocidad del aire</li></ul>
Factores humanos	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aislamiento térmico de la indumentaria o ropa del sujeto</li><li>▪ Actividad del individuo (ritmo o tasa metabólica)</li></ul>

El estándar ASHRAE 55, supone que a través de sus directivas sea posible generar condiciones aplicables para cualquier tipo de edificio, clima y población (De-Dear y Brager, 2002). Así mismo, promueve la aplicación de un cuestionario basado en la escala de sensación térmica expuesta por la Tabla 2.2, que es propuesta por el mismo estándar, ya que esto da la habilidad indagar sobre aspectos específicos de los usuarios,

## 2.2. Confort térmico

---

como es, su sensibilidad térmica, aceptabilidad, preferencias, por mencionar algunos aspectos (Kim y cols., 2018; Tartarini y cols., 2018; Kim y De-Dear, 2018).

Tabla 2.2: Escala de sensación térmica (ASHRAE, 2017).

Valor	Descripción
+3	Muy caliente
+2	Caliente
+1	Ligeramente caliente
0	Neutral
-1	Ligeramente frío
-2	Frío
-3	Muy frío

Este estándar tiene la expectativa de propiciar un bajo consumo de energía, de forma paralela a cualquier regulación de las condiciones ambientales (De-Dear y Brager, 2002; Albatayneh y cols., 2019). Además, permite definir rangos de temperatura que sean operativamente aceptables para un espacio interior. Por ejemplo, algunos rangos de temperatura ambiental aceptable que propone el estándar ASHRAE 55 o, también, algunos trabajos que lo utilizan, dicta intervalos de 20°C a 24°C (Cao y Deng, 2019; Heebøll y cols., 2018), 22°C a 27°C (Roux-Gutiérrez y García-Izaguirre, 2014) y 19°C a 29°C (ASHRAE, 2017).

### 2.2.4.2. Métodos para determinar el Confort Térmico: PMV/PPD

El método Predicción de la Media de Votos (*Predicted Mean Vote* o PMV, por sus siglas en inglés) y Predicción del Porcentaje de Insatisfacción (*Predicted Percent Dissatisfied* o PPD, por sus siglas en inglés) son los únicos procedimientos reconocidos por el estándar ASHRAE 55, y normas como la EN 16798 e ISO 7730, para la evaluación del Confort Térmico en estructuras habitables, como edificios o casas (Soto-Estrada y cols., 2019; Rosillo-Peña y Herrera-Cáceres, 2019; Kim y De-Dear, 2018). Estos métodos fueron descritos con base al índice de valoración media de Fanger, desarrollado en la década de 1970, a través de ensayos de laboratorio y cámaras ambientales (Rosillo-Peña y Herrera-Cáceres, 2019; Kim y cols., 2019).

## 2.2. Confort térmico

---

La función PMV expuesta por la Ecuación 2.1, tiene como resultado una calificación expresada en la escala de sensación térmica ASHRAE de la Tabla 2.2, en donde, un resultado *Neutral* refiere a condiciones aceptables para el o los usuarios (Parkinson y cols., 2019; Ramli y cols., 2018). Este método, intenta predecir la media de los votos que darían los ocupantes del sitio de estudio, tal y como, si al momento de realizar este cálculo, se preguntara a los usuarios *¿Cómo perciben el clima del lugar?* o *¿Cuál es su percepción térmica?* en términos de la escala de sensación térmica ASHRAE 55 (Kim y cols., 2018; ASHRAE, 2017). De esta forma, el método PMV calcula el valor de la sensación térmica general en un determinado espacio de trabajo, sin importar el número de ocupantes que se encuentren presentes en él (Gao y Keshav, 2013; Kim y cols., 2019). No obstante, este mecanismo tiene mayor precisión cuando calcula la percepción térmica de un solo individuo, ya que, en dicho caso se toma en cuenta el valor real de los parámetros que rodean al sujeto y no a una abstracción uniforme de ellos (Kim y cols., 2018; Laftchiev y Nikovski, 2016).

$$PMV = [0.303 * \exp(-0.036 * M) + 0.028] * \\ \{(M - W) - 3.05 * 10^{-3} * [5733 - 6.99 * (M - W) - P_a] - 0.42 * \\ [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} * M * (5867 - P_a) - 0.0014 * M * \\ (34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\} \quad (2.1)$$

Aunado a esto, cabe destacar que las subpartes de la Ecuación 2.1, son las Ecuaciones 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5, presentadas a continuación (Bravo-Morales, 2014; Ramli y cols., 2018).

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 * (M - W) - I_{cl} * \\ \{3.96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\} \quad (2.2)$$

$$h_c = 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25}, \text{ para } 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 * \sqrt{v_{ar}} \\ h_c = 12.1 * \sqrt{v_{ar}}, \text{ para } 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 * \sqrt{v_{ar}} \quad (2.3)$$

$$f_{cl} = 1.00 + 0.290 * I_{cl}, \text{ para } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \\ f_{cl} = 1.05 + 0.645 * I_{cl}, \text{ para } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \quad (2.4)$$

## 2.2. Confort térmico

---

$$\begin{aligned}
 t_o &= f_A * t_a + (1 - f_A) * \bar{t}_r \\
 f_A &= 0.5, \text{ para } v_{ar} < 0.2 \text{ m/s} \\
 f_A &= 0.6, \text{ para } 0.2 \text{ m/s} < v_{ar} < 0.6 \text{ m/s} \\
 f_A &= 0.7, \text{ para } 0.6 \text{ m/s} < v_{ar} < 1.0 \text{ m/s} \\
 &\quad \vdots \\
 t_o &= (t_a + \bar{t}_r)/2, \text{ para } 1.0 \text{ MET} < M < 1.3 \text{ MET}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

En relación a lo cual, cabe agregar que el significado de los elementos que componen a la Ecuación 2.1, son los siguientes (Bravo-Morales, 2014; Soto-Estrada y cols., 2019):

- $M$ : Ritmo Metabólico.
- $W$ : Trabajo mecánico (ver norma ISO 7730).
- $I_{cl}$ : Aislamiento térmico de la ropa.
- $f_{cl}$ : Porción del área corporal con y sin ropa.
- $t_a$ : Temperatura del aire.
- $\bar{t}_r$ : Temperatura media radiante.
- $v_{ar}$ : Velocidad del aire (ver norma ISO 7730).
- $P_a$ : Presión parcial del vapor de agua o Humedad relativa.
- $h_c$ : Coeficiente de transmisión de calor por convención.
- $t_{cl}$ : Temperatura de la superficie de la ropa.

Por otro lado, el resultado de la función PPD expuesta por la Ecuación 2.6, se basa en el índice PMV, por lo que resulta un procedimiento dependiente de dicha Ecuación (Soto-Estrada y cols., 2019; Bravo-Morales, 2014). El método PPD, intenta predecir el porcentaje de personas que podrían sentirse inconformes bajo condiciones térmicas específicas, sin importar el número de personas que se encuentren presentes en el sitio de estudio (Hu y cols., 2014; Albatayneh y cols., 2019; ASHRAE, 2017).

## 2.2. Confort térmico

---

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0.03353 * PMV^4 - 0.2179 * PMV^2) \quad (2.6)$$

Las funciones PMV y PPD, son descritas por un modelo matemático, el cual, representa el comportamiento, balance de calor y la termorregulación de las personas, a través de combinar a las principales variables de estudio del Confort Térmico, que son (Tartarini y cols., 2018; Kim y De-Dear, 2018): la temperatura, humedad, velocidad del aire, ritmo metabólico y aislamiento térmico de la ropa. Además, junto a los procedimientos PMV y PPD aceptados por el estándar ASHRAE 55, se encuentra el método adaptativo presentando en la Ecuación 2.7, que propone un nuevo paradigma de evaluación del Confort Térmico, para casi cualquier tipo de ambiente (Soto-Estrada y cols., 2019; Emmanuel-Abiodun, 2014). Donde, como en la función PMV, el método adaptativo calcula la sensación térmica con base en la escala ASHRAE y solo considera que el ambiente será aceptable, si este es *Neutral* (Rosillo-Peña y Herrera-Cáceres, 2019; Bravo-Morales, 2014; De-Veghi y cols., 2015)

$$\begin{aligned} T_n &= 9.22 + (0.48 * T_{in}) + (0.14 * T_{out}) \\ T_n &= 23.9 + [0.295 * (T_{out} - 22)]/e - [(T_{out} - 22)/24 * \sqrt{2}] * 2 \\ T_n &(\text{Temperatura neutral del aire interior}) \\ T_{in} &(\text{Temperatura promedio interior del aire}) \\ T_{out} &(\text{Temperatura promedio exterior del aire}) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Aunado a esto, cabe destacar que existen muchas variantes del método adaptativo y su aplicación no permite personalizar el ambiente para múltiples ocupantes. Esto, ya que no toma en cuenta a las diferencias o aspectos particulares de cada usuario, asume que ellos pueden alcanzar una percepción aceptable del entorno, a través de medios personales como es su propia vestimenta (Acerbi y cols., 2019; Lopez y cols., 2017). Ante lo que, el estándar ASHRAE 55 explica que bajo el modelo adaptativo, los usuarios suelen tener mayor responsabilidad en su relación de comodidad con el entorno. Por consiguiente, este paradigma no resulta adecuado para tratar con grupos heterogéneos de forma automatizada (Gallego-Maya, 2017; Yau y Chew, 2016).

## 2.3. Conclusiones

---

### 2.3. Conclusiones

El concepto de AmI, comprende un campo multidisciplinario relacionado a distintas áreas, como es el Cómputo Ubicuo, CAC y la HCI. Este tema, apunta al desarrollo y uso de mecanismos con la capacidad de comprender y actuar de manera inteligente sobre el entorno en donde se incrustan. Por lo cual, el objetivo de las aplicaciones de este concepto, consiste en generar ambientes que puedan soportar la estancia y actividades de sus ocupantes. Frente lo cual, los sistemas de AmI, hacen uso de ICT para la recuperación de información contextual, su procesamiento y la ejecución de acciones sobre el entorno que dominan, todo esto, de forma transparente y relativamente autómata.

La AmI permite construir entornos habitables o que aporten un beneficio a los seres humanos. Esto, en sectores como: la salud, con sistemas para el monitorio remoto de los pacientes; la educación, con mecanismos que ayuden a hacer una clase más interactivas; la seguridad, con mecanismos que alerten sobre el acceso de intrusos o que prevengan que las niñas y los niños pequeños puedan sufrir algún accidente; entre otros. Por tanto, se puede decir que los sistemas de AmI se encuentran íntimamente al Confort Humano, y una de sus principales aplicaciones consiste en tratar con el Confort Térmico, en relación a su monitoreo y el control de los factores que influyen sobre esta condición.

El Confort Térmico, es definido como la sensación resultante de la pérdida o ganancia de calor en el cuerpo. Esta condición describe la satisfacción y aceptación que una persona tiene, con respecto al ambiente térmico que lo rodea. Uno de los principales objetivos del estudio de este tema, es mejorar la relación que existe entre las personas y las condiciones térmicas de su entorno. Sin embargo, el Confort Térmico representa a una sensación que puede ser influenciada por diversos factores relacionados al individuo y ambiente que lo rodea. Por consiguiente, determinar este estado implica tratar con un alto grado de variabilidad e incertidumbre.

No obstante, se han hecho diversos esfuerzos por medir la sensación de Confort Térmico y representarla con un valor numérico. En donde, el estándar ASHRAE 55 es la forma principal y más utilizada en el continente Americano, para el estudio de este tema.

## 2.3. Conclusiones

---

El estándar ASHRAE 55 es parte de las normas que buscan generar espacios, cuyas condiciones sean confortables para sus ocupantes, como la EN 15251 e ISO 7730. Esto, específicamente para el caso de este estándar, supone el desarrollo de ambientes con un estado aceptable de Confort Térmico, con base en los siguientes elementos:

- Escala de sensación térmica del estándar ASHRAE 55 (ver Tabla 2.2) de -3 (Muy frío) a +3 (Muy caliente), donde, 0 describe un estado Neutral, bajo el que todos los usuarios de un lugar deberían percibir condiciones térmicas aceptables.
- En el análisis y estudio del Confort Térmico, hacer uso de las variables primarias de esta condición: la temperatura (radiante y del aire), humedad, velocidad del aire, aislamiento térmico de la ropa del usuario y su ritmo metabólico.
- Uso de los métodos PMV y PPD para calcular el índice de Confort Térmico de un determinado espacio de trabajo, cuyo resultado estará descrito por la escala de sensación térmica del estándar ASHRAE 55 (ver Tabla 2.2).

De esta manera, pese a la subjetividad que implica tratar con el Confort Térmico, existe un marco de referencia a partir del cual abordarlo. Esto beneficia al estudio de esta condición y al desarrollo de aplicaciones dirigidas a la generación de ambientes que sean cómodos para sus usuarios. Además, potencia la construcción y, también, la adaptación de entornos capaces de entregar a sus ocupantes un estado aceptable de Confort Térmico, y previene la aparición de efectos adversos por el vago o nulo interés en la generación de condiciones térmicamente satisfactorias para las personas, como son los síntomas negativos descritos por el SBS.

En este sentido, la AmI y los trabajos sobre el Confort Térmico, suponen un gran avance para la definición de los preceptos y el de desarrollo de aplicaciones que automaticen el monitoreo y análisis de esta condición, de acuerdo al estándar ASHRAE 55. Sin embargo, debido al dinamismo y variabilidad del Confort Térmico, su estudio aun presenta varios desafíos, uno de ellos y de especial intereses para este proyecto, implica tratarlo en un contexto ocupado por múltiples usuarios. Esto, ya que, el Confort Térmico suscribe un estado diferente para cada individuo, es así que, conseguir condiciones que satisfagan térmicamente a todas las personas de un lugar, resulta un reto para el estudio de esta condición y las aplicaciones que deban tratar con ella.

# Capítulo 3

## Estado del arte

En este capítulo se revisan una serie de trabajos relacionados al problema y los objetivos adscritos por este proyecto. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 3.1, se describe el proceso utilizado para recopilar y seleccionar literatura relacionada con este trabajo de investigación, lo cual, en la Sección 3.2 se analiza de forma cuantitativa y en la Sección 3.3 de manera cualitativa. En la Sección 3.4, se habla sobre la forma como actualmente se analiza al Confort Térmico, en un contexto ocupado por múltiples usuarios. Finalmente, en la Sección 3.5, se resumen los aspectos más importantes revisados en este capítulo.

### 3.1. Método de investigación

Para conocer el estado actual de la forma de trabajo y la aplicación de la AmI en el Confort Térmico dentro de un entorno ocupado por múltiples usuarios, se realizó un análisis de la literatura. Esto se hizo con base en el método denominado mapeo sistemático de la literatura propuesto por Petersen y cols. (2008).

### 3.1. Método de investigación

---

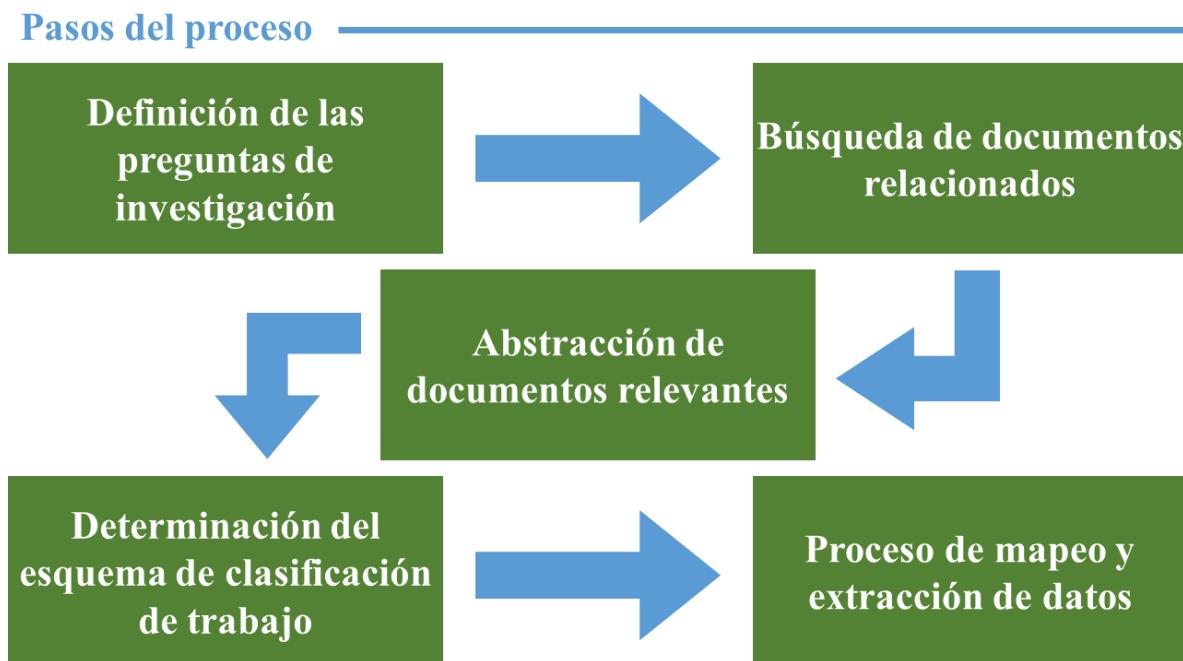


Figura 3.1: Proceso de Mapeo Sistemático, adaptado de Petersen y cols. (2008).

La Figura 3.1) muestra el proceso asociado al método. Sus pasos son (Petersen y cols., 2008): 1) definición de las preguntas de investigación, 2) búsqueda de trabajos relacionados, 3) abstracción de documentos relevantes, 4) determinación del esquema de clasificación de trabajo, y 5) proceso de mapeo y extracción de datos. A continuación se describe como se llevó a cabo este proceso.

#### 3.1.1. Preguntas de búsqueda

El primer paso del *Mapeo Sistemático* tiene por objetivo construir una visión general de la investigación y comprender el tipo de resultados que se espera obtener de este proceso (Petersen y cols., 2008). Así que, de acuerdo a los preceptos suscritos por este trabajo de investigación, se buscó conocer la forma e implicaciones que tiene el estudio y análisis actual del Confort Térmico en un contexto ocupado por múltiples usuarios. Para lo cual, se definieron las siguientes preguntas:

1. P1: ¿Qué dirección sigue un trabajo sobre el Confort Térmico?

### **3.1. Método de investigación**

---

2. P2: ¿Qué variables son consideradas en los estudios de Confort Térmico, para precisar la sensación térmica de los ocupantes del sitio revisado?
3. P3: ¿Qué hardware es utilizado en la literatura, para recuperar información que permita revisar y determinar el estado de Confort Térmico de los usuarios de un espacio de trabajo?
4. P4: ¿Qué métodos pueden ser utilizados para calcular el nivel de Confort Térmico de los ocupantes del lugar revisado?
5. P5: ¿Qué estrategias son utilizadas tomar una decisión consensuada entre múltiples usuarios, respecto a la generación de condiciones específicas de Confort Térmico?
6. P6: ¿Qué herramientas se emplean para procesar la información de Confort Térmico recabada y decidir cómo actuar en el ambiente revisado?
7. P7: ¿Qué aspectos influyen en la toma de decisiones, cuando el nivel de Confort Térmico no es aceptable y, por tanto, resulta necesario actuar sobre el ambiente?

Esto, en dirección a comprender la forma del estudio actual del Confort Térmico, el funcionamiento de las aplicaciones para el monitoreo y control de las condiciones que caracterizan a esta condición, y en qué se diferencia el Confort Térmico Grupal del Confort Térmico Personal.

#### **3.1.2. Búsqueda de documentos relacionados**

El segundo paso del *Mapeo Sistemático* consiste en identificar las palabras clave de la investigación y realizar una búsqueda exhaustiva de la literatura relacionada a ellas (Petersen y cols., 2008). Ante esto, en la Figura 3.2 se presenta una cadena de investigación, diseñada con base en los principales temas abordados por este proyecto (la AmI y el Confort Térmico).

### 3.1. Método de investigación

---

```
("thermal comfort" OR "comfort") AND  
(("ambient intelligence" OR "ami") OR  
 ("internet of things" OR "iot") OR  
 ("smart" AND ("room" OR "office" OR  
 "environment" OR "building" OR  
 "space"))) AND (("personalized" OR  
 "personalize") OR ("customized" OR  
 "customizes" OR "customize"))
```

Figura 3.2: Cadena de búsqueda.

Resulta importante mencionar que, pese a tratar en este trabajo el tema del Confort Térmico para un grupo de personas, la cadena de búsqueda fue diseñada de manera que se consideraran la inclusión de trabajos dirigidos al Confort Térmico de una sola persona, también con el fin de obtener un panorama más amplio y completo de la literatura relacionada a los temas investigados.

Tabla 3.1: Fuentes de investigación.

MDPI Journals	ScienceDirect	IOS Press Ebooks
		
ACM DL	IEEE Xplore	
		

Es así que con la cadena mostrada en la Figura 3.2, se buscaron y revisaron formalmente en las fuentes expuestas por la Tabla 3.1, literatura relacionada con el problema y objetivo de este proyecto.

### 3.1. Método de investigación

---

#### 3.1.3. Criterios de inclusión y exclusión

El tercer paso del *Mapeo Sistemático* establece un marco reflexivo para la aceptación y el rechazo, de los documentos encontrados durante la búsqueda de literatura relacionada a este proyecto (Petersen y cols., 2008; de Sousa e Silva y cols., 2013). Es así que se definieron los siguientes criterios para la selección y discriminación de los trabajados encontrados:

■ **Criterios para incluir la literatura:**

- Artículos de revista, congresos o foros.
- Documentos relacionados con automatizar el análisis de las condiciones de un entorno.
- Investigaciones relacionadas con mejorar las condiciones de habitabilidad de espacios cerrados.
- Estudios dirigidos a la satisfacción térmica de sus usuarios.
- Trabajos publicados en o posteriormente al año 2013, pero no con una fecha de publicación mayor al año 2020.

La justificación de este rango de fechas se da porque en el año 2018, se realizó una búsqueda preliminar de la literatura, en donde se encontró que las investigaciones no mayores a 5 años, tendían a buscar la comodidad de sus usuarios, mientras que estudios mayores a 5 años se enfocaban la Eficiencia Energética de los recursos de confort.

■ **Criterios para excluir la literatura:**

- Documentos que no pertenezcan a una revista, foro o congreso.
- Investigaciones que no mencionen contribuciones o trabajos futuros.
- Estudios que, aunque traten con problemas relacionados al confort, lo hagan en espacios abiertos.
- Trabajos no enfocados en la comodidad de los usuarios.
- Archivos cuyo título no refieran a la AmI y el Confort Térmico.

## 3.2. Análisis cuantitativo

El cuarto paso del *Mapeo Sistemático* lleva a la construcción de un esquema de clasificación sobre la literatura (Petersen y cols., 2008; de Sousa e Silva y cols., 2013). Ante esto, como se muestra en la Figura 3.3, aproximadamente se encontró en la mayoría de fuentes revisadas a más de 100 trabajos. En donde, el sitio *ScienceDirect* arrojó la mayor cantidad de documentos, 7,623 para ser exactos, mientras que en los sitios *ACM DL* y *IEEE Xplore* se encontraron menos de 40 trabajos.

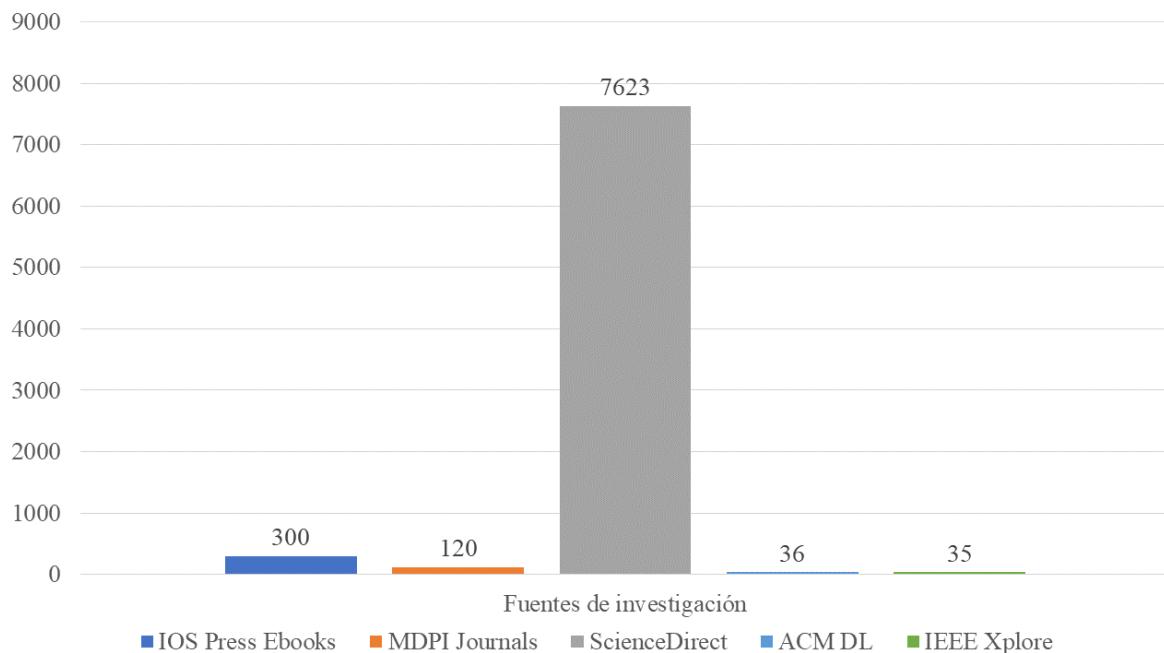


Figura 3.3: Gráfica de documentos encontrados por fuente.

Los trabajos recuperados se revisaron y seleccionaron con base en los criterios de inclusión y exclusión de la literatura, así como también, de acuerdo a las preguntas de búsqueda. Esto, a través de analizar el título, resumen de cada documento y realizar una posterior lectura completa de ellos, para validar su selección. De esta manera, como se muestra en la Tabla 3.2 y la Figura 3.4, el número de elementos literarios aceptados

### 3.2. Análisis cuantitativo

---

resultaron ser pocos, en contraste al número de elementos literarios rechazados. Aunque esto, ya que gran parte de los documentos encontrados se enfocaban en temas diferentes al Confort Térmico o minimizaban el valor de revisar dicho tema.

Tabla 3.2: Número de documentos seleccionados por fuente.

Fuente	Encontrados	Descartados	Seleccionados	Documentos
IOS Press Ebooks	300	298	2	Miraoui (2018); Nkurikiyezeu y Lopez (2018)
MDPI Journals	120	114	6	Gómez-Romero y cols. (2018); Martinez y cols. (2014); Marinakis y Doukas (2018); Nolich y cols. (2019); Salamone y cols. (2018); Spoladore y cols. (2018)
ScienceDirect	7, 623	7, 616	7	Aguilera y cols. (2019); Escandón y cols. (2019); Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Jazizadeh y Jung (2018); Kim y cols. (2018); Liu y cols. (2019); Udayraj y cols. (2018)
ACM DL	36	33	3	Adeleke y Moodley (2015); Gao y Keshav (2013); Merabet y cols. (2018)
IEEE Xplore	35	31	4	Hu y cols. (2014); Laftchiev y Nikovski (2016); Ploennigs y cols. (2016); Shaabana y cols. (2015)
<b>Total</b>	<b>8, 114</b>	<b>8, 092</b>	<b>22</b>	

### 3.2. Análisis cuantitativo

---

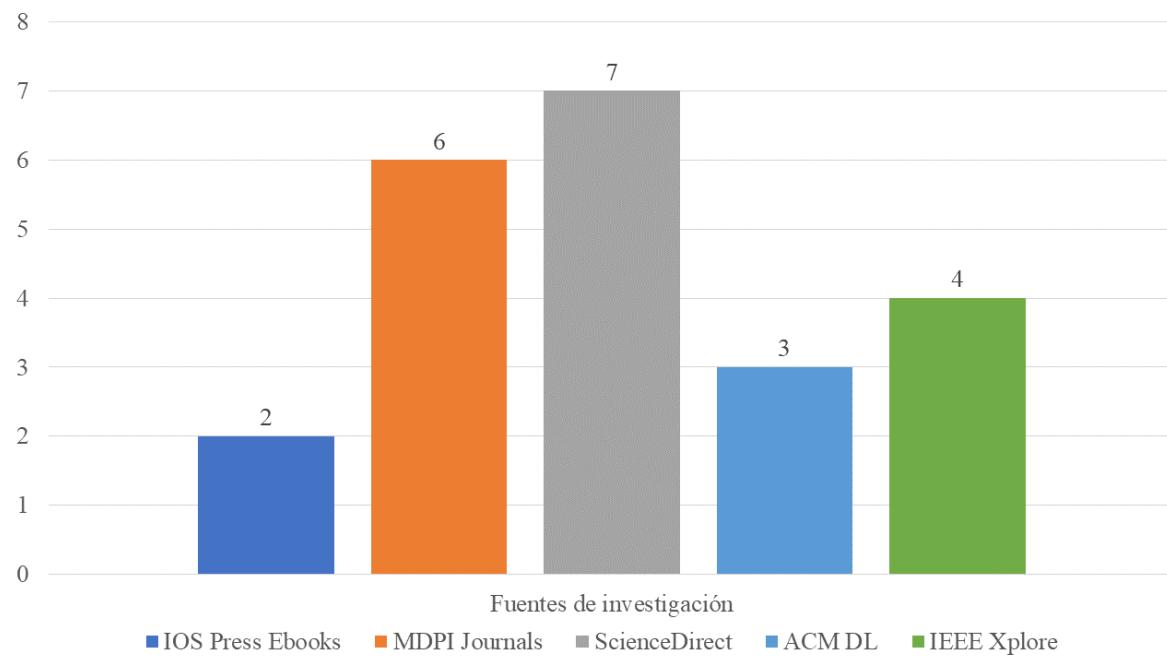


Figura 3.4: Gráfica de elementos literarios seleccionados por fuente.

La cantidad de documentos seleccionados comprende un total de 22 documentos, siendo *ScienceDirect* la fuente de donde se seleccionó a la mayoría de estos, 7 específicamente. Aunque, cabe destacar que entre todos los documentos recuperados y revisados, algunos no explicaban la manera como analizaban al Confort Térmico, mientras que en otros, a pesar de hablar sobre la AmI y el Confort Térmico con enfoque a la comodidad del usuario, daban el mismo peso a temas como la Eficiencia Energética, Desarrollo de Ciudades Sustentables, Edificios Inteligentes, entre otros. No obstante, su contenido resultó importante para este trabajo de investigación, como se expone en los siguientes apartados.

### 3.2. Análisis cuantitativo

---

Tabla 3.3: Título de los documentos seleccionados.

ID	Referencia	Título de la obra
01	Adeleke y Moodley (2015)	Ontología para el monitoreo y control proactivo de la calidad ambiental en interiores
02	Aguilera y cols. (2019)	Adaptación térmica en control de climatización impulsada por el ocupante
03	Escandón y cols. (2019)	Predicción del Confort Térmico en un tipo de edificio: Red Neuronal Artificial generada a partir de modelos calibrados para un stock de viviendas en el sur de Europa
04	Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Asociaciones entre variables sobre la ocupación demográfica, historial térmico y la obesidad con el Confort Térmico en una oficina con ventilación mixta y aire acondicionado
05	Gao y Keshav (2013)	Manejador de una óptima comodidad personal utilizando SPOT+
06	Gómez-Romero y cols. (2018)	Confort como un Servicio: Un nuevo paradigma para el control de la calidad de ambientes residenciales
07	Hu y cols. (2014)	Hacia un Edificio con Determinación Personalizada de la Eficiencia Energética y el Confort Térmico
08	Jazizadeh y Jung (2018)	Inferencia del Confort Térmico, personalizándolo mediante el RGB de imágenes de video para un control distribuido de los HVAC
09	Kim y cols. (2018)	Modelo de Confort Personal - Un nuevo paradigma del Confort Térmico para un control del entorno centrado en el ocupante
10	Laftchiev y Nikovski (2016)	Un Sistema de IoT para una Estimación Personal del Confort Térmico
11	Liu y cols. (2019)	Modelos de Confort Térmico Personal con sensores portátiles
12	Marinakis y Doukas (2018)	Sistema avanzado basado en el IoT para un manejo inteligente de la energía en edificios
13	Martinez y cols. (2014)	Aplicación de Inteligencia Ambiental basada en la mejora de Mediciones Ambientales con un Robot de Asistencia Móvil
14	Merabet y cols. (2018)	Medición del Confort Humano con una Aplicación para Edificios Inteligentes: Arranque Experimental Utilizando una WSN
15	Miraoui (2018)	Oficina inteligente consciente del contexto para un mejor confort y ahorro de energía
16	Nkurikiyeyezu y Lopez (2018)	Hacia un Suministro de Controlado Fisiológicamente y en Tiempo Real del Confort Térmico en Edificios de Oficinas
17	Nolich y cols. (2019)	Una cabina como hogar: Un novedoso framework de optimización del confort para entornos inteligentes equipados con el IoT y aplicaciones en un crucero
18	Ploennigs y cols. (2016)	Modelo semántico para procesos físicos en CPS (Sistemas Físicos Cibernéticos), como ejemplo del Confort Térmico del ocupante
19	Salamone y cols. (2018)	Método Integrado para la Evaluación y Optimización del Confort Térmico Personal a través de la Retroalimentación de los Usuarios, IoT y Machine Learning: Un Caso de Estudio +
20	Shaabana y cols. (2015)	SiCILIA: Sistema de sensor inteligente para inferencia de aislamiento de ropa
21	Spoladore y cols. (2018)	RoomFort: Una aplicación de gestión del confort basada en una ontología para hoteles
22	Udayraj y cols. (2018)	Estudio de mejora del Confort Térmico, utilizando tres estrategias de calefacción personalizadas de bajo consumo a dos temperaturas interiores bajas

El título de los documentos seleccionados es expuesto en la Tabla 3.3, lo cual, funciona como un resumen de la literatura que soporta a esta investigación.

### 3.3. Análisis cualitativo

El quinto paso del *Mapeo Sistemático*, es una evolución de la forma como se clasificó a la literatura, en donde, si es necesario se agregan nuevas categorías basadas en las preguntas de búsqueda, y ayuda a validar que los documentos seleccionados comprendan un extracto relevante de la literatura sobre los temas revisados (Petersen y cols., 2008). De esta manera, las divisiones de la literatura funcionan como entradas para la comparación, debate y comprensión de aspectos importantes sobre los temas revisados (Petersen y cols., 2008; de Sousa e Silva y cols., 2013). Es así como esto hace posible extender el conocimiento sobre los conceptos abordados y descubrir nuevas áreas de oportunidad.

En este sentido, la revisión de la literatura seleccionada se dirige, en esta parte del *Mapeo Sistemático*, a responder a las *Preguntas de búsqueda* definidas en la Subsección 3.1.1, las cuales son: P1: ¿Qué dirección sigue un trabajo sobre el Confort Térmico?, P2: ¿Qué variables son consideradas en los estudios de Confort Térmico, para precisar la sensación térmica de los ocupantes del sitio revisado?, P3: ¿Qué hardware es utilizado en la literatura, para recuperar información que permita revisar y determinar el estado de Confort Térmico de los usuarios de un espacio de trabajo?, P4: ¿Qué métodos pueden ser utilizados para calcular el nivel de Confort Térmico de los ocupantes del lugar revisado?, P5: ¿Qué estrategias son utilizadas tomar una decisión consensuada entre múltiples usuarios, respecto a la generación de condiciones específicas de Confort Térmico?, P6: ¿Qué herramientas se emplean para procesar la información de Confort Térmico recabada y decidir cómo actuar en el ambiente revisado? y P7: ¿Qué aspectos influyen en la toma de decisiones, cuando el nivel de Confort Térmico no es aceptable y, por tanto, resulta necesario actuar sobre el ambiente?. A continuación, se profundiza en los trabajos y elementos de los mismos, relacionados a estos cuestionamientos.

#### 3.3.1. P1: Dirección que siguen los estudios sobre el Confort Térmico

Las direcciones que supone el estudio del Confort Térmico, como se muestra en la Figura 3.5, comprende a los siguientes puntos: 1) conforme a la manera de representar

### 3.3. Análisis cualitativo

---

la percepción térmica; 2) de acuerdo a la forma de realizar el estudio; y 3) en base al enfoque de análisis adoptado.

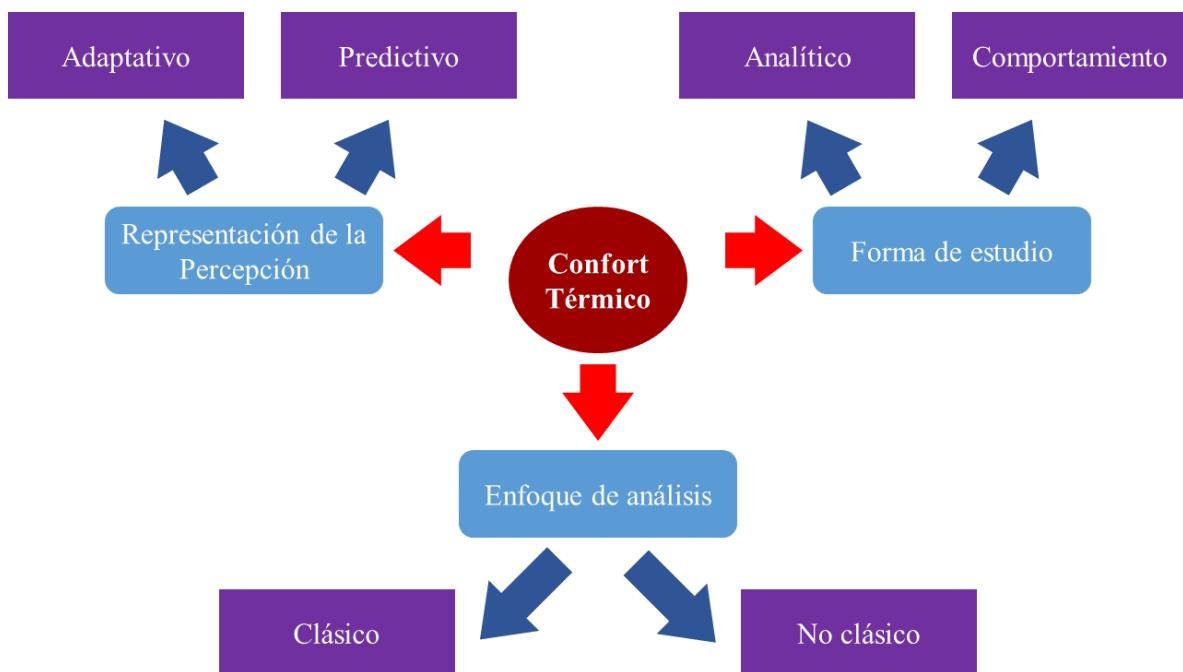


Figura 3.5: Direcciones que tiene el estudio del Confort Térmico.

De esta manera, en primer lugar conforme en la manera de representar la percepción de Confort Térmico que los usuarios tienen respecto del ambiente y los factores que les rodean, se han desarrollado los siguientes modelos (Kim y cols., 2018):

- **Predictivo:** Considera al Confort Térmico como un fenómeno físico natural, cuya sensación se encuentra en función de un intercambio de calor entre el espacio y sus ocupantes. Este modelo tiene como base a la norma ISO 7730 y al estándar ASHRAE 55.
- **Adaptativo:** Considera al Confort Térmico como un fenómeno físico mutable, ante el cual, los usuarios son organismos capaces de adaptarse o adaptarlo en su beneficio. Interpreta al entorno como un espacio de condiciones variables

### 3.3. Análisis cualitativo

---

y considera que la influencia de aspectos ajenos al lugar, pueden alterar la satisfacción térmica de las personas. Lo cual, es representado por el modelo adaptativo del estándar ASHRAE 55 y EN 15251.

En donde, como se observa en la Tabla 3.4 y Figura 3.6, la mayoría de documentos seleccionados, se inclinan a un modelo *Predictivo* para representar y dirigir su investigación sobre el Confort Térmico.

Tabla 3.4: Clasificación de la literatura seleccionada con base en su representación de la percepción del Confort Térmico.

Modelo de representación de la percepción	Trabajos revisados	Total
<b>Predictivo</b>	Adeleke y Moodley (2015); Aguilera y cols. (2019); Escandón y cols. (2019); Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Gao y Keshav (2013); Gómez-Romero y cols. (2018); Hu y cols. (2014); Laftchiev y Nikovski (2016); Liu y cols. (2019); Marinakis y Doukas (2018); Miraoui (2018); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Ploennigs y cols. (2016); Shaabana y cols. (2015)	14
<b>Adaptativo</b>	Jazizadeh y Jung (2018); Kim y cols. (2018); Martinez y cols. (2014); Merabet y cols. (2018); Nolich y cols. (2019); Salamone y cols. (2018); Spoladore y cols. (2018); Udayraj y cols. (2018)	8

### 3.3. Análisis cualitativo

---

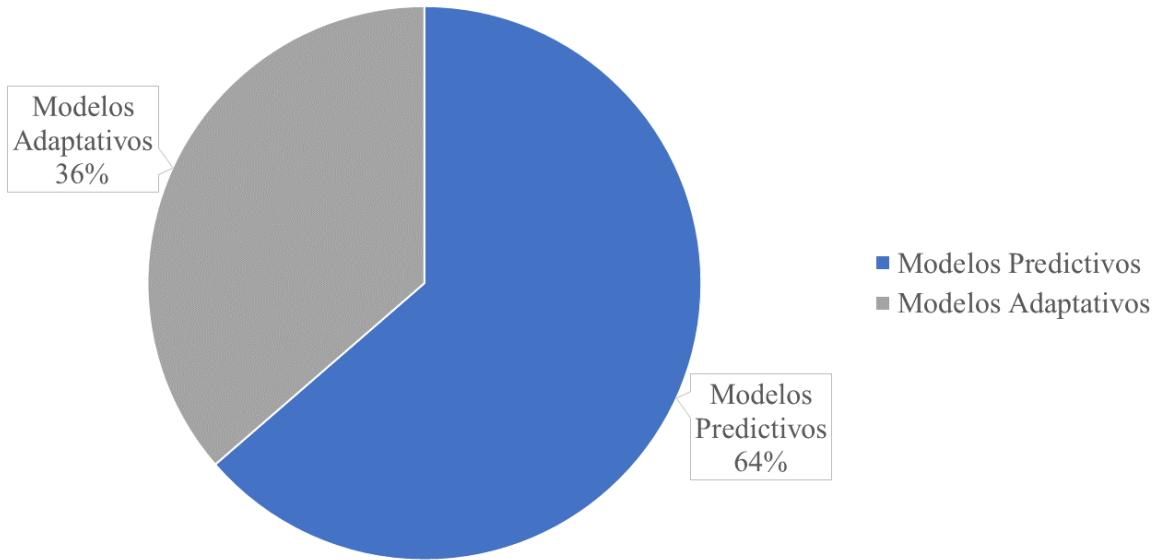


Figura 3.6: Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su representación de la percepción del Confort Térmico.

En segundo lugar, de acuerdo al contexto o sitio donde se revisa al Confort Térmico, el tipo de estudio realizado debe corresponde a uno de los siguientes (Raish, 2018; Spoladore y cols., 2018):

- **Analítico:** Supone un ambiente que controle automáticamente su microclima y pueda monitorear las respuestas que tienen sus ocupantes, respecto de las condiciones que enfrentan. Aquí, se busca generar modelos que ayuden a predecir condiciones óptimas de comodidad, ya sea con base a un análisis previo o en tiempo real. También, deslumbra una clara intención por adaptar un entorno existente a sus usuarios, a través de mecanismos autónomos de confort.
- **Comportamiento:** Propone un ambiente sin mecanismos que automaticen el análisis de las condiciones del lugar, pero cuya construcción sea resultado del estudio de las respuestas y el actuar de las personas bajo determinadas condiciones. Ante lo cual, se busca intervenir en la creación o remodelación de un entorno, para favorecer a sus ocupantes.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

En donde, como se observa en la Tabla 3.5 y Figura 3.7, casi todos los documentos seleccionados realizan un estudio *Analítico* sobre el Confort Térmico. Esto, debido a la naturaleza y objetivo de este proyecto, al buscar una solución tecnológica para el Confort Térmico Grupal y no solo para el diseño, adaptación o remodelación de algún tipo de estructura. Además, cabe destacar que los trabajos clasificados de *Comportamiento*, se eligieron debido a sus aportes sobre cómo mejorar las condiciones térmicas del sitio analizado.

Tabla 3.5: Clasificación de la literatura seleccionada con base en su tipo de estudio del Confort Térmico.

Forma del estudio	Trabajos revisados	Total
<b>Analítico</b>	Adeleke y Moodley (2015); Aguilera y cols. (2019); Gao y Keshav (2013); Gómez-Romero y cols. (2018); Hu y cols. (2014); Jazizadeh y Jung (2018); Laftchiev y Nikovski (2016); Liu y cols. (2019); Marinakis y Doukas (2018); Martinez y cols. (2014); Miraoui (2018); Merabet y cols. (2018); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Nolich y cols. (2019); Ploennigs y cols. (2016); Salamone y cols. (2018); Shaabana y cols. (2015); Spoladore y cols. (2018); Udayraj y cols. (2018)	19
<b>Comportamiento</b>	Escandón y cols. (2019); Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Kim y cols. (2018)	3

### 3.3. Análisis cualitativo

---

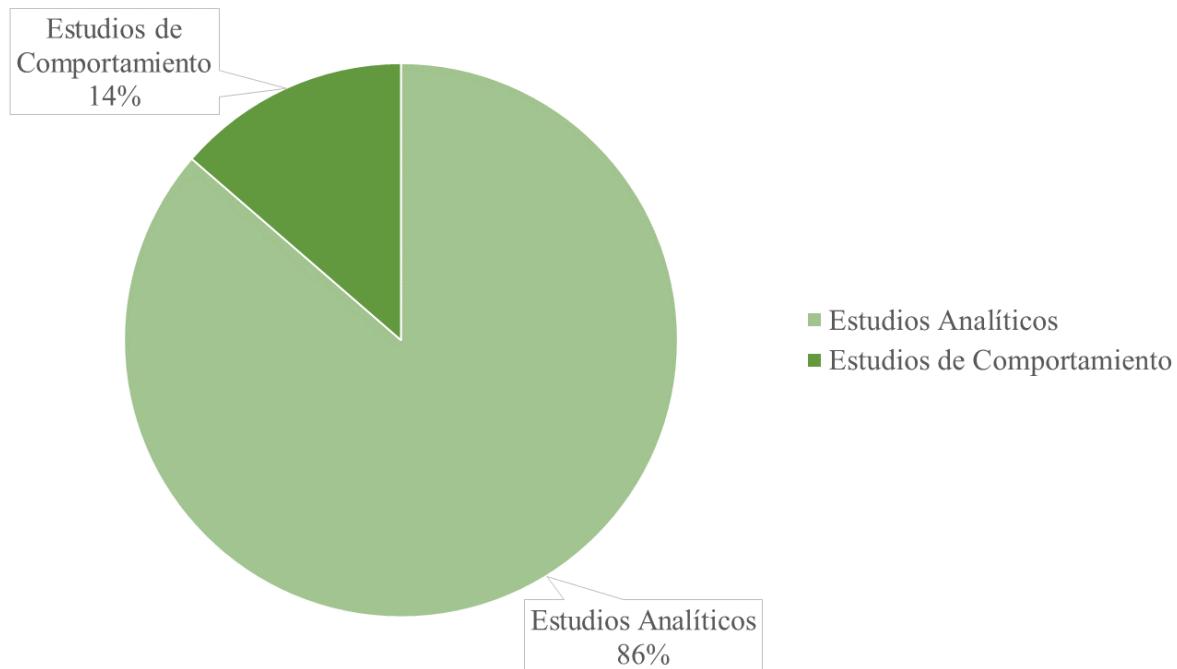


Figura 3.7: Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su tipo de estudio del Confort Térmico.

El tercer punto es un aspecto sujeto a las variables de estudio de esta condición, por lo cual, se decidió abordar más adelante. No obstante, aunado a esto y con respecto a los objetivos de este trabajo, resulta importante destacar que el Confort Térmico es un tema que puede ser revisado en contextos ocupados por un solo individuo o un grupo de ellos. Es así que, al tratar con una sola persona se está realizando un estudio de Confort Personal; mientras que, al tratar con múltiples personas, esto supone llevar a cabo un estudio de Confort Grupal y heredar el desafío de manejar y balancear las diferencias de cada sujeto en el grupo, con el fin de lograr un estado de satisfacción térmica para todos. En donde, como se observa en la Tabla 3.6 y Figura 3.8, pese a existir mayor interés en la literatura, por abordar contextos relacionados al Confort Personal, el estudio del Confort Grupal no es un tema olvidado.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.6: Clasificación de la literatura seleccionada con base en el número de individuos que ocupan el contexto revisado.

Interés de estudio	Trabajos revisados	Total
<b>Confort Personal</b>	Aguilera y cols. (2019); Gao y Keshav (2013); Jazizadeh y Jung (2018); Kim y cols. (2018); Laftchiev y Nikovski (2016); Liu y cols. (2019); Merabet y cols. (2018); Miraoui (2018); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Nolich y cols. (2019); Ploennigs y cols. (2016); Salamone y cols. (2018); Shaabana y cols. (2015); Spoladore y cols. (2018); Udayraj y cols. (2018)	15
<b>Confort Grupal</b>	Adeleke y Moodley (2015); Escandón y cols. (2019); Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Gómez-Romero y cols. (2018); Hu y cols. (2014); Marinakis y Doukas (2018); Martinez y cols. (2014)	7

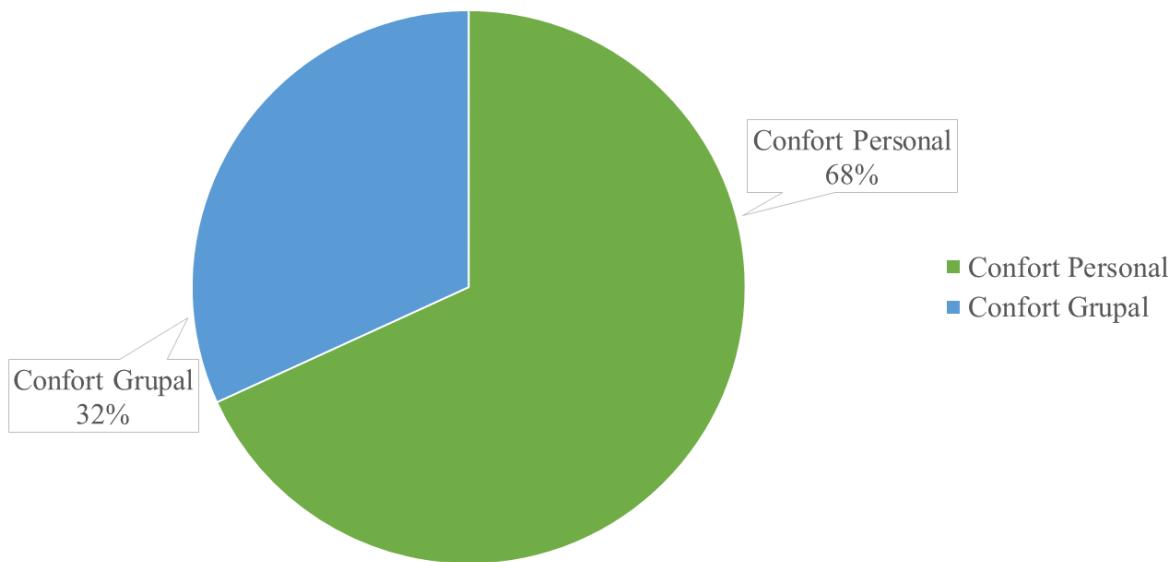


Figura 3.8: Gráfica de la literatura seleccionada conforme al número de individuos que ocupan el contexto revisado.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Sin embargo, el Confort Grupal no es un tema trivial y para reducir el impacto de la variabilidad e incertidumbre que implica, se generaliza la percepción de Confort Térmico en el lugar y oculta la individualidad de los usuarios. Aunque, se encontró en este análisis que las preferencias y gustos del usuario, si son consideradas en estudios relacionados con el Confort Personal.

En este sentido, una posible causa del desinterés por tratar con la variabilidad del Confort Térmico, en estudios relacionados al Confort Grupal, puede ser consecuencia de la complejidad que implica tomar en cuenta las preferencias de los diferentes usuarios que integran a un grupo. No obstante, se ha considerado que aplicar y adaptar los preceptos del Confort Personal al Confort Grupal, podría llevar a mejores resultados en la tarea de generar entornos térmicamente aceptables para múltiples individuos.

#### 3.3.2. P2: Variables estudiadas en el Confort Térmico

El enfoque adoptado por los estudios de Confort Térmico, como se mostró en la Figura 3.5, supone dos maneras de realizar el análisis de esta condición. Esto, basándose en los factores que influyen sobre la percepción térmica del usuario, y son (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Kim y cols., 2018):

- **Clásico:** Medición de diferentes aspectos del ambiente y de los usuarios, conforme a lo definido por los estándares.
- **No clásico:** Análisis abierto a variables que sean adicionales al enfoque *Clásico* y al uso de modelos adaptativos.

Ante lo cual, en la Tabla 3.7 y Figura 3.9, se expone que el número de documentos seleccionados que adoptan un enfoque de análisis *No clásico*, es un poco aparentemente mayor al número de documentos que toman un enfoque de análisis *Clásico*. No obstante, cabe destacar que la literatura que estudia al Confort Térmico generalmente adopta un enfoque de análisis *Clásico*, pero debido a la naturaleza de este análisis, esto no se ve reflejado por la literatura seleccionada.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.7: Clasificación de la literatura seleccionada con base en su enfoque de análisis del Confort Térmico.

Enfoque de estudio	Trabajos revisados	Total
<b>Clásico</b>	Adeleke y Moodley (2015); Gómez-Romero y cols. (2018); Hu y cols. (2014); Marinakis y Doukas (2018); Merabet y cols. (2018); Miraoui (2018); Nolich y cols. (2019); Ploennigs y cols. (2016); Shaabana y cols. (2015); Spoladore y cols. (2018)	10
<b>No clásico</b>	Aguilera y cols. (2019); Escandón y cols. (2019); Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Gao y Keshav (2013); Jazizadeh y Jung (2018); Kim y cols. (2018); Laftchiev y Nikovski (2016); Liu y cols. (2019); Martinez y cols. (2014); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Salamone y cols. (2018); Udayraj y cols. (2018)	12

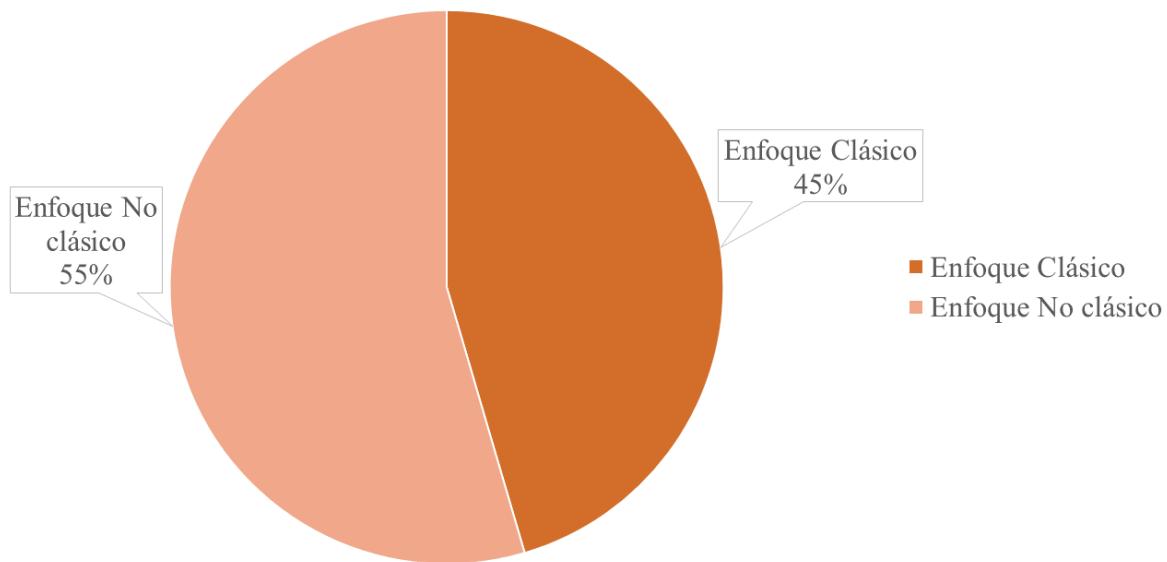


Figura 3.9: Gráfica de la literatura seleccionada conforme a su enfoque de análisis del Confort Térmico.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Es así que, el Confort Térmico resultado un tema comúnmente revisado de acuerdo a los preceptos descritos por los estándares de confort expuestos en la literatura, como el ASHRAE 55 e ISO 7730 (Kim y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018). En donde, como se expone en la Figura 3.10, la forma tradicional de estudiar a esta condición y precisar la sensación térmica de cada usuario, se describe como el resultado de la variación y relación entre las variables primarias que caracterizan a esta condición. Lo cual, es una visión que adopta a factores ambientales y personales definidos por el enfoque de análisis *Clásico*, que son (Kim y cols., 2018; Raish, 2018): la temperatura, humedad, velocidad del aire, aislamiento térmico de la ropa y ritmo metabólico.

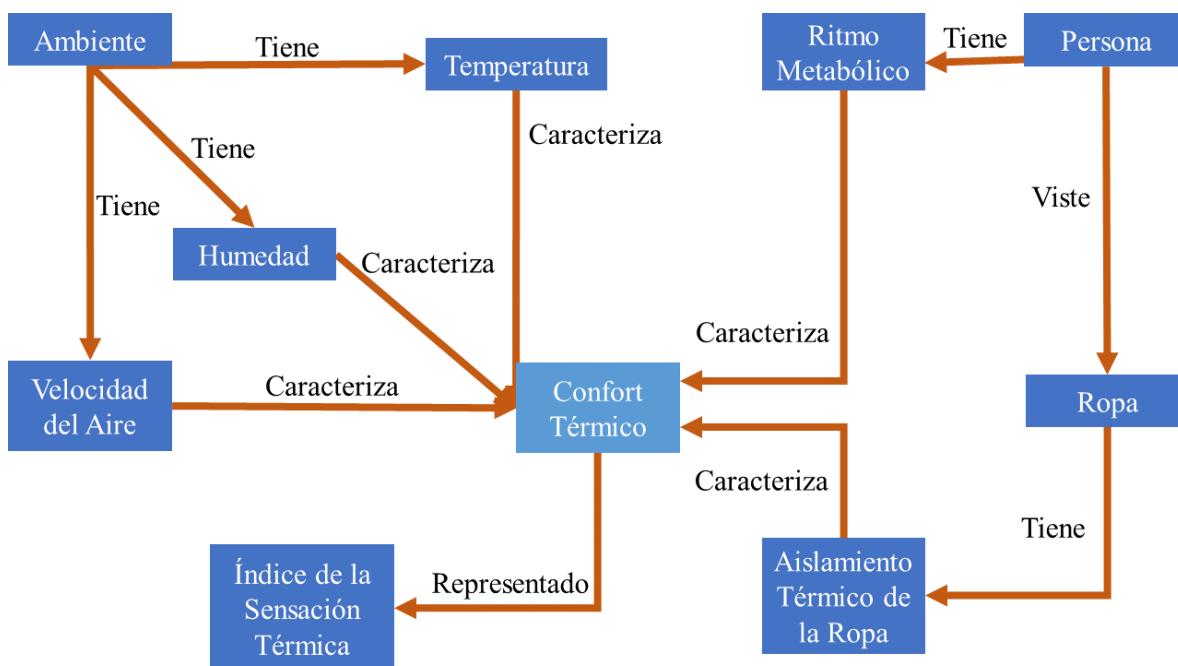


Figura 3.10: Representación tradicional de Confort Térmico Personal.

Aunque, como se observa en la Tabla 3.8, en la literatura no siempre se revisan a todos los parámetros descritos por el enfoque *Clásico*. En algunos casos, se suman variables adicionales al estudio sobre este tema, adoptando o acercándose a un enfoque *No clásico* y a una visión flexible en la forma de tratar al Confort Térmico.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.8: Variables de Confort Térmico analizadas en la literatura.

Parámetro	ID de Documento																				
	Adeleke y Moodley (2015)	Aguilera y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgiaini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Jazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Laftchiev y Nikovski (2016)	Liu y cols. (2019)	Marmakis y Doukas (2018)	Martinez y cols. (2014)	Mierabet y cols. (2018)	Miraoui (2018)	Nkunkiyezu y Lopez (2018)	Nolich y cols. (2019)	Ploennigs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shaabana y cols. (2015)	Spoladore y cols. (2018)
<b>Aspectos físicos</b>																					
Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Humedad	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		
Velocidad del aire		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		
Concentración de gas								X				X		X		X		X	X		
<b>Aspectos fisiológicos</b>																					
Ritmo metabólico		X		X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	X	X	X		
Respuesta Galvánica de la Piel										X											
Exposición a la luz UV										X											
Ritmo cardíaco									X	X	X				X		X				
Temperatura de la piel								X	X	X	X						X		X		
Pulso del Volumen de Sangre														X							
<b>Aspectos de equipamientos</b>																					
Aislamiento de la ropa		X		X	X	X	X		X	X	X		X	X		X	X	X	X		
RGB de la imagen del usuario								X													
<b>Aspectos antropométricos</b>																					
Peso				X						X											
Altura			X							X											
Índice de masa corporal				X						X											
<b>Aspectos demográficos</b>																					
Edad					X					X	X					X					
Sexo					X					X	X					X					
Preferencias		X			X					X	X					X		X			
<b>Aspectos ocupacionales</b>																					
Presencia					X					X				X	X	X		X			
Tasa de usuarios			X	X																	
Tiempos de ocupación						X		X			X										
<b>Aspectos Estructurales</b>																					
Número de ventanas				X																	
Absorción solar			X																		
Conductividad térmica			X																		
Densidad del techo			X																		
Grosor de muros			X																		

Esto denota la importancia y el posible valor que se pueda entregar a un estudio de Confort Térmico que considerar variables adicionales a las definidas en los estándares. Entonces, como se puede observar en la Figura 3.11, esta condición se encuentra relacionada a diversos parámetros. Sin embargo, algunos de estos parámetros no siempre

### 3.3. Análisis cualitativo

son significativos o influyen en la percepción de Confort Térmico de los usuarios. Por ejemplo, la tasa o tiempos de presencia en las personas que ocupan un sitio, son valores que actúan como medios de control para que los mecanismos de confort utilizados puedan consumir la menor cantidad de energía.

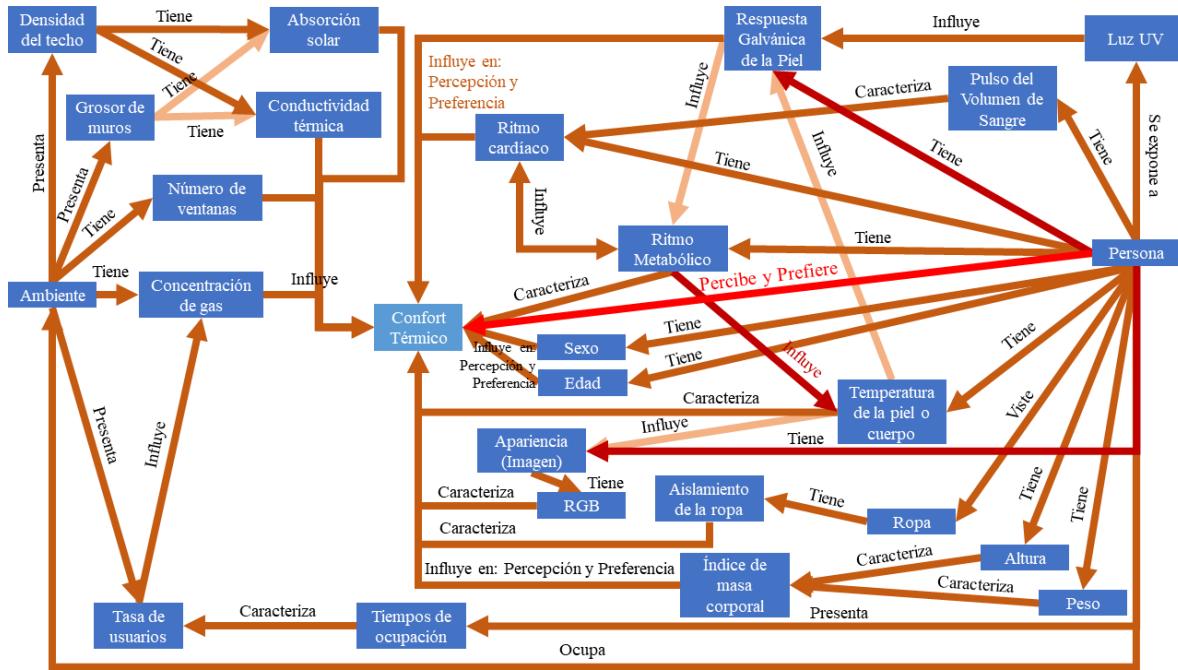


Figura 3.11: Algunos aspectos con capacidad de influir en la percepción térmica de las personas y del lugar.

No obstante, en favor de la inclusión de aspectos adicionales en los estudios sobre el Confort Térmico, algunos autores han expuesto lo siguiente:

- Jazizadeh y Jung (2018), definen a este estado con base la descripción dada por el análisis del RGB de una imagen del rostro de una persona; Udayraj y cols. (2018), consideran a la temperatura del cuerpo o de la piel de la persona, como un parámetro adicional o incluso alternativo a la temperatura del ambiente.
- Laftchiev y Nikovski (2016), consideran que la exposición de las personas a diferentes niveles de intensidad luz UV, puede afectar la respuesta galvánica de su piel, motivando cambios en el gasto de energía de las personas y promoviendo la necesidad de condiciones térmicas determinadas.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

- Nkurikiyeyezu y Lopez (2018), consideran importante conocer el pulso del volumen de sangre de una persona, en favor de conocer su ritmo cardiaco, dado que, esto puede incentivar o ser producto de un cambio en la actividad de la persona y promocionar su intereses hacia un determinado estado térmico.
- Escandón y cols. (2019), creen que es necesario tomar en cuenta las características del sitio revisado, ya que esto puede afectar a los parámetros ambientales que caracterizan al Confort Térmico, como es el caso de las ventanas del lugar, que pueden suscribir cambios en la velocidad del aire, el grosos de los muros y la densidad del techo que suponen diferencias en el nivel de absorción solar y conductividad térmica, lo cual, afecta la capacidad del lugar para atrapar el calor exterior y mantener el calor interior.
- Kim y cols. (2018), distingue lo valioso de conocer el sexo biológico y la edad de las personas, ya que estos aspectos permiten saber parte de la resistencia térmica del individuo y su preferencia a determinadas condiciones.
- Forgiarini-Rupp y cols. (2018), destaca la utilidad de conocer el peso y la altura de las personas, para calcular su Índice de Masa Corporal (*Body Mass Index* o BMI, por sus siglas en inglés) través de la Ecuación 3.1 que divide al *Peso* entre la *Altura* y cuyo resultado es interpretado con base en lo establecido por la Tabla 3.9, que presenta una clasificación dada por la WHO sobre los niveles de BMI, lo que finalmente, ayuda comprender la capacidad de retención de calor y el equilibrio térmico de una persona.

$$bmi = PESO \text{ kg}/ALTURA \text{ m}^2 \quad (3.1)$$

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.9: Clasificación de la WHO, respecto al Índice de Masa Corporal (BMI) en adultos.

Clasificación	BMI ( $kg/m^2$ )
Peso insuficiente	< 18.5
Peso adecuado	18.5 a 24.9
Sobrepeso grado I	25.0 a 26.9
Sobrepeso grado II (Preobesidad)	27.0 a 29.9
Obesidad clase I	30.0 a 34.9
Obesidad clase II	35.0 a 39.9
Obesidad clase III (mórbida)	40.0 a 49.9
Obesidad clase IV (extrema)	$\geq 50.0$

En donde, trabajos como los de Hu y cols. (2014) y Marinakis y Doukas (2018), destacan la importancia de conocer en qué momento y que usuarios estarán presentes en el sitio de estudio, debido a que, existencia de contextos con acceso a este conocimiento. De esta forma, información sobre que usuarios que estarán presentes en el lugar, podría ayudar a generar esquemas de Confort Térmico que se anticipe a sus ocupantes.

#### 3.3.3. P3: Hardware para la obtención de datos de las variables

El Confort Térmico es una condición que puede verse influenciada por diversos factores, cuyas fuentes de datos regularmente son heterogéneas (De-Vecchi y cols., 2015; Sharif y Alesheikh, 2018). En estudios sobre este tema, como se observa en la Tabla 3.10, es común hacer uso de sensores ambientales y vestibles, para recuperar información del entorno y sus usuarios (Nweke y cols., 2019; Tartarini y cols., 2018). Sin embargo, este tipo de dispositivos pueden llegar a ser inviables para determinados proyectos o contextos, como es el caso de los sensores vestibles, los cuales, pueden resultar invasivos e incómodos para las personas. Por lo que, no fue extraño encontrar que la mayoría de trabajos seleccionados, se limiten al uso de sensores ambientales y delegan el análisis del usuario a otras herramientas, como lo son, las encuestas o entrevistas.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.10: Hardware para recuperar datos sobre el Confort Térmico.

Hardware	ID de Documento																				
	Adelkay y Moodley (2015)	Aguilera y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgiaini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Jazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Lafchiev y Nikovski (2016)	Liu y cols. (2019)	Marinakis y Doukas (2018)	Martínez y cols. (2014)	Merabet y cols. (2018)	Miraoui (2018)	Nkurikiyezu y Lopez (2018)	Nolich y cols. (2019)	Ploemigs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shabana y cols. (2015)	Spoladore y cols. (2018)
Placas																					
Raspberry Pi	X							X			X										
Arduino	X			X					X		X										
Modulo Wi-Fi												X									
Sensores ambientales																					
HS – 2000V																					
SHT 15																					
SHT 21 / HTU 21																					
SHT 21 I 2C												X									
DHT 11										X											
DHT 22												X									
LM 35																					
K – 30												X									
Windsonic												X									
UTM – 30LX												X									
PIR Parallax								X													
PIR Libelium												X									
Infrarrojo			X																		
Libelium LDR												X									
Libelium Temperatura												X									
Libelium fuerza y presión														X							
De velocidad del aire									X												
Dispositivos vestibles																					
Microsoft Band								X													
Pulsera Empatica E4												X			X						
iButton DS1923										X											
Polar H7 strap										X											
POSH Mobile										X											
SíCILIA																X					
Emuladores																					
Motor Energy Plus			X																		
IESVE 2018						X															
Sun SPOT																					
Otros componentes																					
Spot +					X																
Kinect				X								X									
ppbRAE 3000												X									
Acelerómetro											X										
Omega iSD – TC										X											
Nest Learning Termostato										X											
Cámara de video RGB						X															
Panel de Calefacción Radiante																		X			
Prenda Calentada Eléctricamente (EHC)																			X		
No especificado		X	X		X		X	X	X	X	X					X	X		X		

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Aunque, como se muestra en la Tabla 3.10, muchos de los trabajos revisados no describieron a todos los elementos de hardware que utilizaron. Por lo que, es posible decir que la literatura resta importancia a los dispositivos implementados en el estudio del Confort Térmico y entrega mayor valor a los datos que puedan adquirirse. De esta forma, cabe destacar que en trabajos de *Comportamiento* (que no apuntan al desarrollo o implementación de aplicaciones de Confort Térmico), por lo general se hace uso de simuladores para reforzar la revisión de condiciones térmicas específicas.

Por otra parte, resulta importante agregar que, algunos de los parámetros estudiados por el Confort Térmico, pueden ser deducidos con base en la literatura, como es el caso del ritmo metabólico y nivel de aislamiento térmico de la ropa (ASHRAE, 2017; C. K. C. Lam, 2017; Peng y cols., 2019). La literatura ha presentado estimaciones generalizables de estas variables, como se expone en las Tablas 3.11 y 3.12, lo que facilita determinar el ritmo metabólico y nivel de aislamiento térmico de la ropa de cada persona.

Tabla 3.11: Estimaciones sobre el ritmo metabólico de un individuo, en sus actividades básicas (C. K. C. Lam, 2017).

Actividad	Estimación del ritmo metabólico ( $W/m^2$ )	Equivalencia Metabólica de la Tarea (MET)
Acostada	46	0.8
Sentado	58	1.0
De pie	70	1.2
Caminando (2km/h)	110	1.9
Caminando (5km/h)	200	3.4
Corriendo (15 km/h)	550	9.5

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.12: Estimaciones sobre valores de aislamiento térmico para la ropa de un individuo, estando seco (C. K. C. Lam, 2017).

Descripción de la prenda	Aislamiento térmico Clo ( $I_{clu}$ )
Ropa interior (Masculina - calzoncillo)	0.04
Ropa interior (Femenina - sujetador y bragas)	0.04
Pantalones cortos	0.06
Falda corta	0.15
Jeans/Pantalones largos/Falda larga	0.25
Jersey/Sweater	0.28
Chaqueta/Saco	0.25
Zapatos	0.04
Calcetines	0.02
Chaleco	0.20
Camiseta de tirantes	0.12
Camisa (manga larga)	0.25
Camisa (manga corta)	0.15
Sandalias/Tangas	0.02

La utilidad de estas estimaciones, recae principalmente en la expectativa de encontrar un comportamiento similar por parte de los usuarios del sitio revisado (ASHRAE, 2017; C. K. C. Lam, 2017). Por ejemplo (De-Vecchi y cols., 2015): en un aula de clases, se espera que los alumnos se mantengan sentados y con poco movimiento; o, si el clima es caluroso, se espera que las personas porten vestimenta para verano y no para invierno.

#### 3.3.4. P4: Métodos utilizados para medir el Confort Térmico

El Confort Térmico es un tema abordado con base a una serie de variables primarias (Kim y cols., 2018; Raish, 2018): la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, ritmo metabólico y aislamiento de la ropa. Es así que, para determinar el índice o nivel de Confort Térmico, se han desarrollado funciones que hacen uso de estas variables, por ejemplo, el método PMV, PPD y Voto de Preferencias Térmica (*Thermal Preference Vote* o TPV, por sus siglas en inglés). No obstante, como se observa en la Tabla 3.13, estas funciones no son los únicos métodos que existen para calcular el nivel Confort Térmico.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.13: Métodos para determinar el índice Confort Térmico.

Método	ID de Documento																				
	Adeleine y Moodley (2015)	Aguilera y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Jazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Lafchiev y Nikovski (2016)	Liu y cols. (2019)	Marinakis y Doukas (2018)	Martínez y cols. (2014)	Merabet y cols. (2018)	Mitraoui (2018)	Nkurikiyezu y Lopez (2018)	Nolich y cols. (2019)	Ploennigs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shaabana y cols. (2015)	Spoladore y cols. (2018)
Predicción de la Media de Votos (PMV)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Predicción del Porcentaje de Insatisfacción (PPD)			x	x	x		x		x				x			x					
Temperatura Optima de Confort (Tco)		x																			
Voto de Sensación Termica (TSV)																x			x		
Votos de Aceptabilidad Térmica (TAV)																		x			
Votos de Confort Térmico (TCV)																			x		
Voto de Preferencias Térmicas (TPV)	x																				
Reglas IF – THEN										x			x		x			x			
Algoritmo propio	x						x														

En la literatura revisada sobre el Confort Térmico, se encontraron funciones como el Tco y TSV. Aunque, entre estos métodos, el proceso PMV resultó ser el más aceptado y preciso para determinar el índice de Confort Térmico percibido por los usuarios, con respecto del entorno que ocupan.

### 3.3.5. P5: Estrategias para decidir como actuar sobre la generación del Confort Térmico

El Confort Térmico es un tema que adopta los atributos y métodos establecidos en estándares y se espera que esto funcione para un contexto de Confort Personal como para uno de Confort Grupal. Donde, como se observa en la Figura 3.12 y 3.13, el nivel de Confort Térmico es determinado de la siguiente forma:

- Tradicionalmente, como muestra en la Figura 3.12, se genera una representación uniforme de los usuarios, con base en el valor promedio de los parámetros personales de cada uno, y después se calcula la sensación térmica del grupo, de acuerdo a las características del ambiente y el usuario generado.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

- Alternativamente, como muestra en la Figura 3.13, se calcula la sensación térmica de cada usuario y posteriormente, se promedia este resultado para definir la sensación térmica del grupo.

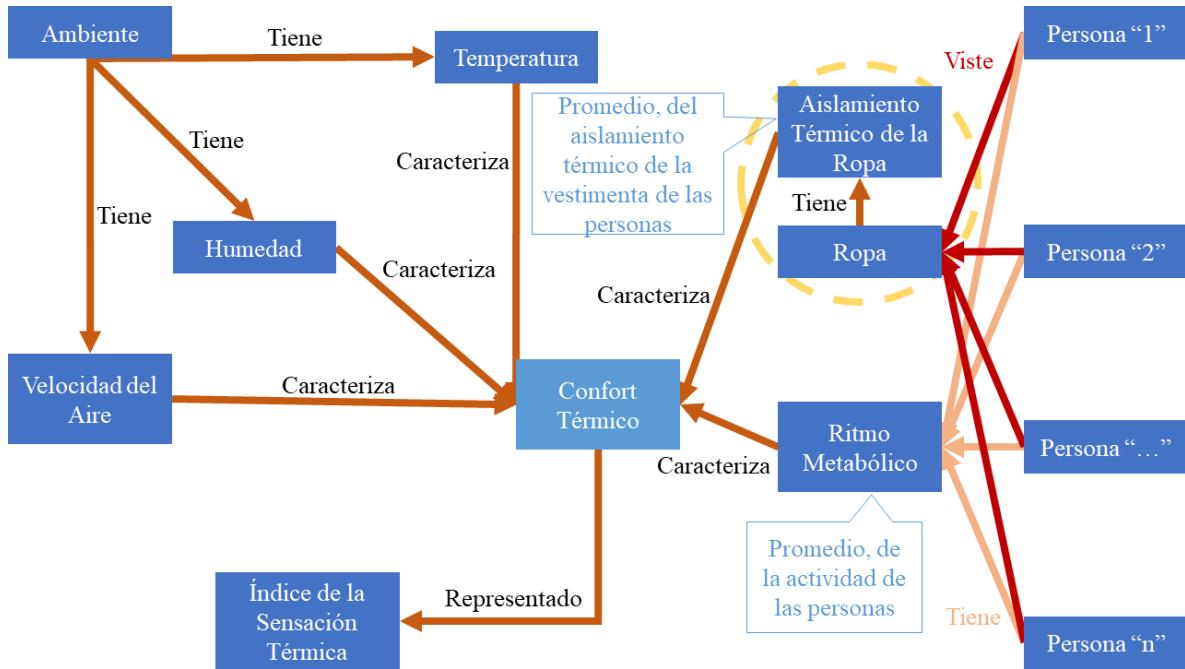


Figura 3.12: Primera forma del modelo de Confort Térmico Grupal (estrategia tradicional).

### 3.3. Análisis cualitativo

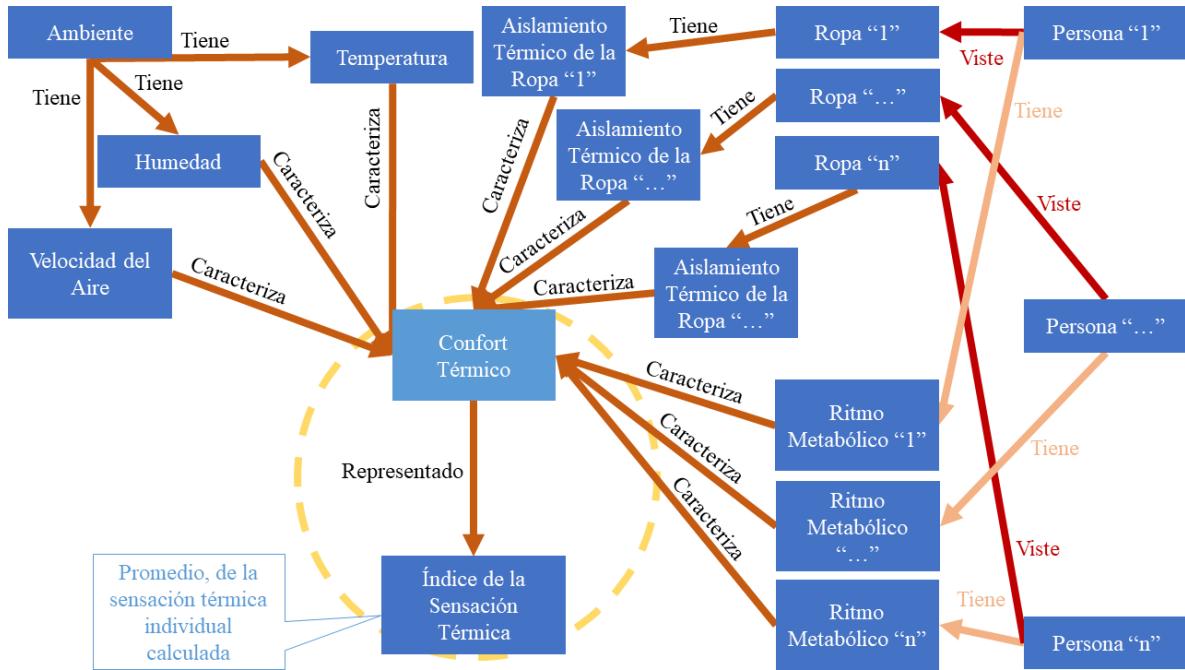


Figura 3.13: Segunda forma del modelo de Confort Térmico Grupal (estrategia alternativa tradicional).

En relación a esto, dentro de la literatura se suscribe a las estrategias expuestas en la Tabla 3.14, esto, para tratar con los datos de Confort Térmico utilizados. Por ejemplo, el cálculo del nivel de Confort Térmico bajo un método tradicional, puede basarse en una abstracción de los datos acumulados en un cierto periodo de tiempo o, también, conforme al flujo de datos en bruto.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.14: Condiciones importante para medir el Confort Térmico.

Condiciones	ID de Documento																					
	Adeleke y Moodley (2015)	Aguilera y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgianini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Iazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Lafchikov y Nikouški (2016)	Liu y cols. (2019)	Marinakis y Doukas (2018)	Martinez y cols. (2014)	Merabet y cols. (2018)	Miraoui (2018)	Nkurikiyeyzu y Lopez (2018)	Noitch y cols. (2019)	Ploerngs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shaabana y cols. (2015)	Spoiadore y cols. (2018)	Udayra y cols. (2018)
Por cada flujo de datos	X	X			X	X	X	X								X	X					
Por el promedio del flujo de datos								X	X	X					X			X	X		X	X
Por la coincidencia de datos con un modelo de confort válido			X							X					X							
Por el análisis de cuestionarios aplicados a usuarios				X																		

Es así que, como se observa en la Tabla 3.15, para precisar el Confort Térmico de un ambiente, el análisis de esta condición se apoya en diferentes preceptos y variables no estandarizadas. Sin embargo, estos aspectos no suelen tener mucho peso al definir si la sensación térmica del lugar analizado, es o no aceptable. Esta valoración, siempre es delegada a la interpretación tradicional del índice de Confort Térmico.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

Tabla 3.15: Aspectos de apoyo al determinar el Confort Térmico.

Aspectos	ID de Documento																				
	Adeleine y Moodley (2015)	Aguilar y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Jazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Lafftchev y Nikovski (2016)	Liu y cols. (2019)	Marinakis y Doukas (2018)	Martínez y cols. (2014)	Merabet y cols. (2018)	Miraoui (2018)	Nkurikiyevu y Lopez (2018)	Nolich y cols. (2019)	Ploennigs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shaabanay cols. (2015)	Spoladore y cols. (2018)
Por la sensación térmica calculada	X		X	X		X	X	X			X				X		X	X	X	X	
Por el promedio de la sensación térmica calculada		X			X			X	X					X							
Conforme a preferencias de los usuarios, relacionadas a la temperatura		X									X	X									
Conforme a preferencias de los usuarios, relacionadas al espacio que ocupan															X						
De acuerdo a la concentración de gas en el ambiente												X			X		X	X	X	X	
Debido a diferencias observadas en cuanto al índice de masa corporal				X				X													
Debido a diferencias observadas en cuanto a la edad				X				X	X							X					
Debido a diferencias observadas en cuanto al sexo				X				X	X							X					
Con base en diferencias observadas en el ritmo cardiaco											X				X						
Con base en diferencias observadas en la temperatura de la piel											X	X						X		X	
Con base en el tipo de estructura habitada (revisada)			X																		

No obstante, aunque diferencias encontradas en aspectos no estándares, no influyeron y no fueron incluidos en las soluciones propuestas por algunos de los trabajos revisados, si fueron considerados al determinar mejoras sobre el sitio de estudio y para favorecer a sus ocupantes. Por ejemplo, algunos de estos factores fueron la edad, el sexo y BMI de los usuarios.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

#### 3.3.6. P6: Herramientas de apoyo en la toma de decisiones

El Confort Térmico es un tema suscrito a un contexto dinámico y cuyas condiciones pueden ser alteradas por diversos factores (Kim y De-Dear, 2018; Peng y cols., 2019). Los aspectos que pueden influir en esta condición, son representados por variables heterogéneas, por ejemplo, parámetros demográficos, físicos, fisiológicos, entre otros (Kim y De-Dear, 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018).

Ante esto, la AmI propone el desarrollo de entornos inteligentes Centrados en sus Usuarios (E. y cols., 2010). Donde, como se observa en la Tabla 3.16, se implementa y combina a una variedad de herramientas para el manejo y tratamiento de los datos contextuales revisados en estudios sobre el Confort Térmico.

Tabla 3.16: Herramientas para la información contextual sobre el Confort Térmico.

Herramienta	ID de Documento																				
	Adeleke y Moodley (2015)	Aguilar y cols. (2019)	Escandón y cols. (2019)	Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Gao y Keshav (2013)	Gómez-Romero y cols. (2018)	Hu y cols. (2014)	Jazizadeh y Jung (2018)	Kim y cols. (2018)	Lafchlev y Nikovski (2016)	Liu y cols. (2019)	Marinakis y Doukas (2018)	Martinez y cols. (2014)	Merabet y cols. (2018)	Mirauli (2018)	Nkurikiyeza y Lopez (2018)	Noilich y cols. (2019)	Ploemigs y cols. (2016)	Salamone y cols. (2018)	Shaabanay y cols. (2015)	Spoladore y cols. (2018)
Modelos y métodos computacionales																					
Ontologías y Redes Semánticas	x											x					x	x		x	
Minería de Datos					x	x															
Machine Learning		x		x	x		x	x				x	x		x	x	x	x			
Redes Neuronales Artificiales			x														x				
Formas de implementación																					
Con dirección a la Predicción			x		x	x	x		x	x		x		x		x		x			
Con dirección al Aprendizaje				x	x		x	x	x							x		x			
Para la Toma de Decisiones	x	x			x	x					x					x	x		x		
Análisis estadístico		x	x				x			x		x		x				x	x		
No mencionado												x			x						

En este sentido, la Tabla 3.16 evidencia la popularidad de utilizar las técnicas de *Machine Learning* para tratar con información contextual heterogénea. Sin embargo, cabe destacar que algunos de los trabajos revisados, no describen a sus herramientas

### 3.3. Análisis cualitativo

---

utilizadas o la forma en cómo se aplicaron, además, en algunos casos solo realizaron un análisis estadístico de los datos. Por lo cual, no se podría asegurar que una herramienta tiene mayor potencial que otra.

No obstante, en la literatura es destacado el uso de las *Ontologías* frente a contextos con un alto grado de incertidumbre y variabilidad, al ser una herramienta adecuada para el manejo de datos heterogéneos (Marinakis y Doukas, 2018; Shao y cols., 2017). Lo cual, podría resultar de gran utilidad frente a estudios que traten con múltiples personas, como lo son trabajos dirigidos al Confort Grupal.

#### 3.3.7. P7: Notas importantes sobre la toma de decisiones

La literatura relacionada al Confort Térmico muestra distintas maneras para evaluar a esta condición. La mayoría de estas formas se sujetan en la escala de sensación térmica ASHRAE, comprendida por siete niveles que van de -3 (Muy frío) a +3 (Muy caliente) y describe la percepción térmica que un usuario tiene, en relación a las condiciones del ambiente en donde se encuentra.

En algunos trabajos se observó que las decisiones tomadas por las soluciones que propusieron y las conclusiones a las que llegó su estudio, para mejorar o adecuar las condiciones del ambiente en favor de sus ocupantes, se apoyaban en aspectos adicionales no estandarizados. Por ejemplo, de acuerdo a diferencias encontradas en la edad, el sexo, el BMI, la concentración de gas en el ambiente, entre otros.

En este sentido, es destacable la importancia mostrada por diversos trabajos, en cuanto a la inclusión y el análisis de parámetros adicionales no tradicionales. Ante lo cual, se encontró que la determinación del estado de Confort Térmico y la toma de decisiones para mejorar el entorno, se vio principalmente influenciada por lo siguiente:

- Conforme a la escala de sensación térmica ASHRAE, en donde, un índice de Confort Térmico con valor de cero, describe una percepción de condiciones neutrales y aluden, a un estado térmico aceptable para los usuarios (ASHRAE, 2017); en relación a lo cual, si el valor es diferente de cero, entonces se puede decir que las condiciones no favorecen a los usuarios, ya que, un valor negativo indicaría que los usuarios tienen frío, mientras que un valor positivo, indicaría que los usuarios tienen calor.

### 3.3. Análisis cualitativo

---

- De acuerdo a diferencias encontradas en la edad de los diferentes usuarios, quienes participaron en las pruebas descritas por los trabajos revisados (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Kim y cols., 2018); en donde, se observó que personas mayores a los 50 años, pese a ser menos resistentes que menores de 50 años, gustaban de condiciones relativamente frías y tendían a sentir incomodidad en condiciones relativamente cálidas.
- De acuerdo a diferencias encontradas con respecto al sexo de los diferentes usuarios, quienes participaron en las pruebas realizadas por los trabajos revisados (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Laftchiev y Nikovski, 2016); en donde, se observó que los hombres suelen preferir condiciones frías, mientras que, las mujeres tienden a preferir condiciones cálidas.
- De acuerdo a diferencias encontradas con respecto al BMI de los diferentes usuarios, quienes participaron en las pruebas descritas por los trabajos revisados (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Kim y cols., 2018); ahí, se observó que las personas con sobre peso, tienden a preferir condiciones frías, personas con un peso adecuado suelen preferir condiciones relativamente cálidas y personas con bajo peso gustan de condiciones neutrales.
- De acuerdo a la concentración de gas que existe en el ambiente, se encontró que los lugares con mil o más ppm de partículas de polvo o gas, suscriben condiciones inaceptables para las personas (Nolich y cols., 2019; Spoladore y cols., 2018).
- Conforme al tipo de estructura o los sistemas de confort disponibles (Escandón y cols., 2019; Miraoui, 2018); ya que, se observó que algunas personas se predisponen al uso de mecanismos de enfriamiento si estos se encuentran presentes en el lugar que ocupan, y también que, esta predisposición existe ante determinados espacios, como casas u oficinas.
- Conforme a las preferencias que un usuarios tiene respecto del clima (Marinakis y Doukas, 2018); ya que, las preferencias de las personas en ocasiones son diferentes a las que un sistema puede predecir, así que resulta necesario realizar ajustes por cada individuo.
- Conforme a diferencias detectadas respecto a la temperatura de la piel de los diferentes usuarios, quienes participaron en las pruebas realizadas por los trabajos

### 3.4. Discusión

---

revisados (Nkurikiyeyezu y Lopez, 2018); ya que, la temperatura desprendida por las personas, puede indicar una pérdida o aumento de calor significativo, y aludir a un sensación de frío o calor que resulte en incomodidad.

- Conforme a diferencias detectadas con respecto del ritmo cardíaco de los diferentes usuarios, quienes participaron en las pruebas descritas por los trabajos revisados (Salamone y cols., 2018); ya que, las personas pueden encontrarse realizando o haber realizado actividades capaces de agotarlos y hacerlos necesitar de condiciones térmicas específicas, diferentes a condiciones neutrales.

No obstante, cabe destacar que la mayoría de trabajos revisados, solo se basan en el Confort Térmico calculado, comprendido por la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles. Esto, especialmente frente a contextos ocupados por múltiples usuarios, para no extender la complejidad de tratar con las diferencias de un grupo.

## 3.4. Discusión

El Confort Térmico es un importante tema para el desarrollo y adaptación de ambientes que puedan ser ocupados por seres humanos, la entrega de una buena IEQ y áreas como la Arquitectura e Ingeniería (Mohamed-Rawi, 2013; Lu y cols., 2017). A través su investigación es posible descubrir aspectos que ayuden a mejorar: el diseño del entorno; la sensación térmica del ambiente (De-Vecchi y cols., 2015; Kim y De-Dear, 2018; Tartarini y cols., 2018); y promocionar de un óptimo rendimiento, productividad y salud física entre los usuarios del lugar (Lu y cols., 2017).

Ante esto y en dirección a entender la forma actual de trabajo, desarrollo e implementación de soluciones de Confort Térmico, se realizó un *Mapeo Sistemático* de la literatura. El resultado de este proceso, como se observa en la Tabla 3.17, permitió recoger una serie de documentos que pueden ser clasificados bajo tres fines: 1) Entregar una solución para un determinado caso; 2) Presentar un Framework para el desarrollo de este tipo de sistemas; y 3) Aportar al estudio del Confort Térmico y la AmI. La mayoría de estos estudios presentó una solución de confort que evaluó frente a un determinado caso de estudio.

### 3.4. Discusión

---

Tabla 3.17: Intención y contribución de la literatura seleccionada.

Intención	Estudios	Total
<b>Proponer una solución o sistema</b>	Adeleke y Moodley (2015); Gao y Keshav (2013); Hu y cols. (2014); Laftchiev y Nikovski (2016); Martinez y cols. (2014); Miraoui (2018); Nolich y cols. (2019); Salamone y cols. (2018); Shaabana y cols. (2015); Spoladore y cols. (2018)	10
<b>Presentar un framework o modelo</b>	Aguilera y cols. (2019); Escandón y cols. (2019); Jazizadeh y Jung (2018); Liu y cols. (2019); Marinakis y Doukas (2018); Merabet y cols. (2018); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Nolich y cols. (2019); Salamone y cols. (2018)	9
<b>Exponer un enfoque o métricas</b>	Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Gómez-Romero y cols. (2018); Jazizadeh y Jung (2018); Kim y cols. (2018); Ploennigs y cols. (2016); Udayraj y cols. (2018)	6

Por otra parte, como se observa en la Tabla 3.18, el contexto abordado por la mayoría de documentos seleccionados, corresponde al de una Oficina y Edificio. Lo que demuestra menor intereses por el estudio del Confort Térmico en cabinas, laboratorios, habitaciones, entre otros lugares. Aunque, cabe destacar que algunos de los documentos revisados, no especificaron el tipo de contexto al que dirigieron su propuesta y donde realizaron sus pruebas.

### 3.4. Discusión

---

Tabla 3.18: Contexto de aplicación revisado por la literatura seleccionada.

Contexto de estudio	Trabajos revisados	Total
<b>Habitaciones</b>	Spoladore y cols. (2018)	1
<b>Cabinas</b>	Nolich y cols. (2019)	1
<b>Oficinas</b>	Forgiarini-Rupp y cols. (2018); Gao y Keshav (2013); Kim y cols. (2018); Laftchiev y Nikovski (2016); Miraoui (2018); Salamone y cols. (2018)	6
<b>Edificios</b>	Aguilera y cols. (2019); Escandón y cols. (2019); Hu y cols. (2014); Marinakis y Doukas (2018); Martinez y cols. (2014); Nkurikiyeyezu y Lopez (2018); Ploennigs y cols. (2016)	7
<b>Casas</b>	Adeleke y Moodley (2015); Gómez-Romero y cols. (2018)	2
<b>Laboratorios</b>	Merabet y cols. (2018)	1
<b>Sin lugar específico</b>	Jazizadeh y Jung (2018); Liu y cols. (2019); Shaabana y cols. (2015); Udayraj y cols. (2018)	4

La variabilidad e incertidumbre del Confort Térmico, supone un problema para su estudio y el desarrollo de sistemas que automatizan su análisis, especialmente frente a espacios ocupados por múltiples usuarios. La satisfacción térmica de cada uno de los individuos que pertenezcan a un mismo grupo, puede resultar diferente e incluso, aparentemente incompatible (Karmann y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018). No obstante, como se observa en la Tabla 3.19, diversos estudios se han preocupado por trabajar con un grupo de usuarios y precisar su nivel de Confort Térmico.

### 3.4. Discusión

---

Tabla 3.19: Trabajos relacionados con el Confort Térmico Grupal.

Autor	Contexto de aplicación	Enfoque de análisis	Modelo de representación de la percepción	Métodos
Adeleke y Moodley (2015)	Casa	Clásico	Predictivo	Método propio (Índice PM)
Escandón y cols. (2019)	Edificio	No Clásico	Predictivo	PMV, PPD y Tco
Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Oficina	No clásico	Predictivo	PMV y PPD
Gómez-Romero y cols. (2018)	Casa	Clásico	Predictivo	PMV
Hu y cols. (2014)	Edificio	Clásico	Predictivo	PMV y PPD
Marinakis y Doukas (2018)	Edificio	Clásico	Predictivo	Reglas IF - THEN
Martinez y cols. (2014)	Edificio	No clásico	Adaptativo	PMV

Ante esto, se observó que la mayoría de trabajos hicieron uso del método PMV, adoptaron un enfoque de análisis *Clásico* y se basaron en un modelo *Predictivo*, para calcular un valor de Confort Térmico. Esto, de la siguiente forma:

- Adeleke y Moodley (2015), presenta un método y sistema que toma el flujo de los datos de Confort Térmico, calcula el índice de la sensación térmica y luego lo correlaciona con el índice de la Calidad del Aire Interior, para definir el nivel de Calidad del Ambiente Interior.
- Escandón y cols. (2019), desarrollo un mecanismo basado en una Red Neuronal Artificial (*Artificial Neural Network* o ANN, por sus siglas en inglés), el cual, toma un conjunto de los valores sensados durante un periodo de tiempo corto y a través de su sistema, determina si los datos recabados corresponde a óptimas condiciones de Confort Térmico.

### 3.4. Discusión

---

- Forgiarini-Rupp y cols. (2018), describe la aplicación de cuestionarios y el análisis de los resultados obtenidos, para con base en la media de los datos recabados y revisados, y los métodos PMV y PPD, determinar la sensación térmica de los usuarios.
- Gómez-Romero y cols. (2018), permite que durante un periodo de tiempo corto, se acumulen un conjunto de valores referentes a los parámetros analizados, se promedie el valor de los datos obtenidos y, finalmente, se calcule el índice de Confort Térmico del lugar a través del método PMV.
- Hu y cols. (2014), presenta una aplicación que, la cual, por cada conjunto de datos recogidos del flujo de datos sensados en un corto periodo, hace uso de los métodos PMV y PPD para calcular el índice de Confort Térmico y, finalmente, emitir un juicio basado en el valor precisado.
- Marinakis y Doukas (2018), propone definir un rango de valores referentes a las variables analizadas de Confort Térmico, con base en las preferencias de los ocupantes del lugar, de manera que: si los parámetros ambientales describen valores dentro del rango definido por los usuarios, entonces se dirá que el ambiente es térmicamente aceptable.
- Martinez y cols. (2014), presenta un sistema, el cual, por cada conjunto de datos recogidos del flujo de datos sensados en un corto periodo, calcule el índice de Confort Térmico a través del método PMV y emita un juicio basado en el resultado obtenido.

En adición a esto, como se observa en la Tabla 3.20, algunos trabajos dirigidos al Confort Térmico Grupal, hacen un esfuerzo por revisar aspectos diferentes o adicionales a los tradicionales. Extendiendo la teoría sobre este tema y demostrando la viabilidad de adoptar un enfoque flexible para tratar con esta condición, en contextos ocupados por múltiples usuarios.

### 3.4. Discusión

---

Tabla 3.20: Descripción de trabajos de Confort Térmico Grupal.

Autores	Métodos	Preferencias o necesidades individuales	Consenso (tomado luego de percibir al entorno)	Predicción de condiciones	Aspectos Antropométricos	Aspectos Demográficos	Aspectos Fisiológicos Adicionales	Variables primarias
Adeleke y Mood-ley (2015)	PM	-	-	-	-	-	-	- X (Temperatura y Humedad)
Escandón y cols.(2019)	RNA (PMV, PPD, Tco)	-	-	X	-	-	-	X
Forgiarini-Ruppy cols. (2018)	PMV y PPD	-	-	-	X	X	-	X
Gómez-Romeroy cols. (2018)	PMV	-	-	X	-	-	-	X
Hu y cols. (2014)	PMV y PPD	-	-	X	-	-	-	X
Marinakis y Doukas (2018)	Comparación (Reglas IF-THEN)	-	X	X	-	-	-	-
Martinez y cols.(2014)	PMV	-	-	X	-	-	-	X + “Niveles de gas”

Desafortunadamente, la mayoría de estos trabajos no consideran aspectos adicionales entre los usuarios y restan importancia a la individualidad cada sujeto en el grupo de ocupantes. Lo cual, puede deberse a lo complejo que resultar equilibrar las características de cada individuo en un grupo. No obstante, se encontró en trabajos no relacionados al Confort Térmico, con preocupación por balancear las diferencias de los distintos miembros de un grupo. Por ejemplo, en estudios relacionados a la publicidad, el mercado, entre otras áreas o contextos que impliquen la toma de decisiones en grupo, se pueden encontrar varias de estrategias dirigidas a tratar con la heterogeneidad de grupos, frente a diversos ámbitos (Masthoff, 2005, 2015).

En este sentido, se consideró que tácticas de áreas sin una relación obvia al Confort Térmico, pueden ser utilizadas para tratar con la variabilidad de un grupo. De esta forma, se podría beneficiar a los ocupantes del lugar, ya que, de acuerdo con el escenario de trabajo, una estrategia podría resultar más efectiva que otra. Aportando al estudio y desarrollo de aplicaciones que traten con el Confort Térmico, una forma de trabajar con grupos de usuarios y generar entornos térmicamente aceptables para ellos.

### 3.5. Conclusiones

---

Por lo tanto, para tratar la heterogeneidad del Confort Térmico Grupal, se consideró pertinente retomar estrategias utilizadas por los Sistemas de Recomendación para Grupos. Esto, ya que la teoría y aplicación de estas estrategias, ha demostrado potencial para balancear diferentes tipos de variables y entregar a un grupo de usuarios, resultados capaces de satisfacerlos frente a diversos temas o contextos (Masthoff, 2015). Por ejemplo, para la recomendación de material educativo, que beneficie al crecimiento de un grupo de alumnos (Yin y cols., 2019); para elegir sitios turísticos que en verdad agraden o interesen a un grupo de personas (Garcia y cols., 2011); para elegir una película que sea del gusto de una familia o un grupo de amigos (Masthoff, 2005); entre otras situaciones.

## 3.5. Conclusiones

En este trabajo de investigación se llevo a cabo un *Mapeo Sistemático* de la literatura relaciona al Confort Térmico y la AmI. Esto, con el objetivo de entender el estado actual de la forma de abordar dichos temas, en un contexto de que involucrara a un solo individuo, como también a múltiples usuarios.

Los trabajos encontrados en este proceso validaron la importancia de la AmI para sectores como: la salud, la educación, entre otros. En donde, con base a este tema es dirigido el estudio y generación entornos sensibles, proactivos, responsivos y capaces de soportar a sus ocupantes, aprovechando el potencial de: sensores individuales o en red, para adquirir datos contextuales (Fuentes y Aguado, 2016; Gomes y cols., 2019); actuadores, para favorecer a la estancia, experiencia, comodidad y quehacer de los usuarios (Marinakis y Doukas, 2018; Pancardo-García, 2016); y Servicios Inteligentes o Sistemas Conscientes del Contexto, para tomar decisiones efectivas sobre el control y ajuste de equipos de confort, como mecanismos de HVAC (Gómez-Romero y cols., 2018). Todo esto, con la finalidad de incentivar el bienestar, salud, productividad, rendimiento y comodidad de las personas, dentro de su espacio de trabajo; y ayudar a mitigar los efectos adversos del SBS. De esta manera, la AmI orienta la construcción de espacios que favorezcan la ocupación humana, otorgando a estos espacios la capacidad de generar y mantener un nivel aceptable de Confort Térmico.

Los documentos seleccionados en este proceso, hicieron posible observar el interés de la literatura por entregar a las personas condiciones aceptables de Confort Térmico

### 3.5. Conclusiones

---

en el espacio de trabajo que ocupan. Esto demostró que la revisión del Confort Térmico no es un asunto trivial, por el contrario, su estudio presenta varios desafíos, uno de ellos es tratar con un contexto ocupado por múltiples usuarios y lograr en él, un estado aceptable de Confort Grupal. Lo cual, era debido a la variabilidad y diferencias respecto de la percepción térmica de una persona a otra; y a ser el Confort Térmico una condición que puede ser alterada por diversos factores.

En las Subsecciones que responden a las preguntas definidas en la Subsección 3.1.1, se encontró con respecto a *P1*, que el estudio del Confort Térmico tiende a utilizar un modelo *Predictivo* y a tratar el tema de forma *Analítica*; *P2*, evidencia que la mayoría de trabajos utilizan en su estudio a las variables primarias del Confort Térmico; *P3*, expone que aunque no todos los trabajos describen el hardware que utilizan, la mayoría hacen uso de mecanismos para el sensado de parámetros ambientales y pocos hacen uso de dispositivos vestibles; *P4*, descubre que en los trabajos revisados, se suele determinar el Confort Térmico con base en los métodos PMV y PPD; *P5*, muestra que la mayoría de trabajos calculan el Confort Térmico de las personas, en primer lugar, a partir de los datos recibidos en un instante de tiempo y, en segundo lugar, con el promedio de los datos acumulados durante un breve periodo de tiempo; *P6*, aunque observa la popularidad de utilizar a mecanismo de *Machine Learning*, los trabajos destacaron lo interesante que sería hacer uso de Ontologías; y en *P7*, se observó que aspectos demográficos y antropométricos, son factores que ayudan a justificar que una persona tenga mayor o menor resistencia al frío y el calor.

Por otro lado, cabe señalar que en una búsqueda paralela de información, se encontraron los trabajos de Mohamed-Rawi (2013) y Ramli y cols. (2018), los cuales no fueron considerados entre los documentos abstraídos del *Mapeo Sistemático*, pero si resultaron relevantes para el trabajo. Esto, ya que distinguían a los modelos y métodos tradicionalmente utilizados en estudios sobre el Confort Térmico, como medios efectivos para tratar con espacios de trabajo ocupados por múltiples usuarios. Además, como en el caso de la mayoría de documentos obtenidos y seleccionados del *Mapeo Sistemático*, los estudios de Mohamed-Rawi (2013) y Ramli y cols. (2018) también hacen uso del método PMV, adoptan un enfoque de análisis *Clásico* y se basan en un modelo *Predictivo*, para calcular un valor de Confort Térmico, de la siguiente forma:

- Mohamed-Rawi (2013), presenta un mecanismo que durante un periodo de tiempo corto, acumula un conjunto de valores referente a los parámetros revisados;

### 3.5. Conclusiones

---

después, con base en un algoritmo de lógica difusa ajustar el valor de estas variables; y entonces, calcula el índice de Confort Térmico que junto al resultado de un análisis del Confort del Aire Interior, Confort Acústico y Confort Visual, define si las condiciones de Confort Humano en el lugar son óptimas.

- Ramli y cols. (2018), presenta un sistema de monitoreo, el cual, por cada conjunto de datos recogidos del flujo de datos sensados en un corto periodo, hace uso del método PMV para determinar el índice de Confort Térmico y, posteriormente, emitir un juicio basado en el resultado obtenido.

Aquí, Mohamed-Rawi (2013) específicamente revisó el poder de la lógica difusa para tratar con el Confort Térmico, en el contexto de una casa; mientras que Ramli y cols. (2018), revisó la capacidad de un ambiente de IoT para evaluar las condiciones de Confort Térmico de un salón de clases. Lo que, agrego relevancia a estos trabajos, ya que ambientes como las aulas de clases han sido señaladas por diversos autores, como un entorno cuya revisión debería ser priorizada, ya que, usualmente estos lugares evocan factores con la capacidad de comprometer el rendimiento y la salud de los alumnos Cook y cols. (2009); De-Vecchi y cols. (2015).

En este sentido, es aprehensible como el estudio e implementación de la AmI para el Confort Térmico continúan siendo investigado. A lo que se puede agregar que, la AmI es un tema que no ha alcanzado un nivel de madurez final. Es así que conocer la forma de trabajo y aplicación actual de la AmI para el Confort Térmico, especialmente en un entorno ocupado por múltiples usuarios, resulta importante para encontrar áreas de oportunidad, proponer soluciones distintas a las modernas, y detectar que es lo que si ha y no ha funcionado cuando se trabaja con el Confort Térmico frente a un contexto ocupado por un grupo.

# Capítulo 4

## Diseño de la solución

En este capítulo se describe la solución propuesta por este trabajo de investigación para el Confort Térmico Grupal. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 4.1 se habla sobre cómo se ha modelado el Confort Térmico grupal y sus características. En la Sección 4.2 se expone una arquitectura funcional para sistemas capaces de proporcionar un servicio de apoyo a la toma de decisiones sobre el Confort Térmico. Finalmente, en la Sección 4.3 se habla sobre las implicaciones de la estructura presentada para conseguir un estado de Confort Grupal.

### 4.1. Modelo de Confort Térmico

#### 4.1.1. Panorama general

Como se mencionó anteriormente, lograr el Confort Térmico de grupos de personas ha sido de interés por años, tanto que el estándar ASHRAE 55 propone una solución al respecto. Dicha solución consiste en tratar al grupo como un solo usuario, resultado de una abstracción uniforme de las personas que componen al grupo y, partir de esto, establecer las bases para calcular el Confort Térmico del grupo. El problema de esta perspectiva es que oculta características las individuales de las personas, así como sus preferencias respecto al Confort Térmico (Kim y cols., 2018; Spoladore y cols., 2018). Esto es relevante, ya que las diferencias que pueden existir en un grupo de usuarios son

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

capaces de influir y comprometer la satisfacción térmica de las personas (De-Vecchi y cols., 2015; Kim y cols., 2018; Peng y cols., 2019).

En este trabajo, se adopta un modelo diferente, en el que la satisfacción térmica de un grupo se logra mediante consenso, considerando el Confort Térmico de cada uno de los miembros del grupo. Dicho Confort Personal queda determinado por las características y las preferencias térmicas de cada persona. La Figura 4.1 esquematiza esta propuesta.

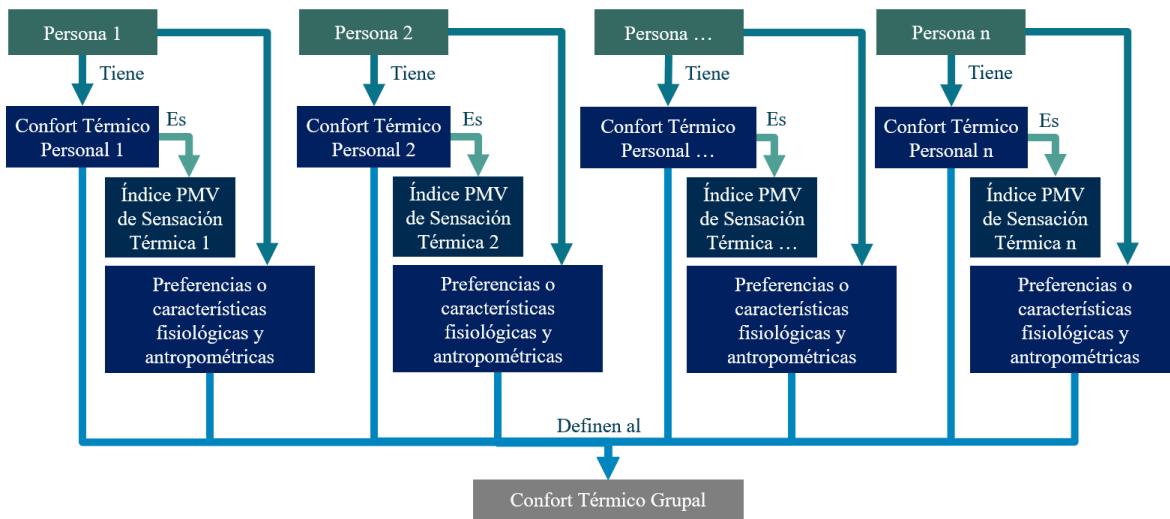


Figura 4.1: Modelo de Confort Térmico Grupal.

En continuación a lo anterior, los siguientes explican particularmente los modelos de Confort Térmico Personal y Grupal adoptados en este trabajo.

##### 4.1.2. Confort Térmico Personal

Como resultado de analizar las variables revisadas por otros trabajos sobre el Confort Térmico, se expone en la Figura 4.2 los parámetros adoptados en este proyecto para tratar al Confort Térmico Personal. Es así que se construyó una representación de Confort Térmico que integra a las variables primarias de este tema y a factores adicionales propuestos en la literatura.

A partir de esta representación se tomó y modificó a dos modelos de Confort Térmico Personal. El primer modelo es una extensión del modelo Tradicional de Confort

## 4.1. Modelo de Confort Térmico

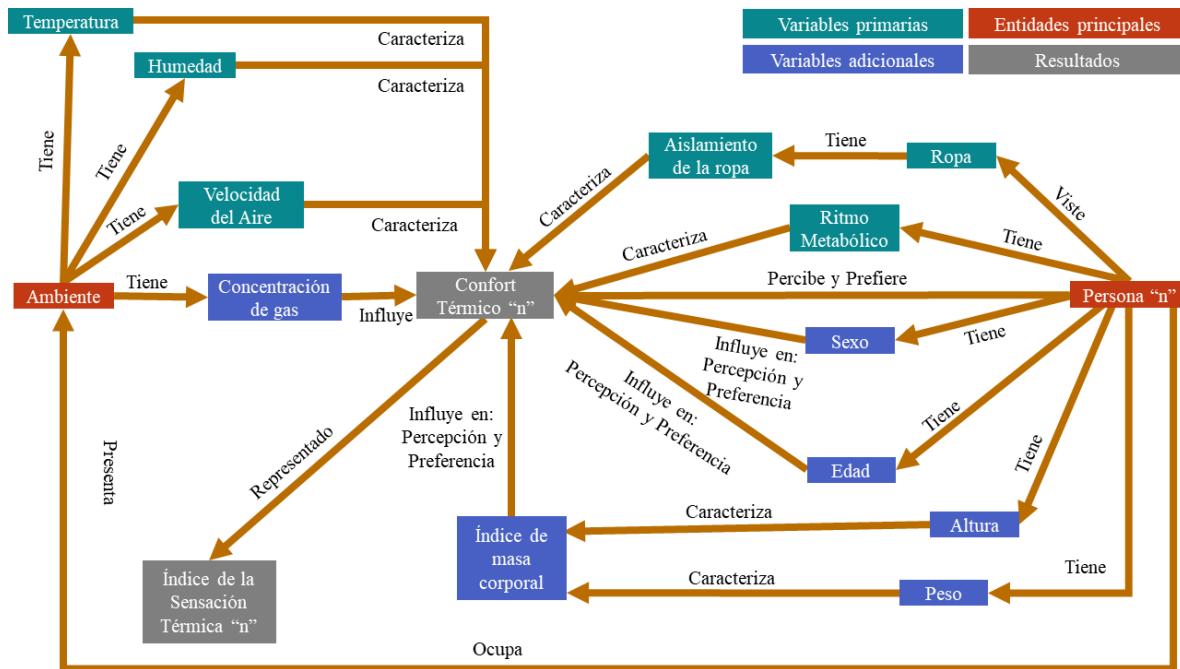


Figura 4.2: Modelo de Confort Térmico Personal propuesto.

Térmico, sujetado por descripciones encontradas en la literatura con la capacidad de ampliar el rango de aceptación térmica impuesto por la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles. Por otra parte, el segundo modelo representa al conjunto de condiciones térmicas preferidas de un usuario.

### 4.1.2.1. Modelo Tradicional Extendido (TE)

El modelo Tradicional de Confort Térmico utiliza a las variables primarias de este tema y solo acepta como entorno confortable a lugares que denotan una sensación térmica *Neutral*, en la escala de sensación térmica ASHRAE (ver Tabla 2.2). No obstante, se sabe que un ambiente térmicamente aceptable no necesariamente corresponde a una sensación *Neutral*; según el tipo de persona, un entorno *Ligeramente frío* (-1) o *Ligeramente cálido* (+1), podría considerarse como aceptable (Forgiarini-Rupp y cols., 2018; Kim y cols., 2018; Nolich y cols., 2019).

En este sentido, a partir de observaciones realizadas sobre diferentes trabajos de Confort Térmico, se integró al modelo Tradicional una serie de factores que amplían el

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

rango de aceptación térmica de una persona, en la escala de sensación térmica ASHRAE. Los aspectos integrados a este modelo se exponen en la Tabla 4.1 y son los siguientes: de los aspectos físicos que existen, se incluyó a la concentración de gas (Spoladore y cols., 2018; Nolich y cols., 2019); de los aspectos antropométricos de una persona, se consideró al peso, altura y BMI (Kim y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018); y de los aspectos aspectos demográficos de una persona, se consideró a la edad y sexo (Kim y cols., 2018; Forgiarini-Rupp y cols., 2018).

Tabla 4.1: Variables del modelo Tradicional Extendido (TE), para calcular e interpretar el Confort Térmico Personal.

Parámetro	Propone	Unidad de medición
<b>Aspectos físicos</b>		
Temperatura	Estándar ASHRAE 55	Grados° Celsius
Humedad relativa	Estándar ASHRAE 55	Porcentaje del vapor de agua en 1 m <sup>3</sup>
Velocidad del aire	Estándar ASHRAE 55	Distancia (en metros) / Tiempo (en segundos)
Concentración de gas	Kim y cols. (2018); Nolich y cols. (2019); Spoladore y cols. (2018)	PPM (Partes Por Millón)
<b>Aspectos fisiológicos</b>		
Ritmo Metabólico	Estándar ASHRAE 55	MET
<b>Aspectos de equipamiento</b>		
Aislamiento de la ropa	Estándar ASHRAE 55	CLO
<b>Aspectos antropométricos</b>		
Peso	Kim y cols. (2018); Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	KG
Altura	Kim y cols. (2018); Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Metros
Índice de Masa Corporal	Kim y cols. (2018); Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	BMI
<b>Aspectos demográficos</b>		
Edad	Kim y cols. (2018); Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Años
Sexo	Kim y cols. (2018); Forgiarini-Rupp y cols. (2018)	Hombre o Mujer

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

Los autores de los trabajos de Confort Térmico, de donde se tomó a las variables que extienden a este modelo, expresaron lo siguiente:

- Forgiarini-Rupp y cols. (2018) refieren que conocer a los ocupantes del espacio de estudio permite adaptar, utilizar y desarrollar modelos de Confort Térmico que representen a los usuarios de forma individual, y también, detectar con precisión factores que puedan causar inconformidad. Es así que destaca el valor de los parámetros *edad, género, peso, altura e índice de masa corporal* para perfilar y clasificar a las personas.
- Kim y cols. (2018) destacan la capacidad de las variables *edad, género, peso, altura e índice de masa corporal*, para construir un perfil que represente al usuario y personalizar las condiciones del lugar en su favor.
- Nolich y cols. (2019) hablan sobre la influencia que pueden llegar a tener las altas concentraciones de gas o polvo en un espacio cerrado, con respecto a cómo esto puede afectar la estadía de los usuarios y su percepción de comodidad.
- Spoladore y cols. (2018) exponen que los altos niveles de concentración de polvo en un espacio cerrado, puede ser un factor que influya en la comodidad de las personas y significar un desajuste en las condiciones ambientales, como es la falta de circulación del aire, el aumento de la humedad, entre otros aspectos.
- El estándar ASHRAE 55 destaca al conjunto de variables primarias que son tradicionalmente utilizadas en los análisis de Confort Térmico y descritas por el enfoque *Clásico*, como los principales factores capaces de influir en la percepción térmica los individuos. Estas variables son: la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, ritmo metabólico y aislamiento térmico de la ropa.

A partir de lo descrito por los estudios que mencionan a las variables incluidas en este modelo, se definieron una serie de reglas aplicables a la escala de sensación térmica ASHRAE, las cuales son:

- De acuerdo a lo expuesto por Kim y cols. (2018) y Forgiarini-Rupp y cols. (2018):

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

- Si la persona en turno tiene un BMI referente a obesidad (35 o más, como se muestra en la Tabla 3.9) y es un hombre, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene un BMI que indique sobre peso (25 o más, como se muestra en la Tabla 3.9) y es un hombre, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene un BMI referente a un peso adecuado (18.5 a 24.9, como se muestra en la Tabla 3.9) y es un hombre, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene un BMI que indique obesidad (35 o más, como se muestra en la Tabla 3.9) y es una mujer, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene un BMI que indique sobre peso (25 o más, como se muestra en la Tabla 3.9) y es una mujer, entonces solo la sensación térmica de  $0$  será aceptable, implicando que la persona no tiene tolerancia a condiciones térmicas que sean ligeramente cálidas o frías.
- Si la persona en turno tiene un BMI referente a un peso adecuado (18.5 a 24.9, como se muestra en la Tabla 3.9) y es una mujer, entonces la sensación térmica de  $+1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente cálidas.
- Si la persona en turno tiene una edad mayor a 50 años y es un hombre, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene una edad menor o igual a 50 años y es un hombre, entonces la sensación térmica de  $-1$  será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente frías.
- Si la persona en turno tiene una edad mayor a 50 años y es una mujer, entonces solo la sensación térmica de  $0$  será aceptable, implicando que la

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

persona no tiene tolerancia a condiciones térmicas que sean ligeramente cálidas o frías.

- Si la persona en turno tiene una edad menor o igual a 50 años y es una mujer, entonces la sensación térmica de +1 será aceptable, implicando que la persona es capaz de tolerar condiciones térmicas ligeramente cálidas.
- De acuerdo a lo expuesto por Nolich y cols. (2019) y Spoladore y cols. (2018):
  - Si la concentración de gas en el lugar es mayor o igual a 1000 ppm, entonces la sensación terma del lugar no puede ser aceptable.

Las reglas descritas extienden el rango de aceptación de Confort Térmico adscrito en el modelo Tradicional y hacen posible dar un sentido diferente al resultado de métodos como el PMV (Ecuación 2.1).

##### 4.1.2.2. Modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU)

El modelo TE construye una visión del usuario y su entorno con base a un conjunto de medidas objetivas. Sin embargo, esto no necesariamente se corresponde con la realidad, ya que un usuario puede sentirse cómodo o incómodo en condiciones específicas, de acuerdo a su propia percepción y no a preceptos tradicionales o que los extiendan. Lo cual, ha sido mencionado por varios trabajos relacionados al Confort Térmico, como son los siguientes:

- Forgiarini-Rupp y cols. (2018) abogando por los modelos de confort individual, explica que conocer al usuario facilita encontrar con mayor facilidad, aspectos capaces de perturbar la comodidad del que ocupa. Ante lo cual, considerar las preferencias de los ocupantes, es un factor que podría permitir generar condiciones térmicamente cómodas y mejor adaptadas para sus ocupantes.
- Kim y cols. (2018) distingue a la importancia de priorizar las preferencias de los usuarios, al realizar cualquier recomendación o ajuste en el entorno. También subraya el valor de conocer los tiempos en que los usuarios ocupan el sitio revisado, para así optimizar el uso de los recursos de confort disponibles.

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

- Nolich y cols. (2019) destaca el valor que tiene definir un perfil de los usuarios, para adaptar las condiciones del entorno en su favor. También remarca la importancia de conocer las preferencias de cada usuario, con la finalidad de saber si las condiciones entregadas son o no óptimas.
- Spoladore y cols. (2018) resalta la importancia de construir un perfil de usuario que considere sus preferencias ante determinadas condiciones ambientales. Esto, con el objetivo de entregar a las personas un entorno adecuado.

Por esta razón, en este proyecto se consideró revisar la influencia que tiene la percepción de un usuario en su Confort Térmico, a través de un modelo alternativo capaz de captar la preferencia de un usuario, bajo determinadas condiciones. Este modelo, como se observa en la Figura 4.3, es uno sencillo basado en una linea recta, nombrado como modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU) y que describe las preferencias que un usuario tiene con respecto de condiciones térmicas específicas, dando un valor numérico a su necesidad por conseguir un ambiente más cálido o frío.

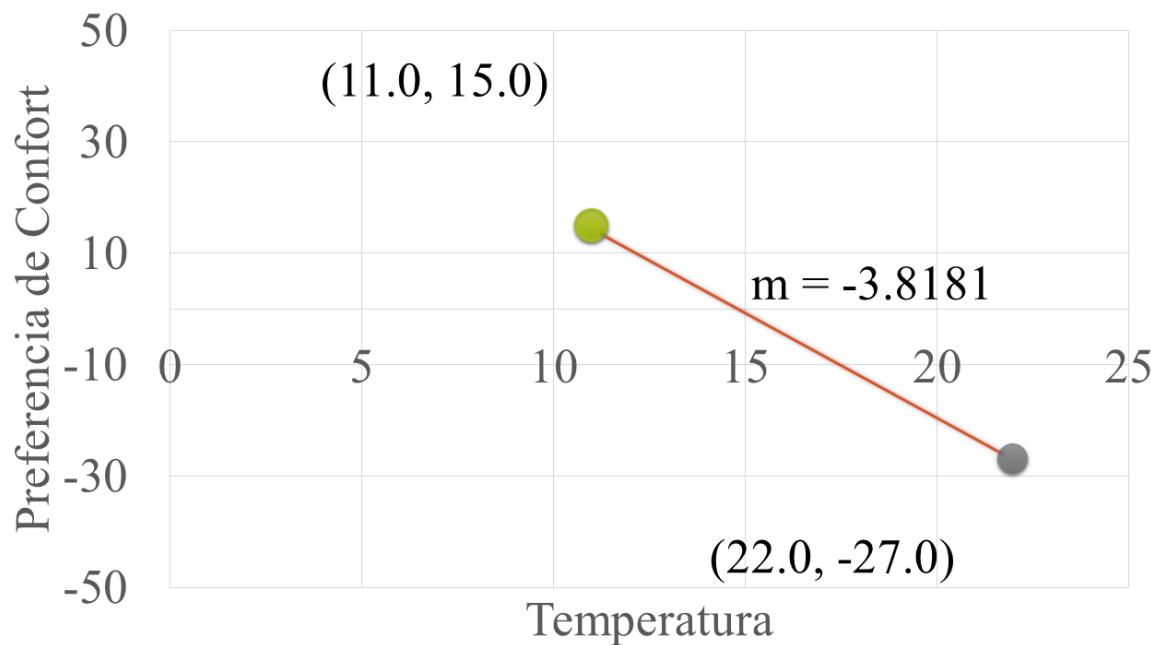


Figura 4.3: Modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU).

## 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

El modelo PSU relaciona a la temperatura del ambiente y una preferencia de confort del usuario, dada en una escala de -50 a 50, de las siguientes dos formas:

- Primera forma: implica que ante un ambiente frío, el usuario preferirá un entorno cálido. Por consiguiente, los aspectos que construyen la preferencia del usuario se describen de la siguiente manera:
  - Temperatura: grados° Celsius que el usuario considere refieran a una baja temperatura o clima frío.
  - Preferencia: nivel de la necesidad del usuario para conseguir condiciones cálidas, frente a la temperatura antes descrita. Esto en un rango de  $\theta$  a 50, en donde  $\theta$  corresponde a una intención nula de buscar condiciones cálidas y 50 corresponde a una completa intención de conseguir condiciones cálidas.
- Segunda forma: implica que ante un ambiente cálido, el usuario preferirá un entorno frío. Por consiguiente, los aspectos que construyen la preferencia del usuario son descritos de la siguiente manera:
  - Temperatura: grados° Celsius que el usuario considere refieran a una alta temperatura o clima cálido.
  - Preferencia: nivel de la necesidad del usuario para conseguir condiciones frías, frente a la temperatura antes descrita. Esto, en un rango de -50 a  $\theta$ , en donde  $\theta$  corresponde a una intención nula de buscar condiciones frías y -50 corresponde a una completa intención de conseguir condiciones frías.

Esto obtiene dos puntos que dibujan una linea recta y describir las preferencias térmicas de un usuario. También, con estos puntos es posible determinar el valor de la pendiente de la linea con la Ecuación 4.1, y a través la Ecuación 4.2, calcular la preferencia de confort que un usuario ante una temperatura específica.

$$m = (Y_2 - Y_1)/(X_2 - X_1) \quad (4.1)$$

$$y = (m * [x - X_1]) + Y_1 \quad (4.2)$$

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

Un ejemplo se expuso en la Figura 4.3, describiendo a un usuario que frente a una temperatura de 11.0° C, expresó tener una preferencia de 65.0 puntos, y frente a una temperatura de 22.0° C, una preferencia de 23.0 puntos, lo que dio como resultado una pendiente de -3.8183 aproximadamente. En este ejemplo, los datos de la Figura 4.3 generan una representación de las preferencias térmicas de un usuario, que frente a una temperatura de 24.0° C, el valor de su preferencia es de 15.3636 puntos, demostrando que el individuo siente la necesidad conseguir condiciones térmicas más frías. Posteriormente, para poder comparar el valor de presencia calculado con el valor de modelos cuyos resultados este dado en escala de sensación térmica ASHRAE, como se muestra en la Figura 4.4, se dividido a la escala de -50 a 50 en 6 partes y de acuerdo al intervalo al que pertenezca el valor calculado, se considera que este es su valor en la escala ASHRAE. De esta forma, en la Figura 4.4 se expone que los 15.3636 puntos de preferencia calculados corresponden a -1 en la escala de sensación térmica ASHRAE.

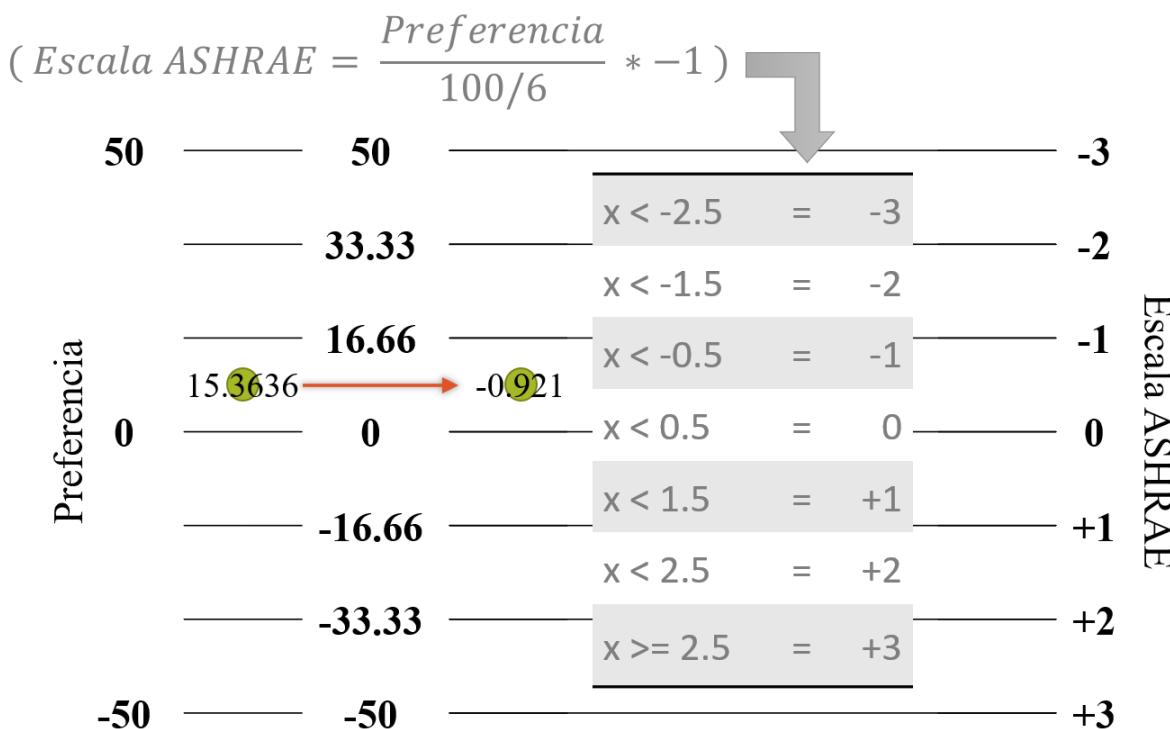


Figura 4.4: Ejemplo de conversión del resultado del modelo PSU a la escala de sensación térmica ASHRAE.

## 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

Aunado a esto, cabe señalar que existen modelos de confort más completos para representar las preferencias térmicas de un usuario. Por ejemplo, Jazizadeh y cols. (2013) basa su análisis en términos de la lógica difusa. No obstante, es importante notar que para términos de este trabajo, un modelo simple de confort resulta ser adecuado.

### 4.1.3. Confort Térmico Grupal

El Confort Térmico es una condición variable y distinta para cada persona. Definir si un espacio es térmicamente aceptable para un grupo, supone un desafío para su estudio y automatización debido a diferencias que pueden existir entre sus integrantes. Por esta razón, frente a contextos ocupados por múltiples usuarios, las aplicaciones de Confort Térmico generalmente adoptan un estilo de trabajo tradicional. Sin embargo, este enfoque desestima las preferencias y particularidades de cada individuo.

Cabe destacar que en áreas de estudio con poca relación al Confort Térmico, se han realizado diversos esfuerzos para manejar las diferencias existentes entre los miembros de un grupo. Esto, en favor de beneficiar a sistemas que trabajen con fuentes de datos heterogéneos y tengan la capacidad para influir en una decisión, dar respuesta a una pregunta o emitir una recomendación (Masthoff, 2005; Wang y cols., 2018). Una de estas áreas refiere a la teoría y aplicaciones de Sistemas de Recomendación para Grupos, en donde se encuentran diversos métodos para la selección o propuesta de uno o varios artículos para uno o varios usuarios, objetos u otros sistemas (C. K. C. Lam, 2017; Wilson, 2015).

En este sentido, este trabajo tomo algunos de los métodos descritos por la teoría de Sistemas de Recomendación para Grupos y los adapto para poder determinar el Confort Térmico de un grupo de personas. El nombre y descripción de las estrategias importadas para tratar con el Confort Grupal, son los siguientes:

- El promedio (por la media de los ítems). Esta estrategia implica calcular el valor promedio de las preferencias y características de los usuarios. De acuerdo al modelo PSU, se debe calcular el centroide de las preferencias térmicas de los usuarios frente a un ambiente frío y un ambiente cálido. Por otro lado, con el modelo TE se debe determinar el valor promedio de las características y sensaciones térmicas de los usuarios.

#### 4.1. Modelo de Confort Térmico

---

- Placer máximo (por el ítem más grande o de mayor relevancia). Esta estrategia implica abstraer las preferencias y características del o los usuarios más satisfechos en el grupo. De acuerdo al modelo PSU, se tiene que determinar quien o quienes son los usuarios con el valor de preferencia más cercano a un estado neutral. Por otro lado, con el modelo TE se deben encontrar las características y niveles de confort, del o los usuarios con el nivel de Confort Térmico más cercano a un estado neutral.
- Miseria mínima (por el ítem más chico o menos relevante). Esta estrategia implica abstraer las preferencias y características del o los usuarios menos satisfechos en el grupo. De acuerdo al modelo PSU, se tiene que determinar quien o quienes son los usuarios con el valor de preferencia más alejada de un estado neutral. Por otro lado, con el modelo TE se deben encontrar las características y el nivel de confort, del o los usuarios con el nivel de Confort Térmico más alejado de un estado neutral.
- El más respetado (por la persona de mayor rango). Esta estrategia implica seleccionar al o los usuarios con la mayor prioridad en el grupo, o en caso de empate, al primer usuario con la prioridad y edad más alta en el grupo, para entonces tomar sus preferencias y características. De acuerdo al modelo PSU, se debe realizar lo siguiente:
  - Si solo se eligió a un individuo, se toma el modelo PSU de este usuario.
  - Si se eligió a más de un individuo, se determina y elige a la primera persona de mayor edad en el subgrupo.

Por otro lado, con el modelo TE, se debe realizar lo siguiente:

- Si solo se eligió a un individuo, se toman las características y sensaciones térmicas de este usuario.
- Si se eligió a más de un individuo, se determina y elige a la primera persona de mayor edad en el subgrupo.
- El más popular (el ítem más votado). Esta estrategia implica definir las preferencias y características más frecuentes entre los usuarios. De acuerdo al modelo PSU, se debe tomar al conjunto de preferencias más recurrentes en el

## 4.2. Arquitectura funcional

---

grupo, aunque si otros conjuntos de preferencias se repitieran igual número de veces que el más frecuente encontrado, estos se ignorarían, ya que para efectos de este proyecto se está dando prioridad al primer conjunto encontrado. Por otro lado, con el modelo TE, se deben tomar las características y sensaciones térmicas con mayor número de repeticiones entre los usuarios, aunque si otras características y sensaciones térmicas se repitieran igual número de veces que lo encontrado, estos se ignorarían, ya que para efectos del proyecto se está dando prioridad al primer conjunto de características y sensaciones térmicas encontradas.

Estas diferentes maneras de determinar el Confort Térmico de un grupo de usuarios, permitieran llegar a un consenso respecto de la sensación térmica de los ocupantes de un espacio de trabajo en específico. Aunque, esto obligó la inclusión de las variables expuestas en la Tabla 4.2, las cuales son el grupo o conjunto al cual pertenece cada individuo y la prioridad o nivel que tiene un usuario frente a otros.

Tabla 4.2: Parámetros de apoyo para el estudio del Confort Térmico.

Parámetro	Unidad de medición
Grupo	Nombre
Prioridad	Unidad numérica

Estos parámetros fueron principalmente incluidos con la finalidad de servir como medios de soporte. De esta manera, las variables agregadas facilitan el control y gestión de los usuarios a nivel de información, y hacen posible utilizar algunas estrategias.

## 4.2. Arquitectura funcional

### 4.2.1. Descripción general

Se diseñó una arquitectura funcional de AmI para el Confort Térmico, dirigida a tratar con grupos de personas. Esta arquitectura es expuesta en la Figura 4.5 y describe una serie de niveles y cajas alusivas a funciones específicas, junto a flechas que muestran el flujo de la información.

En la literatura que se revisó a lo largo del Capítulo 3, se encontró el uso de diferentes tipos de representaciones y formas para describir el diseño de su solución. Entre estos

#### 4.2. Arquitectura funcional

---

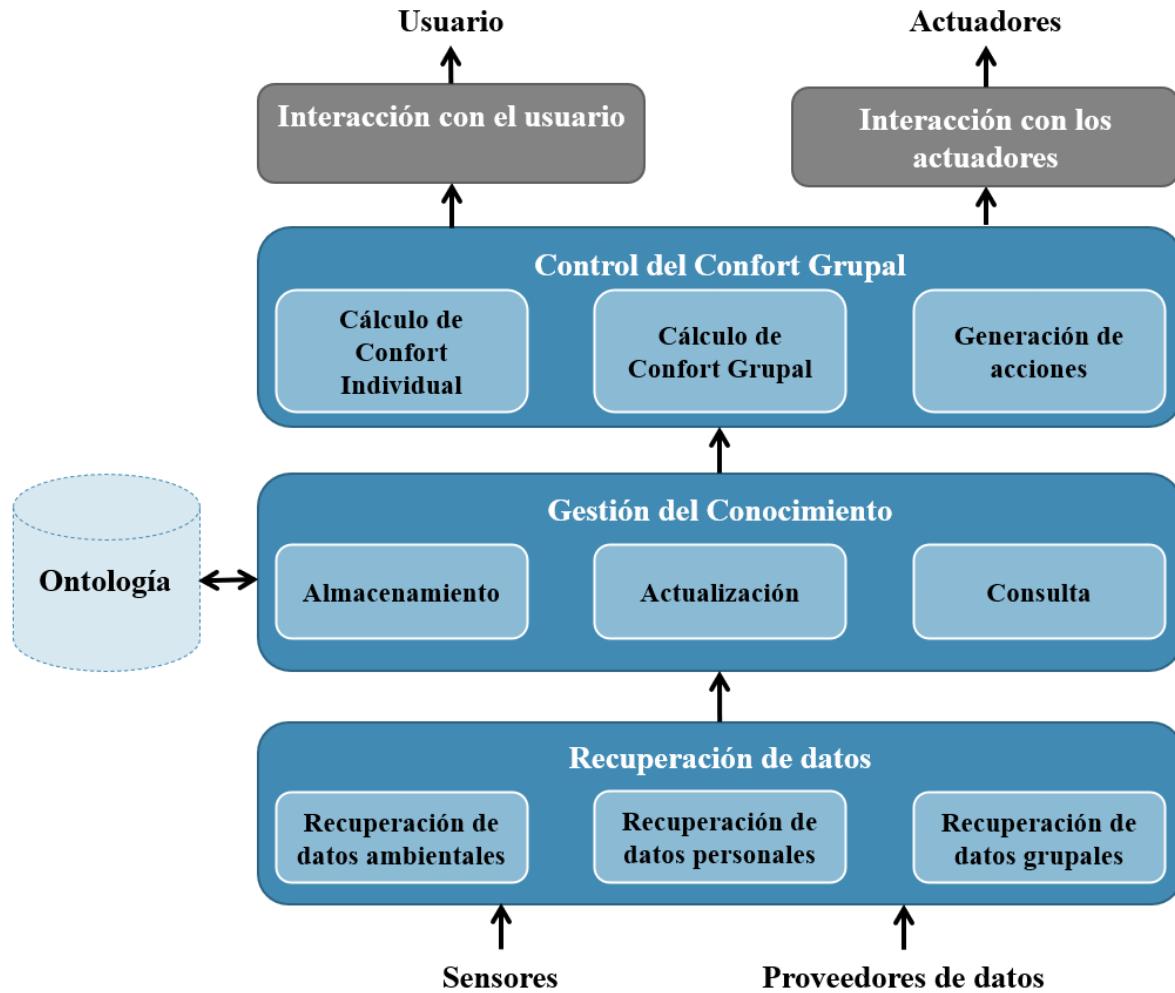


Figura 4.5: Arquitectura funcional para sistemas de Confort Térmico Grupal.

modelos se puede destacar el de Adeleke y Moodley (2015), que al igual a la arquitectura presentada en la Figura 4.5 hace uso de una Ontología, no obstante, separa el uso de la Ontología del modelo de su solución, a la que divide en *Monitoreo, Análisis de la situación y Acción y Control*, con enfoque al estudio de las condiciones ambientales; Gómez-Romero y cols. (2018), presenta una arquitectura sujetada al sensado de los distintos parámetros ambientales suscritos por el enfoque que tradicionalmente estudia al Confort Térmico, la predicción del posible valor de estas variables en el futuro, la simulación y búsqueda de posibles mejores condiciones, la selección del mejor plan de Eficiencia Energética con base a un modelo de la situación actual y la calibración de los

#### 4.2. Arquitectura funcional

---

actuadores disponibles en el espacio revisado; Hu y cols. (2014), muestra una solución basada en la práctica tradicional del Confort Térmico dividida en *Colección de datos*, que es similar al nivel de *Recuperación de datos* de la arquitectura expuesta en la Figura 4.5, *Análisis de datos*, nivel intermedio que revisa de forma estadística los datos recogidos, y *Toma de decisiones*, que aplica el resultados del análisis de los datos para controlar los medios de actuación en el lugar y entregar óptimas condiciones de confort a los usuarios; Jazizadeh y Jung (2018), expone un marco de trabajo sujetado al espacio de una persona sentada en frente de un monitor, y también, su proceso de análisis para determinar la sensación térmica de esta persona; Marinakis y Doukas (2018), describe un modelo similar al de Hu y cols. (2014) y Gómez-Romero y cols. (2018), a cuyas secciones llama *Integración de datos, Modelo de Predicción y Reglas y Sugerencias de Planes de Acción*, y también, presenta una implementación de este modelo con base en herramientas de la Web Semántica, Modelos de Predicción, Sistemas de Base de Datos y el Lenguaje PHP; Merabet y cols. (2018), entrega una propuesta que resuelve cuales herramientas y tecnologías se están utilizando y en donde se implementan, sin embargo, no explica su proceso para analizar el Confort Térmico de las personas; Nolich y cols. (2019), describe un arquitectura similar a la de Hu y cols. (2014) y Adeleke y Moodley (2015), con el uso de una Ontología y un nivel para la toma decisiones, no obstante, ve la recuperación y análisis de datos bajo un mismo nivel, y da un nivel único al proceso de actuación sobre el ambiente; Spoladore y cols. (2018), presenta un esquema que hace uso de dos Ontologías para analizar el Confort Térmico del usuario, este esquema inicia con el *Sensado del Ambiente* y la actualización de la *Ontología de una habitación*, lo cual es posteriormente utilizado como entrada de un *Repositorio y Razonador*, y finalmente, con esto complementa una *Ontología del huésped* a través de la que se determina si el huésped esta cómodo o incómodo y, si es necesario, se busca proponer mejores formas para mejorar las condiciones. En particular, la arquitectura funcional presentada se distingue por describir un nivel dirigido al análisis y cálculo del Confort Térmico Personal y Grupal, gracias a implementar una visión que toma en cuenta al conjunto de personas y no, a una abstracción homogénea del grupo.

De esta manera, en primer lugar la arquitectura describe a la capa *Recuperación de datos*, la cual, hace posible rescatar información sobre el ambiente y sus ocupantes, a través de *Sensores* y otros *Proveedores de datos*. La información obtenida de los *Sensores* y otros *Proveedores de datos*, es recuperada por medio de una funcionalidad específica

## 4.2. Arquitectura funcional

---

de comunicación entre mecanismos heterogéneos. Esta capa pone la información recuperada en un formato de datos común, para posteriormente ser utilizada por la capa de *Gestión del Conocimiento*.

En segundo lugar, la capa de *Gestión del Conocimiento* toma los datos obtenidos en la capa de *Recuperación de datos* y los almacena bajo la forma de una Ontología. Por esta razón, esta capa requiere de funcionalidades particulares que permitan guardar, eliminar y modificar los datos en la Ontología, y también, para consultar su información por parte de capas superiores.

En tercer lugar, la capa de *Control del Confort Grupal* extrae de la capa de *Gestión del Conocimiento* los datos que necesita para funcionar y generar resultados. No obstante, a pesar de ser esta capa dependiente de capas inferiores, la capa de *Control del Confort Grupal* es la más importante en esta arquitectura, como se describirá en Secciones posteriores.

En cuarto lugar, la capa de *Interacción con el usuario* toma la información generada en la capa de *Control del Confort Grupal* y extrae de la capa *Gestión del Conocimiento* un conjunto específico de datos. Esto, con el objetivo de entregar la información que es de interés para el *Usuario* del sistema.

Finalmente, en quinto lugar, la capa de *Interacción con los actuadores*, toma la información generada en la capa de *Control del Confort Grupal* y extrae de la capa *Gestión del Conocimiento* un conjunto específico de datos. Lo anterior, con el fin de entregar información que instruya a los *Actuadores* la forma como deben operar.

### 4.2.2. Datos utilizados

En la Sección anterior se comentó que la capa de *Gestión del Conocimiento* guarda los datos obtenidos de la capa de *Recuperación del datos* en una Ontología. La forma de esta Ontología es expuesta en la Figura 4.6, la cual describe una serie de etiquetas y relaciones que representan a usuarios, el ambiente y transformaciones internas de estos datos, facilitando la consulta y análisis de la información contenida en esta herramienta.

Esta Ontología se construyó con base en una serie de variables con la capacidad de influir sobre la sensación térmica de un individuo. Los parámetros representados en esta Ontología corresponden a los obtenidos en la capa de *Recuperación de datos*. En donde, a

## 4.2. Arquitectura funcional

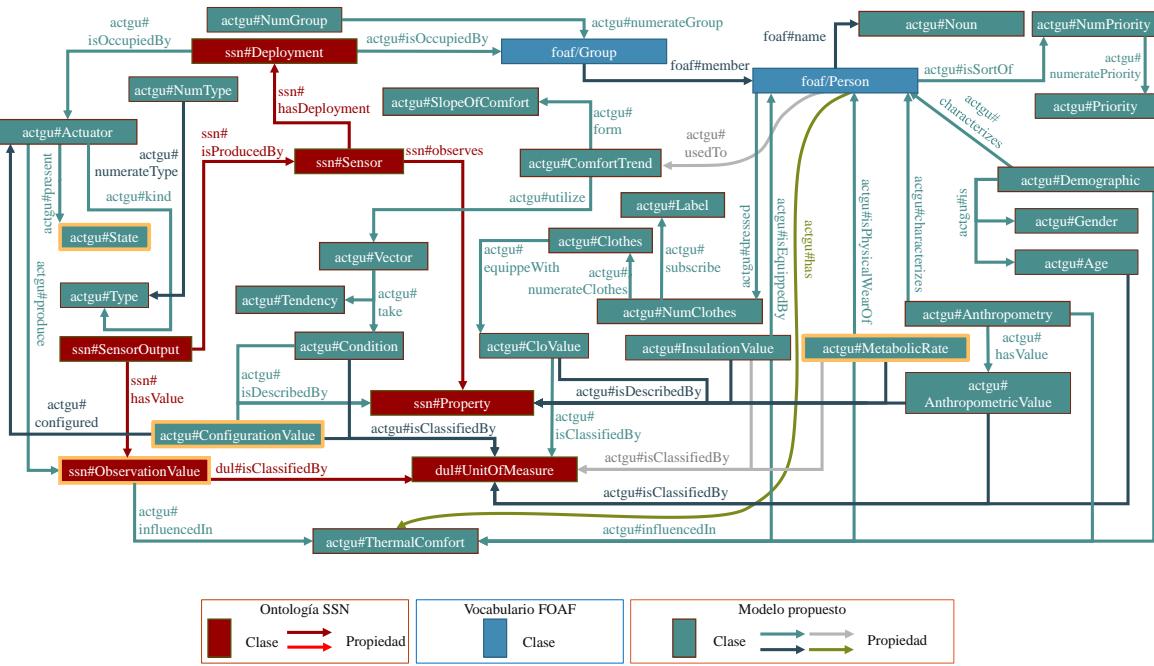


Figura 4.6: Modelo semántico propuesto.

través de los *Sensores* se recupera el valor de la temperatura, humedad concentración de gas y velocidad del aire que existe en el ambiente, lo cual es almacenado en la Ontología bajo la etiqueta *ssn#ObservationValue* y distinguido por una unidad de medida etiquetada con *dul#UnitOfMeasure*. Mientras que, por medio de otros *Proveedores de datos* se consigue el id, grupo, sexo, edad, peso, altura, prioridad, tipo de ropa vestida, las preferencias térmicas de cada individuo y la data generada de un acelerómetro que vista la persona, etiquetando a estos valores como *actgu#Noun* (etiqueta que distingue a un usuario de otros), *actgu#NumGroup* (identificador que distingue a un grupo de otros), *actgu#Gender*, *actgu#Age*, *actgu#AnthropometricValue* (formato por el peso y la altura de la persona), *actgu#Priority*, *actgu#NumClothes* (indicador de la ropa vestida por el usuario), *actgu#InsulationValue* (nivel de aislamiento térmico de la ropa vestida por la persona), *actgu#ComfortTrend* (preferencias térmicas de la persona representadas bajo el modelo PSU) y *actgu#MetabolicRate* (generado con base en la data de los acelerómetros).

Adicionalmente, cabe destacar a la etiqueta `actgu#Actuador` que ayuda a distinguir a un mecanismo *Actuador* de otros, a la etiqueta `actgu#Type` que define el tipo de *Actuador* que es la etiqueta `actgu#State` que indica si un *Actuador* se encuentra

## 4.2. Arquitectura funcional

---

encendido o apagado, y a la etiqueta *actgu#ConfigurationValue* que contiene el valor configurado en este mecanismo, ya sea de temperatura, humedad o algún otro que acepte el *Actuador*. También es importante subrayar la importancia de la etiqueta *actgu#ThermalConfort*, ya que almacena el nivel de Confort Térmico de cada uno de los miembros de un grupo, lo cual es alimentando por la capa *Control del Confort Grupal* que determina el valor de esta etiqueta.

### 4.2.3. Recuperación de datos

La *Recuperación de datos* define una serie de medios para la adquisición de información sobre el ambiente y sus ocupantes. Esto son la *Recuperación de datos ambientales*, *Recuperación de datos personales* y *Recuperador de datos grupales*.

Estos elementos buscan adquirir datos heterogéneos de fuentes de diversas, como sensores o bases de datos, y entregar la información recogida a la capa de *Gestión del Conocimiento*, para mantener actualizada la Ontología.

#### 4.2.3.1. Recuperación de datos ambientales

La *Recuperación de datos ambientales*, como se observa en la Figura 4.7, conecta al sistema con sensores capaces de medir diferentes aspectos del ambiente, de quienes toma la información para luego entregarla al medio de *Gestión del Conocimiento*. Esto, con el fin de generar un estado de conciencia sobre las condiciones de temperatura, humedad, velocidad del aire y concentración de gas actuales en el entorno.

No obstante, la *Recuperación de datos ambientales* no solo se dirige a recuperar información sobre las condiciones del ambiente, sino, también busca conocer a los mecanismos *Actuadores* implementados en el espacio revisado. Esto significa tener la capacidad de comunicarse con los *Actuadores*, para recuperar información sobre su estado actual (encendido o apagado), el tipo de mecanismo que es (como aire acondicionado o calefactor) y la configuración que tienen. Aunque, cabe señalar que esta acción depende de la capacidad de los mismo *Actuadores*, ya que no todos tienen la capacidad de entregar información a elementos externos, en ocasiones esta clase de dispositivos dependen de entidades externas para poder entregar datos sobre si mismos.

## 4.2. Arquitectura funcional

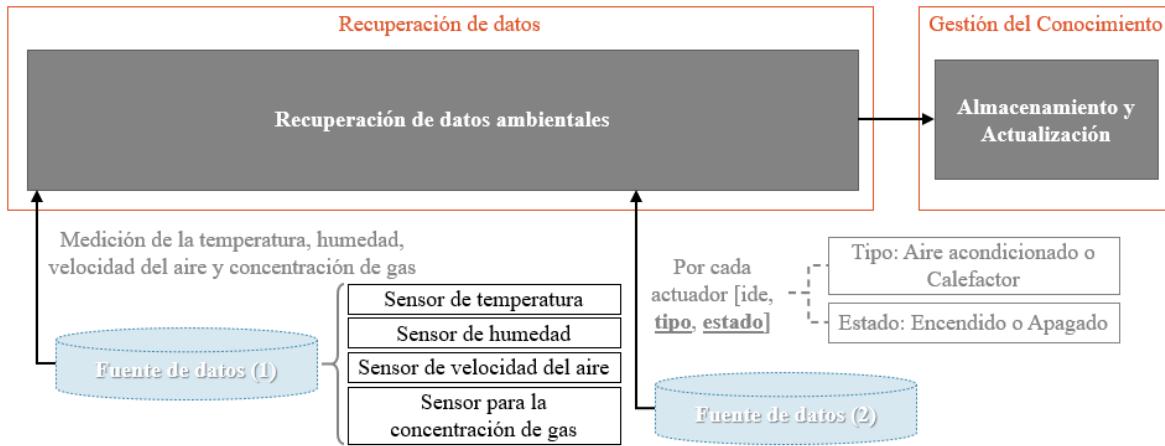


Figura 4.7: Recuperación de datos ambientales.

### 4.2.3.2. Recuperación de datos personales

La *Recuperación de datos personales*, como se observa en la Figura 4.8, busca adquirir información relacionada a los usuarios. Por cada usuario este medio recupera: un identificador (ide) único, una etiqueta única, el sexo, la edad, la altura, el peso, la suma del valor de aislamiento térmico (CLO) de las prendas vestidas por el individuo y sus preferencias térmicas, definidas por su necesidad de conseguir condiciones térmicas más cálidas o frías frente a una temperatura específica.

Aquí, se tomó al ide, la edad, la altura, el peso y la prioridad como parámetros numéricos, a la etiqueta como una cadena de caracteres y a la variable sexo como una variable que clasificará a las personas (mujeres u hombres). Mientras que, para determinar el valor CLO de la ropa de los usuarios, se consideran una serie de niveles o conjuntos de vestimenta basados en la Tabla 4.3, que muestra estimaciones del valor CLO dadas por el estándar ASHRAE 55 y es una herramienta tradicionalmente utilizada en estudios del Confort Térmico.

## 4.2. Arquitectura funcional

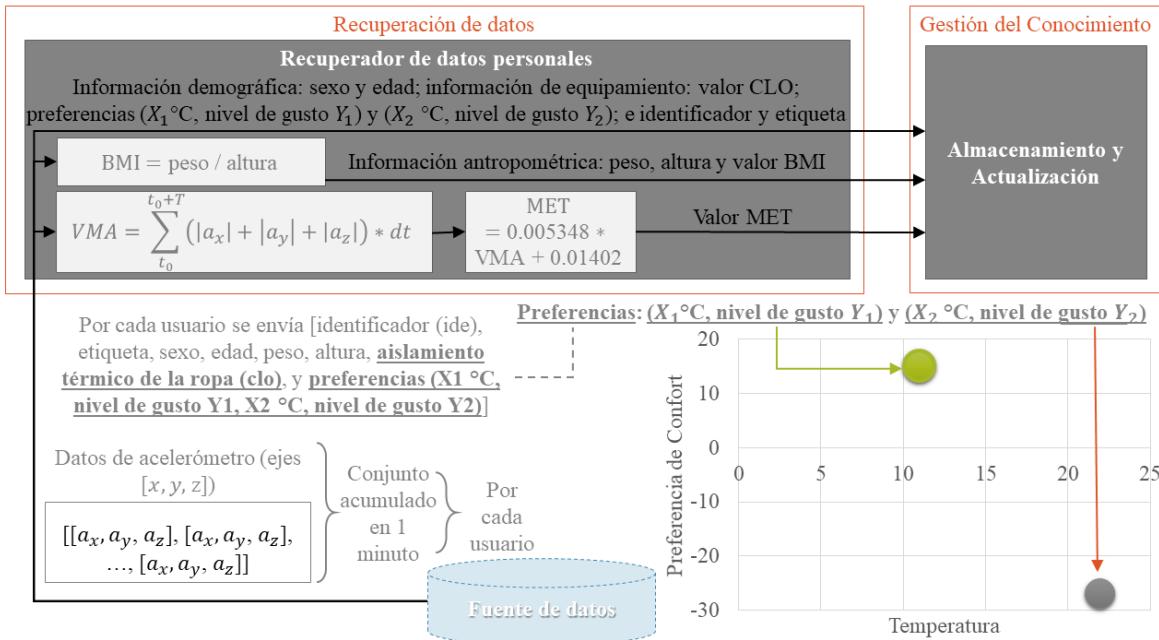


Figura 4.8: Recuperador de datos personales.

Tabla 4.3: Estimaciones sobre los valores de aislamiento térmico para la ropa de un individuo, de acuerdo al estándar ASHRAE 55.

Descripción de la prenda	$I_{clu}$ , CLO	Descripción de la prenda	$I_{clu}$ , CLO
<b>Pantalones y overoles</b>			
Short corto	0.06	Falda de tela delgada	0.14
Short/Bermuda	0.08	Falda de tela gruesa	0.23
Pantalón de vestir de tela delgada	0.15	Vestido de tirantes de tela delgada	0.23
Pantalón de vestir de tela gruesa	0.24	Vestido de tirantes de tela gruesa	0.27
Pants	0.28	Vestido de manga corta de tela delgada	0.29
Overol	0.30	Vestido de manga corta de tela gruesa	0.43
Overol industrial	0.49	Vestido de manga larga de tela delgada	0.33
<b>Suéteres</b>			
Chaleco de tela delgada	0.13	Vestido de manga larga de tela gruesa	0.47
Chaleco de tela gruesa	0.22	Vestido sin tirantes de tela delgada	0.18
Suéter de tela delgada	0.25	Vestido sin tirantes de tela gruesa	0.20
Suéter de tela gruesa	0.36	Vestido largo	0.46
<b>Ropa de dormir y batas</b>			
<b>Camisas y Blusas</b>			
Camisa sin mangas/Blusa sin mangas	0.12	Vestido pijama corto de tela delgada	0.18
Camisa manga corta deportiva/Blusa manga corta deportiva	0.17	Vestido pijama corto de tela gruesa	0.20
Camisa manga corta formal/Blusa manga corta formal	0.19	Vestido pijama largo	0.46
Camisa manga larga formal/Blusa manga larga formal	0.25	Bata de hospital	0.31
Camisa manga larga formal de franela/- Blusa manga larga formal de franela	0.34	Bata de dormir larga	0.69
Playera manga larga/Blusa manga larga	0.34	Bata de baño de manga y faldar cortos	0.34
Blusa de tirantes de tela delgada/Playera de tirantes de tela delgada	0.23	Bata de baño de manga y faldar largos	0.48
Blusa de tirantes de tela gruesa/Playera de tirantes de tela gruesa	0.27	Pijama corta completa/Playera de manga corta y Short/Blusa de manga corta y Short	0.42
	94	Pijama larga completa/Playera de manga larga y Pants/Blusa de manga larga y Pants	0.57
<b>Calzado</b>			
Tines/Calcetas deportivas corta	0.02	Chaleco formal de tela delgada	0.10
Calcetas escolares/Calcetas medianas	0.03	Chaleco formal de tela gruesa	0.17
Medias/Calcetas largas	0.06	Chamarra de tela delgada/Saco de tela delgada	0.36
<b>Chaquetas y chalecos de traje</b>			

## 4.2. Arquitectura funcional

---

Por otro lado, entendiendo que el escenario de trabajo esperado es similar al contexto de un aula de clases o una oficina, para los niveles de valor CLO se diseñaron conjuntos de ropa con un nivel de aislamiento térmico diferente. Estos conjuntos se exponen en las Tablas 4.4 y 4.5, describiendo siete grupos de vestimentas, cada uno con un valor CLO distinto. En la Tabla 4.4 se presentan una serie de valores CLO estáticos y el conjunto de ropas que les corresponden, mientras que la Tabla 4.5 funciona como una extensión de la Tabla 4.4, que incluye una serie de valores CLO adicionales y un conjunto de prendas extras, con base en el sexo de la persona.

Tabla 4.4: Niveles de aislamiento térmico por grupo de ropa.

Equipamiento	Temperatura	CLO	Descripción
Ropa pesada para invierno	$vct < 11^\circ\text{C}$	1.38	prendas de tela gruesa (Pantalón, 0.24; Suéter, 0.36; Chamarra, 0.44) y otros (Camisa o blusa de manga larga, 0.34)
Ropa normal para invierno	$vct < 14^\circ\text{C}$	1.21	prendas de tela gruesa (Pantalón, 0.24; Suéter, 0.36; Chamarra, 0.44) y otros (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)
Ropa ligera para invierno	$vct < 17^\circ\text{C}$	0.77	prendas de tela gruesa (Pantalón, 0.24; Suéter, 0.36) y otros (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)
Ropa neutral	$vct < 20^\circ\text{C}$	0.57	prendas de tela delgada (Pantalón, 0.15; Suéter, 0.25) y otros (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)
Ropa pesada para verano	$vct < 23^\circ\text{C}$	0.32	prendas de tela delgada (Pantalón, 0.15) y otros (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)
Ropa normal para verano	$vct < 26^\circ\text{C}$	0.32	prendas de tela delgada (Pantalón, 0.15) y otros (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)
Ropa ligera para verano	$vct \geq 26^\circ\text{C}$	0.25	prendas inferiores (Short o Bermuda, 0.08) y prendas superiores (Camisa o blusa de manga corta, 0.17)

## 4.2. Arquitectura funcional

---

Tabla 4.5: Niveles de aislamiento térmico por sexo.

Equipamiento	$CLO_{mujeres}$	$CLO_{hombres}$	Descripción
Ropa pesada para invierno	0.35	0.77	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Malla o pantalón de licra, 0.15), para hombres (Calzón, 0.04; Pants, 0.57) y con ambos (Medias o Calcetas largas, 0.06; Botas, 0.10)
Ropa normal para invierno	0.20	0.20	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03), para hombres (Calzón, 0.04) y con ambos (Medias o Calcetas largas, 0.06; Botas, 0.10)
Ropa ligera para invierno	0.17	0.09	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Botas, 0.10), para hombres (Calzón, 0.04; Tenis o Zapatos, 0.02) y con ambos (Calcetas escolares o medianas, 0.03)
Ropa neutral	0.10	0.09	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Zapatillas, 0.03), para hombres (Calzón, 0.04; Tenis o Zapatos, 0.02) y con ambos (Calcetas escolares o medianas, 0.03)
Ropa pesada para verano	0.09	0.08	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Zapatillas, 0.03), para hombres (Calzón, 0.04; Tenis o Zapatos, 0.02) y con ambos (Tines o calcetas deportivas corta, 0.02)
Ropa normal para verano	0.08	0.08	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Sandalias, 0.02), para hombres (Calzón, 0.04; Tenis o Zapatos, 0.02) y con ambos (Tines o calcetas deportivas corta, 0.02)
Ropa ligera para verano	0.08	0.08	para mujeres (Brasier, 0.01; Pantis, 0.03; Sandalias, 0.02), para hombres (Calzón, 0.04; Tenis o Zapatos, 0.02) y con ambos (Tines o calcetas deportivas corta, 0.02)

En cuanto a las preferencias térmicas de cada individuo, estas se representaron conforme al modelo PSU. En la Figura 4.8 se expone un bosquejo de esto, que

## 4.2. Arquitectura funcional

---

mostrando las preferencias térmicas de un individuo de la siguiente forma: con  $X$  indica la temperatura del ambiente y  $Y$  describe en qué grado al usuario le gustaría conseguir un ambiente más frio o cálido.

Por otro lado, como se observa en la Figura 4.8, el valor MET de cada persona es una dato personal de intereses. Este valor se puede proyectar a través de la información obtenida de un acelerómetro, un tipo de sensor usualmente integrado en dispositivos móviles inteligentes. Así que se puede hacer uso de métodos como el descrito por Pancardo-García (2016), el cual, utiliza al Vector de Magnitudes de Aceleración (VMA) calculado por la Ecuación 4.3, que suma los valores de salida producidos por los tres ejes espaciales de un acelerómetro en un lapso de 60 segundos, y posteriormente aplica la Ecuación 4.4 para finalmente estimar el valor de MET del esfuerzo o actividad física de una persona.

$$VMA = \sum_{t_0}^{t_0+T} (|a_x| + |a_y| + |a_z|) * dt \quad (4.3)$$

$$MET = 0.005348 * VMA + 0.01402 \quad (4.4)$$

Fue así que, para calcular el valor MET del usuario se retomó parte del trabajo de Pancardo-García (2016), quien a través de diferentes pruebas realizadas con el método que propuso, evidenció su capacidad de aplicación y, también, la viabilidad de utilizar los acelerómetros de un dispositivo móvil para calcular el valor de MET de una persona. De esta manera, el procedimiento propuesto por Pancardo-García (2016) resultó ser una herramienta de gran utilidad en este proyecto, al buscar determinar el valor de MET.

### 4.2.3.3. Recuperación de datos grupales

La *Recuperación de datos grupales*, como se observa en la Figura 4.9, busca obtener, por cada grupo los siguientes datos: un identificador y el nombre del grupo; y por cada usuario, los siguientes datos: un identificador, la prioridad (o rol) del individuo y el o los grupos al que el individuo pertenece.

## 4.2. Arquitectura funcional

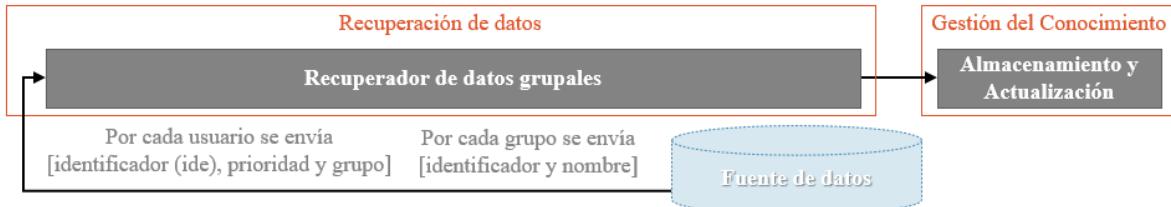


Figura 4.9: Recuperador de datos grupales.

La información buscada tiene por objetivo ayudar a organizar a los usuarios del sistema, permitir el uso de estrategias relacionadas a la posición jerárquica de los usuarios, y conocer a las categorías o conjuntos a los que pertenece cada usuario.

### 4.2.4. Gestión del Conocimiento

La *Gestión del Conocimiento* es una pieza de este diseño, formada por los siguientes elementos: *Almacenamiento*, *Actualización* y *Consulta*. Estas sub-funciones buscan mantener la integridad de la Ontología, asegurar que su conocimiento se encuentre actualizado y recuperar la información solicitada por cualquier componente o proceso del sistema.

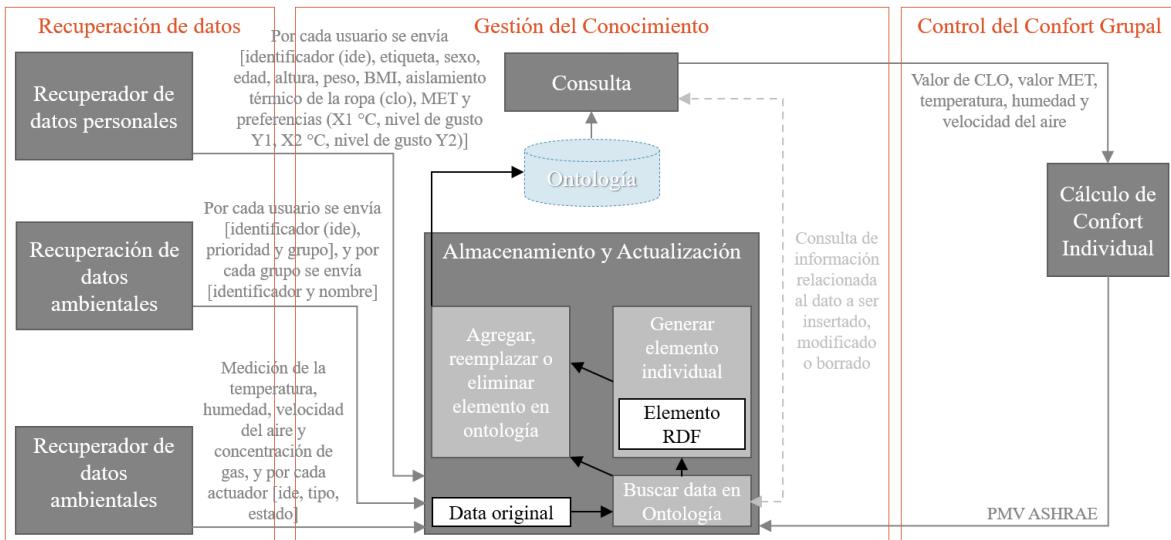


Figura 4.10: Almacenamiento y Actualización.

## 4.2. Arquitectura funcional

---

No obstante, cabe destacar que dada la naturaleza del *Almacenamiento* y la *Actualización*, se optó por mantener juntos a estos medios. La *Consulta* se mantuvo como un medio independiente, ya que no supone la ejecución de cambios en la Ontología.

### 4.2.4.1. Almacenamiento y Actualización de la Ontología

La función de *Almacenamiento y Actualización* realiza operaciones específicas sobre la Ontología y utiliza los datos capturados en la capa de *Recuperación de datos*. Es así que estos procedimientos corresponden a las siguientes solicitudes:

- Petición de *Eliminar*:
  - Si se trata de una *Persona*:
    1. Se consulta y recupera de la Ontología, un elemento individual que corresponda con el ide de la *Persona*.
    2. De acuerdo al ide de la *Persona*, se recupera de la Ontología a los elementos individuales que correspondan a la etiqueta: edad, altura, peso, CLO, MET, las preferencias térmicas y el nombre de los grupos que tengan relación con la *Persona*.
    3. Se rompen las relaciones existentes entre el elemento individual ide y los otros elementos individuales recuperados.
    4. Finalmente, a excepción de los elementos individuales que correspondan al nombre de los grupos relacionados con la *Persona*, se borran los elementos individuales recuperados que hayan roto todas sus relaciones, incluyendo al elemento individual ide.
  - Si se trata de un *Actuador*:
    1. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda con el ide del *Actuador*.
    2. De acuerdo al ide del *Actuador*, se recupera de la Ontología a los elementos individuales que correspondan al tipo y estado del *Actuador*.
    3. Se rompen las relaciones existentes entre el elemento individual ide y los otros elementos individuales recuperados.

## 4.2. Arquitectura funcional

---

4. Finalmente, se borran los elementos individuales recuperados que hayan roto todas sus relaciones, incluyendo al elemento individual ide.
- Si se trata de un valor relacionado con el *Ambiente* (temperatura, humedad, velocidad del aire o concentración de gas):
    1. Se determina a qué tipo de condición ambiental apunta el valor y se recupera de la Ontología al elemento individual que le corresponda.
    2. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda al valor ambiental revisado.
    3. Se rompe la relación que existe entre el elemento individual del valor ambiental y el tipo de condición a la que se apunta.
    4. Finalmente, solo si se han roto todas las relaciones del elemento individual del valor ambiental, se borra a dicho elemento.
  - Si se trata del valor PMV o índice de Confort Térmico:
    1. Se recupera de la Ontología al elemento individual del valor PMV revisado.
    2. Se determina qué *Personas* están relacionadas con el valor PMV revisado y se recuperan de la Ontología los elementos individuales que les correspondan.
    3. Se rompen las relaciones existentes entre el elemento individual del valor PMV revisado y los elementos individuales de las *Personas*.
    4. Finalmente, se borra al elemento individual del valor PMV revisado.
- Petición de *Insertar*:
    - Si se trata de una *Persona* o un *Actuador*:
      1. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda con el ide de la *Persona* o *Actuador* a ser insertado.
      2. Si se logró recuperar el elemento individual del ide, se elimina a esta *Persona* o *Actuador* de la Ontología, y, posteriormente, se continua con el proceso de inserción.
      3. Se recuperan de la Ontología los elementos individuales que correspondan a los datos de la *Persona* o *Actuador* a ser insertado.

#### 4.2. Arquitectura funcional

---

4. Se genera un elemento individual nuevo, con base en los datos de la *Persona* o *Actuador* a ser insertado, que no se encontraron en la Ontología.
  5. Se genera un elemento individual nuevo que corresponda con el ide de la *Persona* o *Actuador* a insertar.
  6. Finalmente, se relacionan los elementos individuales recuperados y generados, y se agregan en la Ontología a los elementos individuales nuevos.
- Si se trata de un valor relacionado con el *Ambiente* (temperatura, humedad, velocidad del aire o concentración de gas):
    1. Se determina a qué tipo de condición ambiental apunta el valor a ser insertado y se recupera de la Ontología al elemento individual que le corresponda.
    2. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor ambiental a ser insertado.
    3. Si no se logró recuperar de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor ambiental a ser insertado, se genera un elemento individual nuevo que corresponda con el valor ambiental a insertar.
    4. Finalmente, se relaciona el elemento individual del tipo de condición al que se apunta con el elemento individual del valor ambiental a insertar. Si es un elemento individual nuevo, este se agrega en la Ontología.
  - Si se trata del valor PMV o índice de Confort Térmico:
    1. Se recupera de la Ontología el elemento individual del valor PMV a ser insertado.
    2. Si no se logró recuperar de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor PMV a ser insertado, se genera un elemento individual nuevo que corresponda con el valor PMV a insertar.
    3. Se determina qué *Personas* deberán ser relacionadas con el valor PMV a ser insertado y se recuperan de la Ontología los elementos individuales que les correspondan.

## 4.2. Arquitectura funcional

---

4. Finalmente, se relacionan los elementos individuales de las *Personas* con el elemento individual del valor PMV a insertar. Si es un elemento individual nuevo, este se agrega en la Ontología.
- Petición de *Actualizar*:
    - Si se trata de una *Persona* o un *Actuador*:
      1. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda con el ide de la *Persona* o *Actuador* a ser actualizado.
      2. De acuerdo al ide de la *Persona* o *Actuador* a ser actualizado, se recuperan de la Ontología a los elementos individuales relacionados a él que no coincidan con los datos que se estén utilizando para su actualización.
      3. Se rompen las relaciones existentes entre el elemento individual ide y los otros elementos individuales recuperados que no coincidan con los datos utilizados para actualizar a la *Persona* o *Actuador*.
      4. A excepción de los elementos individuales que correspondan al nombre de un grupo, se borran los elementos individuales recuperados que hayan roto todas sus relaciones si no coinciden con los datos utilizados para actualizar a la *Persona* o *Actuador*.
      5. Se recuperan de la Ontología los elementos individuales que correspondan a los datos de la *Persona* o *Actuador* a ser actualizado.
      6. Se genera un elemento individual nuevo, con base en los datos de la *Persona* o *Actuador* a ser actualizado, que no se encontraron en la Ontología.
      7. Finalmente, se relacionan los elementos individuales recuperados y generados, y se agregan en la Ontología a los elementos individuales nuevos.
    - Si se trata de un valor relacionado con el *Ambiente* (temperatura, humedad, velocidad del aire o concentración de gas):
      1. Se determina a qué tipo de condición ambiental apunta el valor a ser actualizado y se recupera de la Ontología al elemento individual que le corresponda.

#### 4.2. Arquitectura funcional

---

2. De acuerdo al tipo de condición ambiental al que apunta el valor a ser actualizado, se recuperan de la Ontología a los elementos individuales relacionados a él, que no coincidan con el valor ambiental a ser actualizado.
  3. Se rompen las relaciones existentes entre el elemento individual del tipo de condición ambiental y los otros elementos individuales recuperados que no coincidan con el valor ambiental a ser actualizado.
  4. Se borran los elementos individuales recuperados que hayan roto todas sus relaciones, si no coinciden con el valor ambiental a ser actualizado.
  5. Se recupera de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor ambiental a ser actualizado.
  6. Si no se logró recuperar de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor ambiental a ser actualizado, se genera un elemento individual nuevo que corresponda con el valor ambiental a actualizar.
  7. Finalmente, se relaciona el elemento individual del tipo de condición al que se apunta con el elemento individual del valor ambiental a actualizar. Si es un elemento individual nuevo, este se agrega en la Ontología.
- Si se trata del valor PMV o índice de Confort Térmico:
    1. Se recupera de la Ontología el elemento individual del valor PMV a ser actualizado.
    2. Si no se logró recuperar de la Ontología un elemento individual que corresponda con el valor PMV a ser actualizado, se genera un elemento individual nuevo que corresponda con el valor PMV a actualizar.
    3. Se determina qué *Personas* están relacionadas con el valor PMV a ser actualizado, y se recupera de la Ontología los elementos individuales que les correspondan.
    4. Se rompen las relaciones existentes entre los elementos individuales de las *Personas* recuperadas y el elemento individual del valor PMV a ser actualizado.
    5. Se determina qué *Personas* deberán ser relacionadas con el valor PMV a ser actualizado, y se recuperan de la Ontología los elementos individuales que les correspondan.

## 4.2. Arquitectura funcional

6. Finalmente, se relacionan los elementos individuales de las *Personas* con el elemento individual del valor PMV a actualizar. Si es un elemento individual nuevo, este se agrega en la Ontología.

Cabe destacar el uso de la estructura RDF para los elementos individuales que forman a la Ontología. Su uso se justifica al ser un formato estándar comúnmente utilizado en la literatura, para la construcción de este tipo de bases de conocimiento o herramientas similares (Adeleke y Moodley, 2015; Le-Phuoc y cols., 2016).

### 4.2.4.2. Consulta de la Ontología

La *Consulta*, como se observa en la Figura 4.11, es responsable de recuperar la información almacenada en una base de conocimiento u Ontología. Esto, de acuerdo a una serie de parámetros, o sin ellos, anexos en una petición de datos basada en un lenguaje de consulta.

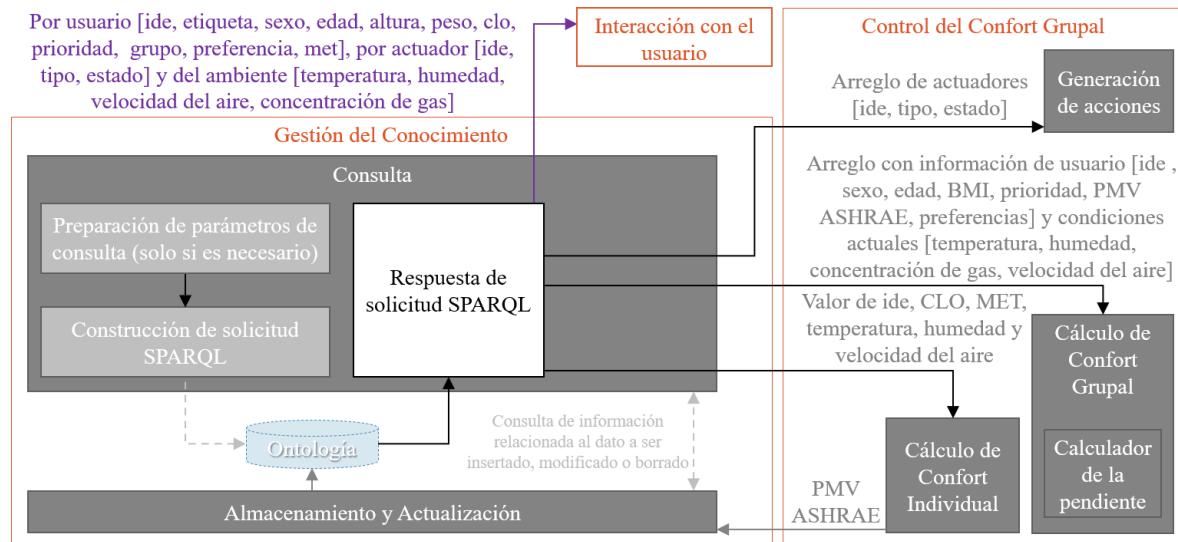


Figura 4.11: Consulta.

Aquí, se decidió hacer uso del lenguaje SPARQL para servir las peticiones solicitadas por la Ontología implementada. Además, SPARQL es una herramienta que explota la configuración generada por la estructura de datos RDF y permite consultar la

## 4.2. Arquitectura funcional

---

información almacenada en Ontologías (Adeleke y Moodley, 2015; Le-Phuoc y cols., 2016).

### 4.2.5. Control del Confort Grupal

La función *Control del Confort Grupal* tiene como subfunciones: *Cálculo de Confort Individual*, *Cálculo de Confort Grupal* y *Generación de acciones*. Estos elementos realizan una serie de procesos dirigidos a un mismo objetivo: determinar si las condiciones del entorno son térmicamente aceptables para los usuarios y, si no lo son, definir qué acciones se deben tomar para mejorar la sensación térmica del grupo.

#### 4.2.5.1. Cálculo de Confort Individual

El *Cálculo de Confort Individual*, como se observa en la Figura 4.12, calcula el valor PMV o índice de Confort Térmico percibido por cada uno de los usuarios del grupo analizado mediante la ecuación 2.1. Esto lo hace con base en la información ambiental y de las personas recuperada a través del medio de *Consulta*.

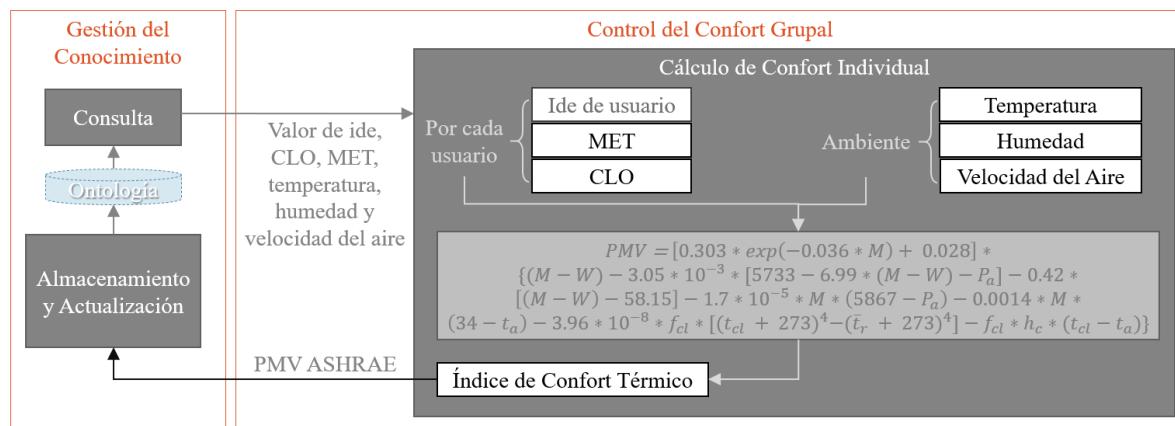


Figura 4.12: Cálculo de Confort Individual.

De esta manera, el *Cálculo de Confort Individual* hace uso de la temperatura, la humedad y la velocidad del aire en el ambiente, y toma el valor MET y CLO de cada usuario para determinar su sensación térmica. Además, al final de este proceso el

## 4.2. Arquitectura funcional

valor de Confort Térmico calculado se guarda en la Ontología, a través del medio de *Almacenamiento y Actualización*.

### 4.2.5.2. Cálculo de Confort Grupal

El *Cálculo de Confort Grupal*, como se observa en la Figura 4.13 y 4.14, busca determinar el nivel de Confort Térmico de un conjunto de personas de acuerdo a la estrategia elegida por el mismo grupo, de entre las estrategias descritas anteriormente: el promedio, placer máximo, miseria mínima, el más respetado y el más popular. En base a esto, el *Cálculo de Confort Grupal* analiza y define el Confort Grupal utilizando uno de dos modelos de Confort Personal implementados: el modelo TE, que revisa el Confort Térmico de un grupo de conforme a una serie de parámetros definidos en la literatura y extiende su rango de aceptabilidad con variables adicionales capaces de influir en este estado; y el modelo PSU, que revisa al Confort Térmico de acuerdo a las preferencias térmicas de cada individuo.

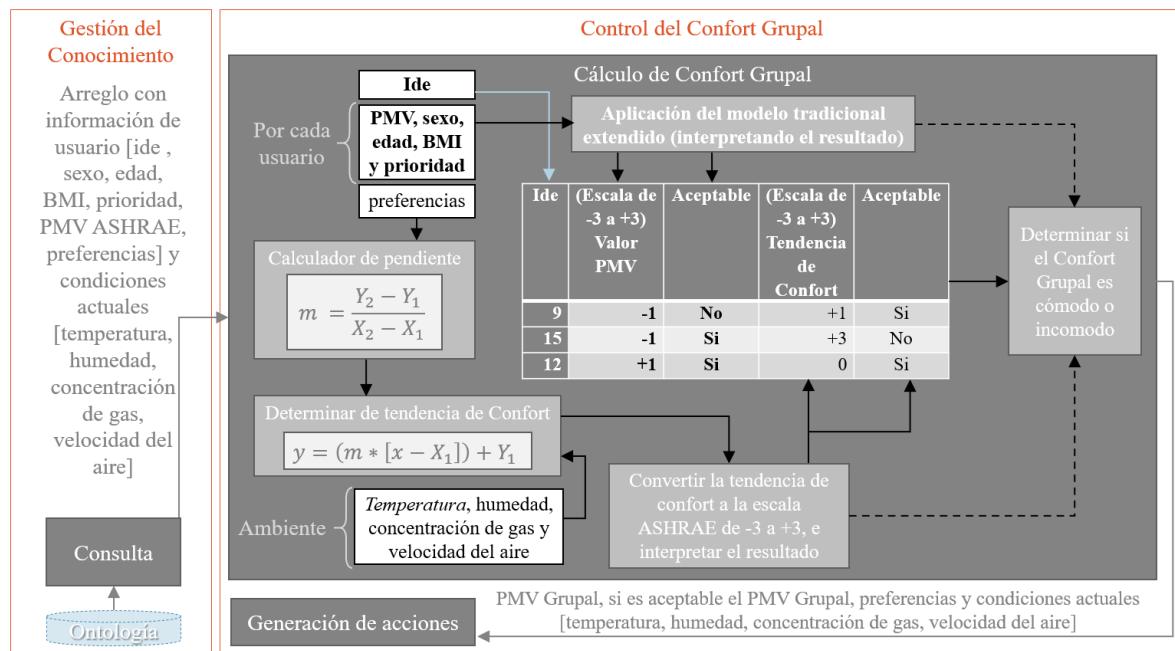


Figura 4.13: Cálculo de Confort Grupal, con el modelo TE.

## 4.2. Arquitectura funcional

---

La Figura 4.13 intenta describir cómo funciona el *Cálculo de Confort Grupal* al hacer uso del modelo TE. Aquí se describe la recuperación de los siguientes datos: por cada usuario se consulta su ide, sexo, edad, BMI (calculado en base a la altura y peso del usuario), valor PMV y prioridad frente a otros; también se consulta la temperatura, humedad, concentración de gas y velocidad del aire que existe en el ambiente. Posteriormente, hace uso de la información consultada para calcular un índice de Confort Grupal e indicar si las condiciones térmicas del lugar son favorables o no para sus ocupantes.

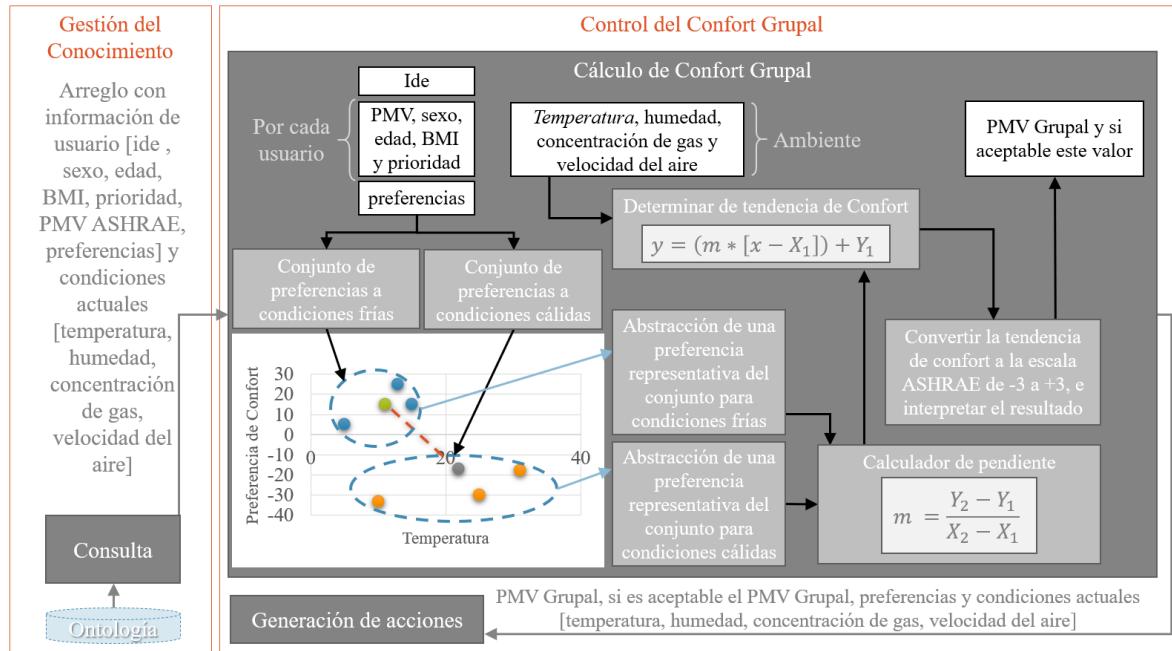
Por otro lado, la Figura 4.14 representa el funcionamiento del *Cálculo de Confort Grupal* al hacer uso del modelo PSU. Se describe la recuperación de los siguientes datos: por cada usuario se consulta su ide, prioridad y preferencias térmicas; y también se consulta el valor actual de las condiciones del ambiente. Entonces, conforme a la estrategia elegida se determina el conjunto características preferidas por el grupo, lo que supone una decisión tomada por ellos, para entonces describir su percepción de confort con respecto al espacio que ocupan. Cabe distinguir que la estrategia elegida es una decisión grupal fuera del alcance del sistema, esta propuesta solo ayudar a definir el resultado de esta decisión.

De esta manera, como se muestra en la Figura 4.14, el Confort Grupal que resulte bajo el modelo PSU, corresponderá a una decisión del grupo que se ajuste a las preferencias térmicas elegidas por todos los miembros. Estas preferencias podrían corresponder a las de un usuario en particular, por ejemplo, la persona de mayor jerarquía, más cómoda, más incómoda, entre otros.

### 4.2.5.3. Generación de acciones

La *Generación de acciones*, como se observa en la Figura 4.15, hace uso de los resultados del *Cálculo de Confort Grupal* y de información sobre de los *Actuadores*, tomada del medio de *Gestión del Conocimiento*, para encontrar qué aspectos o condiciones deben ser modificados en el ambiente para conseguir un mejor estado de Confort Grupal. Si las condiciones térmicas del entorno no son aceptables para sus ocupantes, de acuerdo al modelo de Confort Personal y a la estrategia elegida por el grupo, se intentará determinar qué condiciones podrían ayudar a generar un mejor estado de Confort Grupal de la siguiente forma:

## 4.2. Arquitectura funcional



- Si se está usando algunas de las estrategias importadas de la teoría de los Sistemas de Recomendación para grupos y el modelo PSU, entonces, con base en la Ecuación 4.2 y a las preferencias de usuario elegidas por el grupo, se calculará una temperatura frente a la que el grupo suscriba una preferencia cercana a los 0 puntos, lo que supone una intención nula del grupo por cambiar las condiciones del ambiente.
- Si se utiliza el modelo Tradicional o TE, entonces: si el valor PMV es menor a 0, se incrementaría la temperatura en 1° C; en caso contrario, si el valor PMV es mayor a 0, se reduciría la temperatura en 1° C.

Aunado a esto, si no se tiene un estado aceptable de Confort Grupal en el espacio de trabajo revisado, la *Generación de acciones* buscará una configuración de los *Actuadores* que permita conseguir las condiciones necesarias para obtener un mejor estado de Confort Grupal. Esto, de la siguiente forma:

## 4.2. Arquitectura funcional

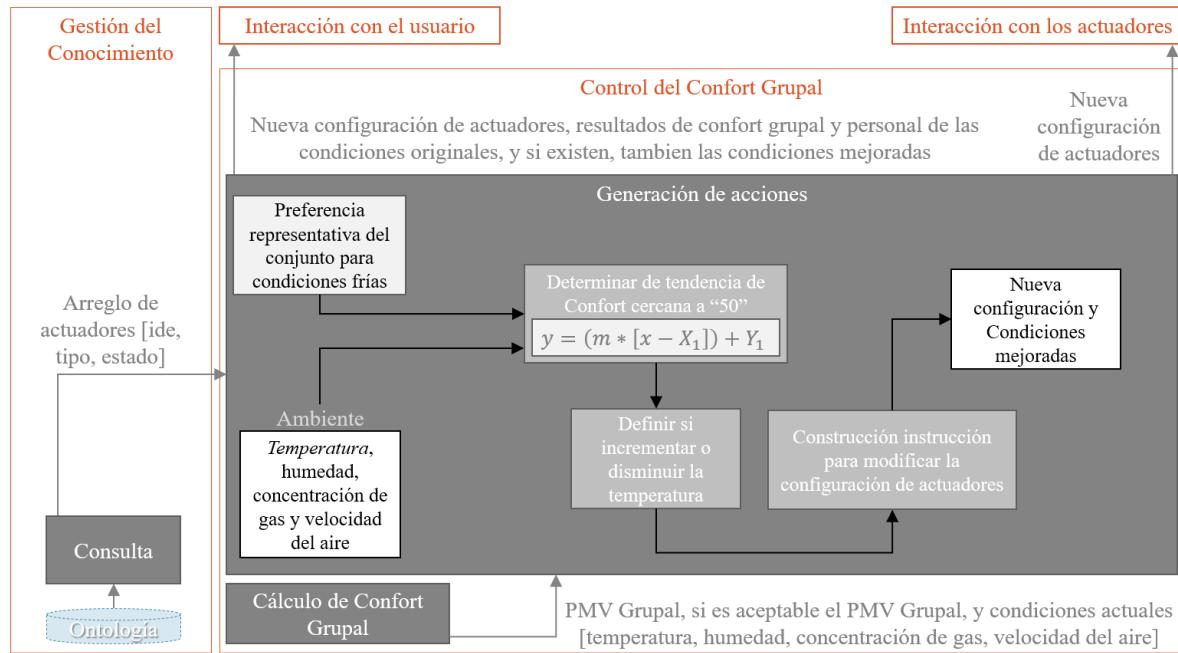


Figura 4.15: Generación de acciones.

- Si se requiere incrementar la temperatura, entonces se encenderá el calefactor y apagará el aire acondicionado. Además, se configurará al calefactor para que busque la temperatura que se quiere alcanzar.
- Si es necesario disminuir la temperatura, entonces se encenderá el aire acondicionado y apagará el calefactor. Además, se configurará al aire acondicionado para busque la temperatura que se quiere conseguir.

### 4.2.6. Interacción con el usuario

La *Interacción con el usuario*, como se presenta en la Figura 4.16, facilita al *Usuario* comunicarse con el sistema de manera que pueda realizar lo siguiente:

- Recuperar información sobre las personas conocidas por el sistema: acción que implica hacer uso del medio de *Gestión del Conocimiento* para recuperar de cada persona, el valor de su ide, sexo, edad, altura, peso, CLO, MET, prioridad, preferencias térmicas y el nombre de los grupos a los que pertenezca.

## 4.2. Arquitectura funcional

---

- Recuperar información sobre los grupos conocidos por el sistema: acción que implica hacer uso del medio de *Gestión del Conocimiento* para recuperar por cada grupo de personas, el valor de su ide y nombre.
- Recuperar información sobre los *Actuadores* conocidos por el sistema: acción que implica hacer uso del medio de *Gestión del Conocimiento* para recuperar de cada *Actuador*, el valor de su ide, tipo y estado.
- Recuperar el valor de las ultimas lecturas ambientales conocidas por el sistema: acción que implica hacer uso del medio de *Gestión del Conocimiento* para adquirir el valor de la temperatura, humedad, velocidad del aire y concentración de gas actuales, que existe en el ambiente.
- Recuperar los resultados de Confort Personal y Grupal, generados por el sistema: acción que implica tomar del medio de *Control del Confort Grupal* el valor del índice de Confort Térmico Personal de cada uno de los individuos del grupo analizado y el índice de Confort Térmico Grupal, junto a la interpretación de estos resultados.
- Recuperar la configuración asignada a los *Actuadores* por parte del sistema: acción que implica tomar del *Control del Confort Grupal* la configuración de *Actuadores* que el sistema ha encontrado para generar un mejor estado Confort Grupal.

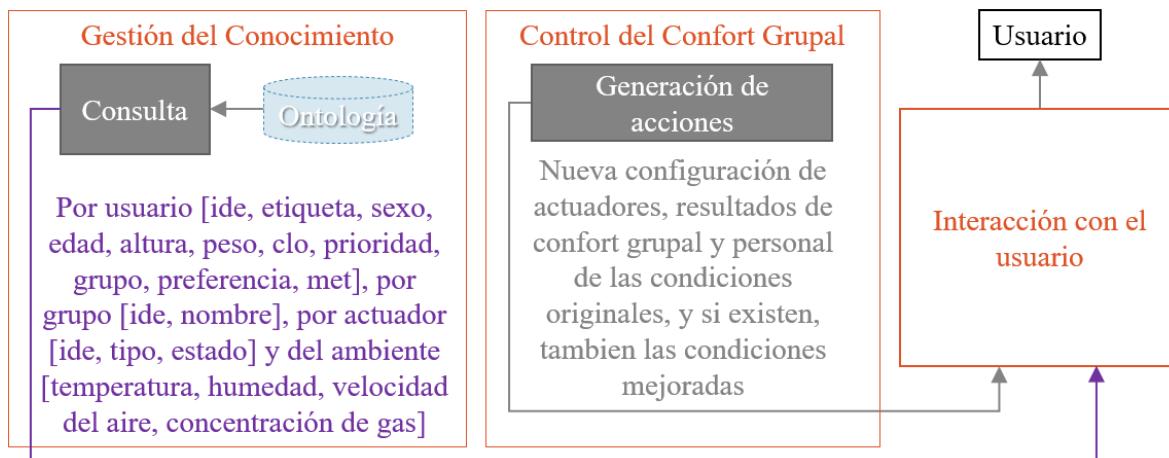


Figura 4.16: Interacción con el usuario.

#### 4.3. Conclusiones

---

De esta manera, la *Interacción con el usuario* permite a un *Usuario* gestionar a los usuarios y grupos del sistema, visualizar su información y su nivel de confort. También, observar los *Actuadores* disponibles, la configuración que tienen asignada y las condiciones ambientales del sitio revisado.

##### 4.2.7. Interacción con los actuadores

La *Interacción con los actuadores*, como se presenta en la Figura 4.17, facilita al sistema comunicarse con los *Actuadores* o elementos de confort disponibles en el espacio de trabajo revisado.

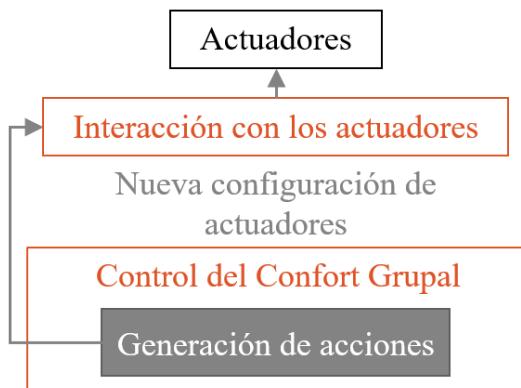


Figura 4.17: Interacción con los actuadores.

Este medio, recoge la configuración definida por el *Control del Confort Grupal* y se la entrega a los *Actuadores* para que la adopten.

#### 4.3. Conclusiones

La AmI es un concepto que busca beneficiar a las personas que ocupan el espacio en donde se aplique. Los beneficios que intenta entregar este concepto, tienen por objetivo hacer más cómoda o fácil, la estancia y actividades de los usuarios. En relación a esto, una de sus principales aplicaciones y de especial intereses para este trabajo, es el Confort Térmico, una condición que describe el grado de satisfacción térmica que tiene un individuo.

#### 4.3. Conclusiones

---

En este capítulo se propuso un modelo de Confort Térmico para grupos, basado en el Confort Térmico de los individuos que lo conforman. Para el Confort Térmico Personal se consideran dos modelos. El primer modelo de Confort Personal utilizado, modelo TE, es una extensión del modelo Tradicional de Confort Térmico, que amplía el rango de aceptación térmica establecido por la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles; mientras que, el segundo modelo de Confort Personal utilizado, modelo PSU, proyecta una representación sencilla, que describe al conjunto de condiciones térmicas preferidas por un usuario. Por su parte, el modelo de Confort Grupal utilizado considera las estrategias para el manejo de grupos importadas de la teoría de los Sistemas de Recomendación para Grupos, con base en cualquiera de los dos modelos de Confort Personal adoptados.

Además, se propuso una arquitectura funcional de AmI dirigida a la construcción de aplicaciones de Confort Térmico que traten con entornos ocupados por múltiples usuarios. Dicha arquitectura funcional considera varios niveles o capas: primero se busca adquirir la información necesaria para determinar el Confort Térmico de los usuarios y el grupo, y generar una Ontología. En segundo lugar, de acuerdo a la información adquirida, se analiza la sensación térmica de los usuarios con los que se esté trabajando y se actualiza la Ontología. En tercer lugar, se explota el conocimiento generado para inferir si las condiciones del lugar son o no aceptables para cada uno de los ocupantes del sitio revisado y el grupo. Finalmente, con base en el Confort Grupal, se decide si es o no necesario realizar cambios en el ambiente y, si es necesario, se determina la configuración que deben adoptar los actuadores, para lograr condiciones ambientales consensuadas por el grupo.

# Capítulo 5

## Implementación prototipo

En este capítulo se expone la construcción de un prototipo funcional, basado en la solución propuesta por este trabajo de investigación. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 5.1 se presentan las herramientas utilizadas para construir un prototipo de la solución propuesta. En la Sección 5.2 se describe la estructura que tiene el prototipo desarrollado, mientras que la Sección 5.3, 5.4 y 5.5 se muestra cómo es y funciona dicho sistema. La Sección 5.6 aborda el proceso y presenta los resultados obtenidos de una evaluación funcional y de la *Usabilidad* del prototipo. Finalmente, la Sección 5.7 discute aspectos importantes sobre la construcción y funcionamiento del prototipo.

### 5.1. Herramientas utilizadas

A continuación se describe el conjunto de tecnologías utilizadas para la construcción y despliegue de los componentes que forman la solución propuesta. Estas son herramientas que permiten conseguir los siguientes objetivos: comunicar al sistema con el flujo de datos servidos por los sensores, comunicar al sistema con los actuadores disponibles en el sitio revisado, almacenar permanentemente información sobre el ambiente, los actuadores, los usuarios y también sus grupos, y construir una Ontología.

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

### 5.1.1. Java

El lenguaje de programación *Java* es una popular herramienta para el desarrollo de sistemas que utilicen Ontologías, ante lo cual se puede destacar a Frameworks como JENA y Virtuoso para la construcción de este tipo de mecanismos (Le-Phuoc y cols., 2016; Shi y cols., 2017). Además, *Java* cuenta los medios necesarios para levantar un servidor web y es compatible con múltiples tipos de tecnologías (Le-Phuoc y cols., 2016; Zhu y cols., 2017).

### 5.1.2. HTML, CSS y JavaScript

El conjunto de herramientas *HTML*, *CSS* y *JavaScript* son clave para el desarrollo de páginas o aplicaciones web que sean accesibles desde diferentes tipos de navegadores. El lenguaje de marcas *HTML* y la hoja de estilos *CSS* ayudan crear una interfaz que sea agradable para el usuario, y *JavaScript* permite proporcionarle la funcionalidad necesaria.

### 5.1.3. Protocolo MQTT

El protocolo Transporte de Telemetría en Cola de Mensajes (*Message Queue Telemetry Transport* o MQTT, por sus siglas en inglés), está diseñado con base en la pila TCP/IP y se ha adoptado como un estándar de comunicación para el IoT y sus aplicaciones (Merabet y cols., 2018; Marriaga-Barroso, 2018). Las entidades de este protocolo son (Ruiz-Ariza, 2019):

- El Intermediario: o *Broker*, es un servicio que recibe mensajes provenientes de clientes y después los redirige al destino que les corresponda.
- El Cliente: cualquier elemento con capacidad para enviar y recibir mensajes, por ejemplo, sensores y actuadores.

MQTT funciona como un sistema de mensajería asíncrona bajo el patrón *Publicación/Suscripción* y la arquitectura *Cliente/Servidor* (Heidarieh-Sorosh, 2018). Además, refleja una sobrecarga mínima, lo que hace posible implementarlo frente a

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

problemas de comunicación entre diferentes tipos de componentes (Ruiz-Ariza, 2019; Lozano-Feliú, 2017). Es así que MQTT suscribe las siguientes ventajas (Ruiz-Ariza, 2019):

- Es una herramienta liviana y relativamente fácil de utilizar.
- Es compatible con diferentes tipos de dispositivos y sistemas.
- Funciona en redes con un bajo ancho de banda o una latencia alta.
- Es flexible y soporta diferentes contextos de aplicación.

Cabe destacar que MQTT organiza los mensajes en *Tópicos* o temas y cualquier limitante de acceso a los datos, deberá ser especificada por el desarrollador. La Figura 5.1 expone cómo funciona el proceso de envío y recepción de mensajes a través de este protocolo, lo cual, se puede describir de la siguiente manera (Heidarieh-Sorosh, 2018):

1. Un *cliente* se conecta al servicio *Broker*.
2. El *cliente* se suscribe a cualquier *Tópico* de mensajes en el *Broker*.
3. El *cliente* prepara un mensaje *X* ligado a un *Tópico*.
4. El *cliente* envía un mensaje *X* al servicio de *Broker*.
5. El *Broker* recibe un mensaje *X* de algún *cliente*.
6. El *Broker* redirige el mensaje *X*, a todos los otros *clientes* suscritos al *Tópico* del mensaje *X* recibido.

Una de las implementaciones más populares y eficientes del protocolo de comunicación MQTT es con la herramienta *Eclipse Mosquitto*. Este mecanismo es un *Broker* que permite observar y capturar el flujo de datos emitido por distintos tipos de dispositivos, como sensores y actuadores. Además, *Eclipse Mosquitto* es un sistema Open Source, ligero, multiplataforma y relativamente sencillo de instalar, configurar y utilizar (Heidarieh-Sorosh, 2018).

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

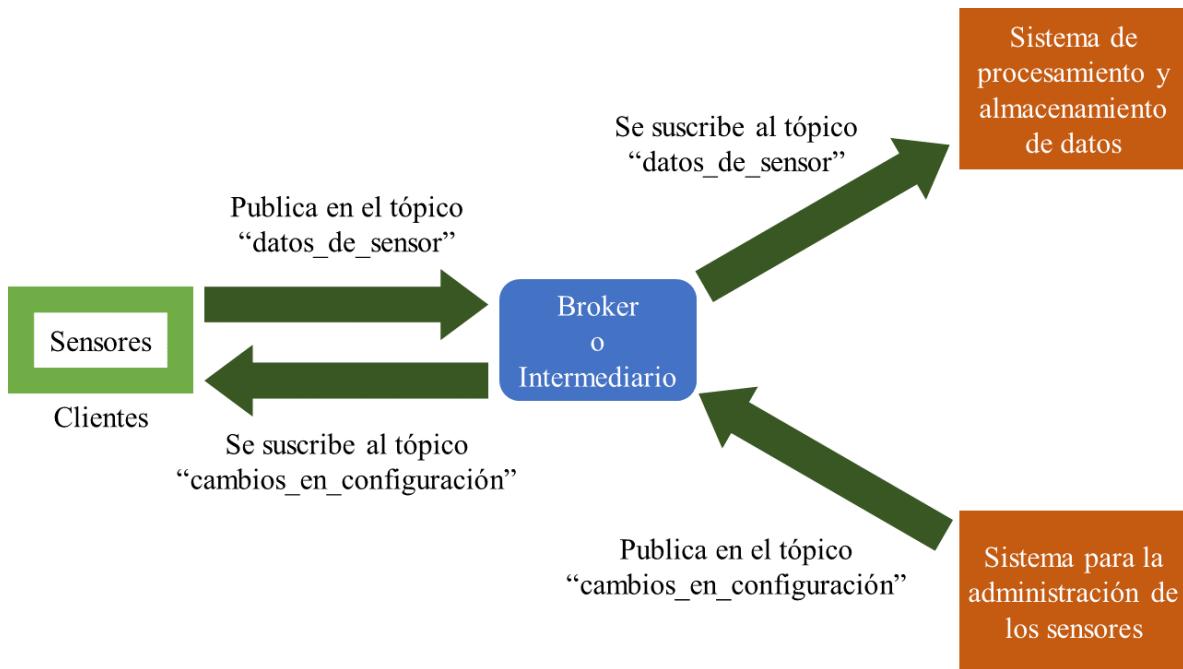


Figura 5.1: Ejemplo del modelo *Publicación/Suscripción* del protocolo MQTT.

### 5.1.4. Gestor de Base de datos MySQL

MySQL es un Sistema de Administración de Base de Datos Relacionales (*Relational DataBase Management System* o RDBMS, por sus siglas en inglés) rápido, robusto y relativamente fácil de utilizar (THIBAUD, 2006). Este mecanismo es multiplataforma, compatible con diferentes lenguajes de programación y *Open Source* (THIBAUD, 2006; Casillas-Santillán y cols., 2014). También, es una herramienta capaz de adaptarse a diferentes contextos, especialmente si se contempla una arquitectura de tipo *Cliente/Servidor* (Casillas-Santillán y cols., 2014).

En este sentido, y para efectos del prototipo, se diseñó e implementó el esquema expuesto por la Figura 5.2 usando MySQL. Este esquema contempla los campos y tablas suficientes para almacenar información estática sobre los usuarios, grupos y actuadores del espacio de trabajo.

Cabe destacar que el esquema expuesto por la Figura 5.2, es compatible con el contexto de un aula de clases o el de una oficina, ya que permite describir a

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

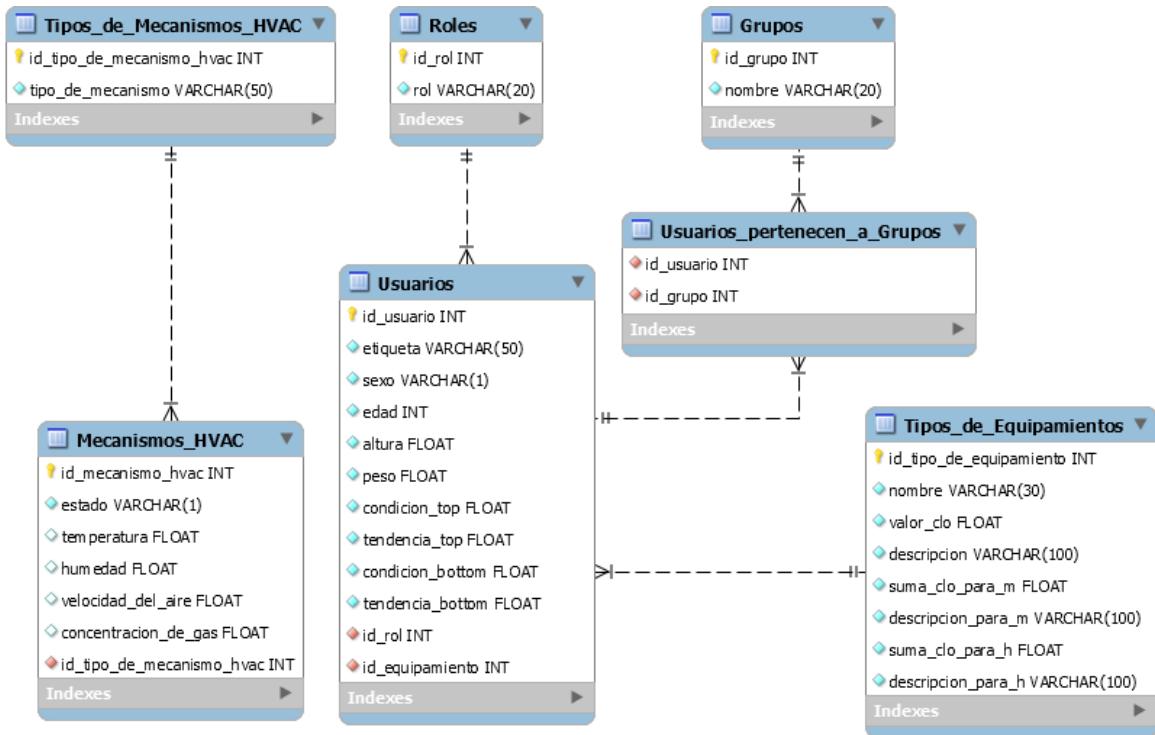


Figura 5.2: Esquema relacional de base de datos implementado para el prototipo.

grupos específicos de usuarios, formados por individuos únicos, con preferencias y características diferentes.

### 5.1.5. Servicio JENA

El Framework Apache Jena es una herramienta que proporciona una interfaz de programación para el desarrollo de aplicaciones semánticas, con base en un marco de trabajo y una serie de librerías en Java (Malla Sánchez y cols., 2016; Ortiz-Cabañas, 2014). Apache Jena es una poderosa y popular herramienta para la construcción de Ontologías u otro tipo de mecanismos basados en una estructura semántica. Además, este Framework incluye un motor de inferencia basado en reglas y un subsistema de base de datos llamado TDB, para el almacenamiento y consulta de *Triplets* RDF (que representan Ontologías) a través de SPARQL (Becerril-García y cols., 2014).

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

### 5.1.5.1. Ontología

Las Ontologías son herramientas de Representación del Conocimiento (*Knowledge Representation* o KR, por sus siglas en inglés), uno de los componentes más importantes para soluciones de IA y CA (Paulheim, 2016; Fathalla y cols., 2017; Gim y cols., 2018). Estas herramientas son comúnmente utilizadas para responder preguntas, apoyar la toma de decisiones, enriquecer el conocimiento existente, descubrir nuevo conocimiento, entre otros fines (Doan y cols., 2012; Le-Phuoc y cols., 2016; Shao y cols., 2017). Como se da ejemplo en la Figura 5.3, las Ontologías permiten mostrar la información que tienen almacenada de una forma gráfica (Le-Phuoc y cols., 2016; Shao y cols., 2017). Por esta razón, se considera a estas herramientas una evolución de las redes semánticas (Zhu y cols., 2017; Patel y cols., 2018), en donde convergen diferentes aspectos teóricos y métodos de las matemáticas aplicadas, teoría y modelos de grafos, técnicas para la visualización de información, la ciencia de datos, entre otras disciplinas.

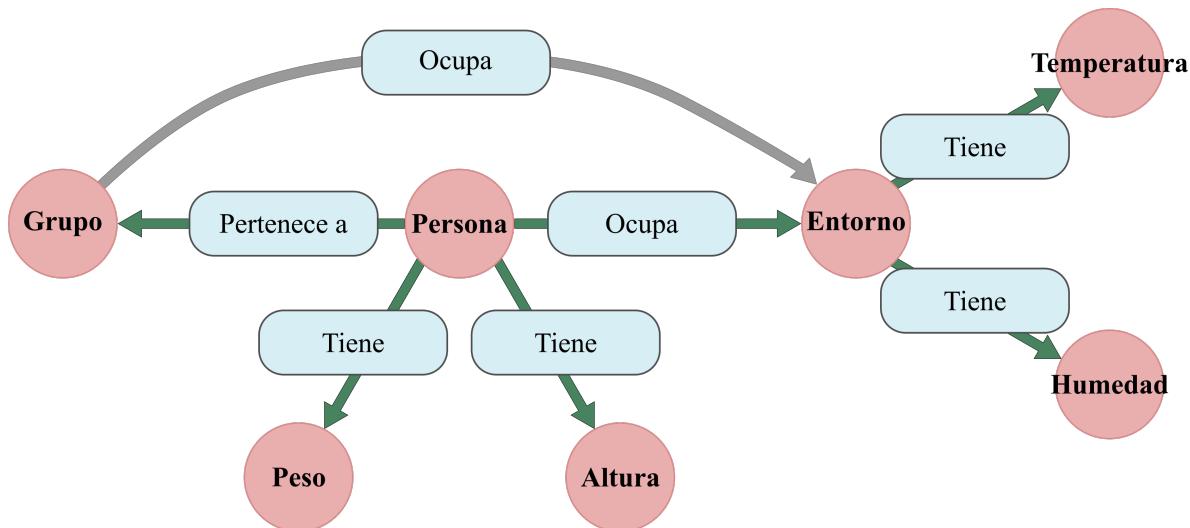


Figura 5.3: Ejemplo de Ontología como un grafo.

Como se mostró en la Figura 5.3, estos mecanismos son capaces de almacenar información y representar al contexto o dominio de una aplicación, sin importar que la naturaleza de sus datos sea heterogénea. Esto, a través de diversos tipos de relaciones entre los diferentes objetos de su dominio, con base en los siguientes elementos (Ehrlinger y WöB, 2016; Zhu y cols., 2017; Ebisu y Ichise, 2018):

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

- **Entidad:** representa una característica, concepto, objeto o sujeto del contexto.
- **Relación:** vínculo o predicado que une a una entidad consigo misma u otra, y el cual, debe ser lo suficientemente descriptivo.
- **Hechos:** objeto compuesto por tres elementos, los cuales, son descritos de la forma *Entidad - Relación - Entidad*.

En general, las Ontologías están formadas por un número indefinido de entidades o nodos, unidos unos con otros a través de relaciones gráficamente representadas por una linea (Wang y cols., 2015; Paulheim, 2016; Ebisu y Ichise, 2018). Las entidades y relaciones representan hechos, caminos o direcciones, almacenadas en una estructura de grafo, como puede ser un grafo dirigido o uno no dirigido (Le-Phuoc y cols., 2016; Ebisu y Ichise, 2018; Wang y cols., 2018).

Por lo tanto, se entiende que una Ontología es una red de datos masivos conectados a través de un modelo orientado a grafos, capaz de analizar, relacionar, integrar y representar conocimiento (Ehrlinger y WöB, 2016; Ebisu y Ichise, 2018). Así que resulta muy importante cuidar el diseño y despliegue de la estructura implementada en estas herramientas, ya que pueden llegar a tener o generar relaciones complejas entre sus datos y dificultar la consulta o el uso de su conocimiento (Ernst y cols., 2015; Yu y cols., 2017; Zhao, Qian y cols., 2018).

### 5.1.5.2. RDF

La estructura RDF es un modelo estándar para el intercambio de datos u objetos en la Web (Malla Sánchez y cols., 2016). Este estándar facilita la tarea de construir clases con jerarquía y definir restricciones sobre un dominio del conocimiento, como también fusionar y definir relaciones entre diferentes tipos de elementos (Doan y cols., 2012).

Como se muestra la Figura 5.4, RDF suscribe una estructura de entidades y relaciones que representan a un hecho. Esta estructura se encuentra definida por tres elementos *Sujeto – Predicado – Objeto*, llamados *Triplets* (Ortiz-Cabañas, 2014; Ehrlinger y WöB, 2016; W3C, 2014). Tales elementos son descritos de la siguiente forma (Doan y cols., 2012; W3C, 2014):

## 5.1. Herramientas utilizadas

---

- **Sujeto:** recurso definido por un Identificador de Recursos Uniforme (*Uniform Resource Identifier* o URI, por sus siglas en inglés) para su localización.
- **Predicado:** propiedad, relación o característica establecida por el *Sujeto* para con un *Objeto*.
- **Objeto:** valor, contenido, significado, declaración, sentencia o enuncia definido por un *Predicado*.

```
<rdf:RDF
  xmlns:dcx="URI terms/"
  xmlns:rdf="https://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar">

  [ <rdf:Description rdf:about="URI/Sujeto-ID-5">
    [ <dcx[Pertenece_A] Predicado
      rdf:resource="URI/ObjetoGrupo-ID-7" /> ] Objeto
  ] Sujeto
  ]
  </rdf:Description>
  ]
  </rdf:RDF>
```

Figura 5.4: Nodo en documento XML/RDF.

Cabe destacar que los documentos escritos en RDF, como se observó en la Figura 5.4, suelen ser exportados y manejados en formato XML, también llamado XML/RDF (Ortiz-Cabañas, 2014). Ahí se define a los nodos *Sujeto* con la etiqueta *rdf:about* y a los nodos *Objeto* con la etiqueta *rdf:resource* (Doan y cols., 2012; Ortiz-Cabañas, 2014).

### 5.1.5.3. SPARQL

SPARQL es un lenguaje para la consulta de repositorios o vistas de datos en formato RDF, como Ontologías (Doan y cols., 2012; Malla Sánchez y cols., 2016). Este lenguaje tiene la capacidad para consultar datos, conjunciones y disyunciones en una Ontología (Malla Sánchez y cols., 2016).

Además, el resultado de consultas en SPARQL se pueden utilizar para generar nuevas estructuras de datos de tipo grafo, bajo el formato RDF (Doan y cols., 2012;

## 5.2. Arquitectura del prototipo

---

Ramanujam y cols., 2009). Por ejemplo, a través de una consulta con SPARQL, se puede generar una Ontología nueva a partir de otra.

## 5.2. Arquitectura del prototipo

En la Figura 5.5 se presenta la arquitectura de un prototipo funcional. Esta arquitectura materializa la solución de Confort Térmico Grupal propuesta, de acuerdo a las capas descritas en la Figura 4.5, que son: *Recuperación de datos*, *Gestión del Conocimiento*, el *Control del Confort Grupal*, la *Interacción con el usuario* e *Interacción con los actuadores*. Además, se incluye un medio de *Simulación* para poder trabajar con *Sensores y Actuadores*.

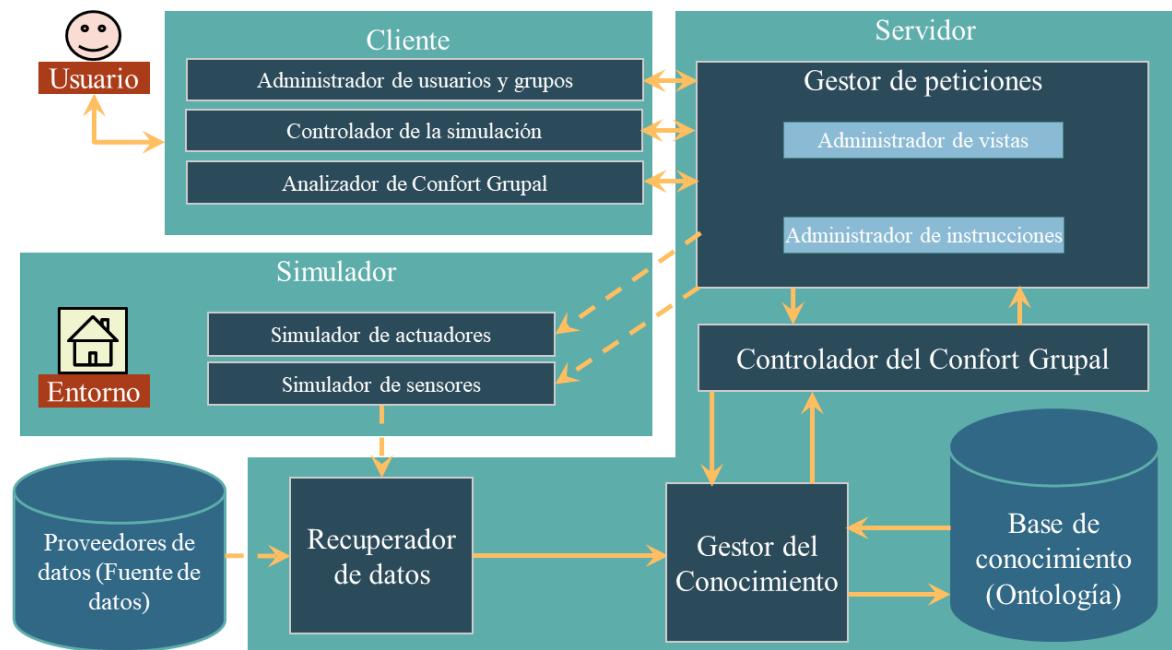


Figura 5.5: Arquitectura del prototipo desarrollado.

La arquitectura expuesta en la Figura 5.5 describe como se desarrollo un prototipo funcional, el cual, ha sido llamado *Sistema Asistente para el Cálculo del Confort Térmico de Grupos de Usuarios (ACTGU)* y se encuentra dividido en las siguientes partes, con sus respectivos componentes:

### 5.3. Cliente

---

- El *Cliente*, que implementa a los componentes: *Administrador de usuarios y grupos*, *Controlador de la simulación* y *Analizador de Confort Grupal*, los cuales trabajan de forma directa con el *Gestor de peticiones*.
- El *Servidor*, que implementa a los componentes: *Recuperador de datos*, *Gestor del Conocimiento*, *Controlador del Confort Grupal* y al *Gestor de peticiones*, principales elementos de la solución propuesta.
- El *Simulador*, que implementa a los componentes: *Simulador de actuadores* y *Simulador de sensores*, medios que imitan el comportamiento de dispositivos físicos de sensado de datos y actuación sobre el ambiente.

Es importante señalar que los componentes *Administrador de usuarios y grupos*, *Controlador de la simulación* y *Analizador de Confort Grupal* están íntimamente relacionados con la capa de *Interacción con el usuario*. De manera similar, el componente *Simulador de actuadores* es un elemento íntimamente relacionado con la capa de *Interacción con los actuadores* y los propios *Actuadores*. Además, en esta arquitectura se incluyó al componente *Gestor de peticiones*, como medio para que el *Servidor* se comunicara con el *Cliente* y *Simulador*.

## 5.3. Cliente

El *Cliente* es la única parte del prototipo con la que el usuario puede interactuar. Él está formado por cuatro páginas, una es la página principal *index.html* cuya vista es expuesta en la Figura 5.6 y sirve como un medio de acceso común a las otras páginas.

Cuando se solicita la página *index.html* o alguna otra, el *Cliente* realiza una petición GET al *Servidor* en el puerto 8088 de la siguiente manera *http://<dominio>/index.html:8088*. En la Figura 5.7, se muestra como el *Servidor* genera una instancia de la clase *ServicioHTTP* para atender las peticiones que reciba, ya sean de tipo GET o POST.

### 5.3. Cliente

---



Figura 5.6: Página principal del *Cliente*.

```
// Se crea un nuevo Servicio HTTP para cada conexión  
// aceptada  
ServicioHTTP servicioHttp = new  
    ServicioHTTP(srvSocket.accept());  
// Iniciar proceso de Servicio HTTP  
servicioHttp.beginProcess();
```

Figura 5.7: Código que genera una instancia de la clase *ServicioHTTP* para atender las peticiones realizadas al *Servidor*.

Por su parte, las otras tres páginas presentan la siguiente correspondencia: 1) el *Administrador de usuarios y grupos* tiene una página formada por las vistas expuestas en la Figura 5.10, 5.16, 5.17, 5.18, 5.20, 5.11, 5.22, 5.23, 5.24 y 5.26, y provee los medios necesarios para gestionar la información de los usuarios y grupos de trabajo; 2) el *Controlador de la simulación* se corresponde con la página expuesta en la Figura 5.30, y permite configurar el valor de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*; y 3) el *Analizador de Confort Grupal* suscribe una página formada por las vistas de la Figura 5.35, 5.38 y 5.39, a través de las cuales, da la posibilidad de iniciar con el análisis del Confort Térmico Grupal y observar los resultados que arroje.

## 5.3. Cliente

---

### 5.3.1. Administrador de usuarios y grupos

Cuando es cargada la página que compone al *Administrador de usuarios y grupos* se lanzan varias peticiones de tipo POST ejecutando el código expuesto en la Figura 5.8, lo que carga una serie de tablas virtuales con datos recuperados de la Ontología. Esto, hace posible desplegar en la página una lista con los usuarios y grupos almacenados en la Ontología, y realizar operaciones como *Ver*, *Agregar*, *Editar* y *Eliminar*.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest(),
    paramsURL = 'jsonData=' + '{Tabla:' + arrTablas[indexAT] +
    '}';
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('sistema/informacion'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.8: Código de solicitud AJAX dirigida al *Servidor* para la consulta de conjunto específico de datos almacenados en la Ontología.

```
// Validar el tab seleccionado
if (tabId === "panel_usuarios") {
    ...
    // Asignar tab seleccionado
    tab_seleccionado = tabId;
    // Asignar título a página
    ctrl_titulo.appendChild(document.createTextNode("Configuración de usuarios"));
} else if (tabId === "panel_grupos") {
    ...
    // Asignar tab seleccionado
    tab_seleccionado = tabId;
    // Asignar título a página
    ctrl_titulo.appendChild(document.createTextNode("Configuración de grupos"));
}
```

Figura 5.9: Código que cambia entre la vista de usuarios y la de grupos, de acuerdo al *tab* seleccionado.

Luego de iniciarse esta página se presenta dos vistas de trabajo, la primer vista es descrita por la Figura 5.10 y tiene el objetivo administrar la información de los

### 5.3. Cliente

usuarios almacenados en la Ontología. Mientras que, la segunda vista esta descrita por la Figura 5.11 y tiene el objetivo administrar la información de los grupos.

The screenshot shows the 'Configuración de usuarios' (User Configuration) page of the ACTGU system. At the top, there is a green header bar with the text 'Sistema ACTGU'. Below it, the main title 'Configuración de usuarios' is centered. Underneath the title are four buttons: 'Ver' (with a person icon), 'Agregar' (with a plus sign and person icon), 'Editar' (with a pencil and person icon), and 'Eliminar' (with a minus sign and person icon). The main content area is a table with the following columns: Etiqueta, Sexo, Edad, Altura, Peso, Rol, Vestimenta, Actividad, and Grupos. The table contains the following data:

Etiqueta	Sexo	Edad	Altura	Peso	Rol	Vestimenta	Actividad	Grupos
Usuario 021	Hombre	22 años	1.70 m	80.00 kg	Docente	Prendas de tela delgada (p...)	1.06	Clase F
Maria	Mujer	28 años	1.50 m	55.00 kg	Alumno	Prendas de tela delgada (p...)	1.06	7a Gen y Oficina A
Alejandro	Hombre	25 años	1.70 m	65.00 kg	Alumno	Prendas de tela delgada (p...)	1.07	Oficina A
Usuario 018	Mujer	22 años	1.60 m	66.00 kg	Docente	Prendas de tela delgada (p...)	1.07	Clase F
Luz	Mujer	24 años	1.50 m	60.00 kg	Alumno	Prendas de tela delgada (p...)	1.08	Oficina A
Julio	Hombre	40 años	1.65 m	65.00 kg	Alumno	Prendas de tela delgada (p...)	1.09	Oficina A

At the bottom of the page, there are two buttons: 'Configurar simulación' (with a gear icon) and 'Analizar Confort Térmico' (with a graph icon). The footer of the page includes the email 'leon.blanco@hotmail.com' and the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license logo. It also states: 'Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.'

Figura 5.10: Página para la gestión de usuarios y grupos, configurada para tratar a los usuarios.

Al seleccionar un *tab* en la página (el de *Usuarios* o *Grupos*) se ejecuta el código expuesto en la Figura 5.9, que muestra una vista u otra de acuerdo a lo siguiente:

- Como se muestra en la Figura 5.10, al seleccionar el *tab* de *Usuarios*:

### 5.3. Cliente

The screenshot shows a web-based application interface for managing user groups. At the top, a dark green header bar displays the text "Sistema ACTGU". Below it, a white main area has a title "Configuración de grupos". At the top of this area are four buttons: "Ver" (with a user icon), "Agregar" (with a plus sign and user icon), "Editar" (with a pencil and user icon), and "Eliminar" (with a minus sign and user icon). Below these buttons is a navigation bar with two tabs: "Usuarios" and "Grupos", where "Grupos" is currently selected. The main content area contains a table with columns "Nombre" (Name) and "Etiqueta de usuarios miembros" (Label of user members). The table lists several groups:

Nombre	Etiqueta de usuarios miembros
Grup Sin Usrs	
UA 001	Usuario 011, Sofía y Pedro
7a Gen	Usuario 011 y María
MINOS	Sofía, Pedro y Miguel
Clase F	Usuario 018 y Usuario 021
Oficina A	Sofía, Esteban, Alejandro, Julio, Pedro, María, Karen, Miguel, Luz y Sonia

At the bottom of the main content area are two buttons: "Configurar simulación" and "Analizar Confort Térmico". The footer of the page is a dark green bar containing the email address "leon.blanco@hotmail.com" and a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license logo. It also includes the text "Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional."

Figura 5.11: Página para la gestión de usuarios y grupos, configurada para tratar a los grupos.

- La leyenda de la parte superior de la página, escribirá el título *Configuración de usuarios*.
  - Los botones *Ver*, *Agregar*, *Editar* y *Eliminar* de la parte superior de la página, adoptaran un icono de usuario.
  - Se ocultará la tabla de grupos del control *tab*.
  - Se hará visible la tabla de usuarios del control *tab* y se mostrara en ella, una lista con los usuarios registrados en la Ontología, describiendo el valor de su *Etiqueta*, *Sexo*, *Edad*, *Altura*, *Peso*, *Rol*, *Vestimenta*, *Actividad* y el nombre de los *Grupos* a los que pertenezca.
- Como se muestra en la Figura 5.11, al seleccionar el *tab* de *Grupos*:

### 5.3. Cliente

---

- La leyenda de la parte superior de la página, escribirá el título *Configuración de grupos*.
- Los botones *Ver, Agregar, Editar y Eliminar* de la parte superior de la página, adoptaran un icono de grupo.
- Se ocultará la tabla de usuarios del control *tab*.
- Se hará visible la tabla de grupos del control *tab* y se mostrara en ella, una lista de los grupos registrados en la Ontología, describiendo su *Nombre* y la *Etiqueta de usuarios miembros* de cada grupo.

En la parte inferior de esta página se encuentra dos botones:

- Configurar simulación: botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá configurar el comportamiento de los sensores y pruebas a ser realizadas.
- Analizar Confort Térmico: botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá iniciar y observar los resultados de analizar el Confort Térmico Grupal.

En la parte superior de la página se encuentran los botones *Ver, Agregar, Editar y Eliminar*, los cuales ejecutan las acciones descritas en la Figura 5.12, 5.13, 5.14 y 5.15, cuyo comportamiento depende del *tab* seleccionado.

```
// Validar el tab seleccionado
if (tab_seleccionado == "panel_usuarios") {
    // Abrir modulo de usuarios
    abrir_modulo_usuario("ver");
} else {
    // Abrir modulo de grupos
    abrir_modulo_grupo("ver");
}
```

Figura 5.12: Código que despliega una ventana con información sobre un usuario o grupo en particular.

### 5.3. Cliente

---

```
// Validar el tab seleccionado
if (tab_seleccionado == "panel_usuarios") {
    // Abrir modulo de usuarios
    abrir_modulo_usuario("nuevo");
} else {
    // Abrir modulo de grupos
    abrir_modulo_grupo("nuevo");
}
```

Figura 5.13: Código que despliega una ventana con una serie de controles editables, para el registro de un nuevo usuario o grupo.

```
// Validar el tab seleccionado
if (tab_seleccionado == "panel_usuarios") {
    // Abrir modulo de usuarios
    abrir_modulo_usuario("editar");
} else {
    // Abrir modulo de grupos
    abrir_modulo_grupo("editar");
}
```

Figura 5.14: Código que despliega una ventana formada por una serie de controles editables con información sobre un usuario o grupo en particular.

```
// Validar el tab seleccionado
if (tab_seleccionado == "panel_usuarios") {
    // Invoca proceso para borrar usuario
    eliminar_usuario();
} else {
    // Invoca proceso para borrar grupo
    eliminar_grupo();
}
```

Figura 5.15: Código que despliega un mensaje de confirmación, para eliminar o no a un usuario o grupo en particular.

### 5.3. Cliente

---

Al tener seleccionado el *tab* de *Usuarios* y dar clic sobre el botón *Ver*, se desplegará la ventana expuesta en la Figura 5.16, que muestra información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, dentro de un formulario no editable, de la siguiente manera:

- En la caja de texto *Etiqueta*, es escrita una etiqueta única, que distingue al usuario actual de otros.
- En el selector *Sexo*, es seleccionado el género del usuario actual.
- En la caja numérica *Edad*, es digitada la edad del usuario actual.
- En la caja numérica *Altura*, es digitada la altura del usuario actual.
- En la caja numérica *Peso*, es digitado el peso del usuario actual.
- El valor digitado en la caja numérica *Índice de masa corporal*, es calculado en base a la Ecuación 3.1, y al valor de los controles *Altura* y *Peso*.
- En el selector *Rol*, es seleccionado el rol del usuario actual, lo que distingue su prioridad frente a otros.
- En el selector *Tipo de ropa vestida*, es seleccionada la vestida utilizada por el usuario actual y, con base en la Tabla 4.4, 4.5 y el valor del control *Sexo*, es determinado el valor CLO de la ropa seleccionada.
- La tabla de grupos, ubicada en la parte derecha de esta ventana, es llenada con una serie de filas alusivas a los grupos registrados en la Ontología, cada fila con un control checkbox deshabilitado y, chequeado cuando el usuario actual pertenezca al grupo y deschequeado cuando el usuario actual no pertenezca al grupo.
- En la caja numérica *Temperatura<sub>p</sub>*, es digitada una temperatura referente a un clima frió; en el control deslizante a su derecha, es seleccionado un valor referente a la necesidad del usuario actual, por conseguir condiciones ambientales más cálidas; y en la caja numérica de la derecha, es digitado el valor de esta necesidad.
- En la caja numérica *Temperatura<sub>k</sub>*, es digitada una temperatura referente a un clima cálido; en el control deslizante a su derecha, es seleccionado un valor referente a la necesidad del usuario actual, por conseguir condiciones ambientales

### 5.3. Cliente

más frías; y en la caja numérica de la derecha, es digitado el valor de esta necesidad.

- En la parte inferior de esta ventana, se encuentra habilitado el botón *Regresar*, para salir de la misma ventana.

The screenshot shows a modal window titled "Información del usuario seleccionado". On the left, there's a sidebar with tabs: "Sistemas", "Usuarios", "P00B", "P00A", and "P00C". The "Usuarios" tab is selected. Inside the modal, there are three main sections: 1) User details: Etiqueta (P00A), Sexo (Mujer), Edad (25 años), Altura (1.55 m), Peso (60.00 kg), and Índice de masa corporal (38.71). 2) Clothing information: Rol (Docente), Tipo de ropa vestida (Ropa ligera para 0.94 clo), and a detailed description of clothing items. 3) Group membership: A table showing groups the user belongs to, with rows for "Sel." (checkbox), "Grupo" (Clase G, Clase H), and checkboxes for each. At the bottom, there are two temperature sliders: "Temperatura\_fria" (15.0 °C) and "Temperatura\_cálida" (28.0 °C), both with a range from -10 to +35. A red "Regresar" button is at the bottom right.

Figura 5.16: Ventana modal que permite observar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

De forma similar, estando seleccionado el *tab* de *Usuarios*: si se da clic en el botón *Agregar*, se desplegará la ventana expuesta por la Figura 5.17, cuyo objetivo es el registro de un usuario nuevo; o, si se da clic al botón *Editar*, se desplegará la ventana expuesta por la Figura 5.18, cuyo objetivo es modificar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios. De esta manera, la ventana desplegada por el botón *Agregar* o *Editar* suscribirá la siguiente configuración:

- El control *Etiqueta* estará habilitado y se espera que el valor asignado en él, no se repita con el valor de etiqueta de algún otro usuario diferente del actual.

### 5.3. Cliente

---

- El control *Rol* estará habilitado y el valor seleccionado en él, distinguirá la prioridad que el usuario actual tiene frente a otros.
- El control *Índice de masa corporal* estará deshabilitado y su valor definido en base a la Ecuación 3.1 y el valor de los controles *Altura* y *Peso* que estarán habilitados.
- Los controles *Sexo* y *Edad* estarán habilitados y a la espera de valores que representen al usuario actual.
- El valor CLO de la ropa del usuario actual, estará definido por lo descrito en la Tabla 4.4 y 4.5, el valor del control *Sexo* y la vestimenta seleccionada en el control *Tipo de ropa vestida*, que deberá estar habilitado.
- Los checkbox de los grupos listados en la tabla de grupos, ubicada en el lado derecho del formulario, estarán habilitados y chequeados o deschequeados de acuerdo a la relación del usuario actual y los grupos.
- Los controles *Temperatura<sub>p</sub>* y *Temperatura<sub>k</sub>* estarán deshabilitados; los controles deslizantes a su derecha habilitados; y las cajas numéricas, también ubicadas a la derecha de estos controles, deshabilitadas. Además, se espera que este asignado: un valor de temperatura en los controles *Temperatura<sub>p</sub>* y *Temperatura<sub>k</sub>*; un valor igual o superior a 50 en el control deslizante y la caja numérica, ubicados a la derecha del control *Temperatura<sub>p</sub>*; y un valor igual o inferior a 50 en el control deslizante y la caja numérica, ubicados a la derecha del control *Temperatura<sub>k</sub>*.
- En la parte inferior del formulario, se mostrarán dos botones:
  - El botón *Cancelar*, para salir de esta ventana sin realizar alguna operación que afecte al usuario seleccionado o agregue a uno nuevo en el sistema
  - El botón *Guardar*, para iniciar con el proceso de preservación de los cambios efectuados sobre los datos del usuario seleccionado o registrar a uno nuevo en la Ontología. Esto ejecuta el código expuesto en la Figura 5.19, que lanza una petición de tipo POST, diferenciándola entre *Agregar* y *Editar* con la variable *accion\_ejecuta*, y convirtiendo la información del usuario contenida en la variable *objUSERinEdit* en una cadena de texto bajo el formato JSON.

### 5.3. Cliente

**Crear un usuario nuevo**

Etiqueta: <input type="text" value="Usuario"/>	Rol: <input type="text" value="Alumno"/>	Grupos a los que pertenece el usuario						
Sexo: <input type="text" value="Hombre"/>	Tipo de ropa vestida: <input type="text" value="Ropa neutral"/> 0.66 clo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sel</th> <th>Grupo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Clase G</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Clase H</td> </tr> </tbody> </table>	Sel	Grupo	<input type="checkbox"/>	Clase G	<input type="checkbox"/>	Clase H
Sel	Grupo							
<input type="checkbox"/>	Clase G							
<input type="checkbox"/>	Clase H							
Edad: <input type="text" value="0"/> años	Prendas de tela delgada (pantalón, 0.15; suéter, 0.25), prendas normales (camisa o blusa de manga corta, 0.17), prendas interiores (varias, 0.07 clo) y calzado (zapatos, 0.02)							
Altura: <input type="text" value="0"/> m								
Peso: <input type="text" value="0"/> kg								
Índice de masa corporal: <input type="text" value="0.00"/>								
Frente a esta temperatura, se tiende a preferir...								
Temperatura_fria: <input type="text" value="15"/> °C	Más frío	Más caliente Preferencia						
Temperatura_cálida: <input type="text" value="28"/> °C		0						
		0						
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>								

Figura 5.17: Ventana modal que permite registrar a un nuevo usuario.

**Editar la información del usuario**

Etiqueta: <input type="text" value="P00A"/>	Rol: <input type="text" value="Docente"/>	Grupos a los que pertenece el usuario						
Sexo: <input type="text" value="Mujer"/>	Tipo de ropa vestida: <input type="text" value="Ropa ligera para"/> 0.94 clo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sel</th> <th>Grupo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Clase G</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Clase H</td> </tr> </tbody> </table>	Sel	Grupo	<input type="checkbox"/>	Clase G	<input checked="" type="checkbox"/>	Clase H
Sel	Grupo							
<input type="checkbox"/>	Clase G							
<input checked="" type="checkbox"/>	Clase H							
Edad: <input type="text" value="25"/> años	Prendas de tela gruesa (pantalón, 0.24; suéter, 0.36), prendas normales (camisa o blusa de manga corta, 0.17), prendas interiores (varias, 0.07 clo) y calzado (botas, 0.10)							
Altura: <input type="text" value="1.55"/> m								
Peso: <input type="text" value="60.00"/> kg								
Índice de masa corporal: <input type="text" value="38.71"/>								
Frente a esta temperatura, se tiende a preferir...								
Temperatura_fria: <input type="text" value="15.0"/> °C	Más frío	Más caliente Preferencia						
Temperatura_cálida: <input type="text" value="28.0"/> °C		+35						
		-10						
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>								

Figura 5.18: Ventana modal que permite editar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

### 5.3. Cliente

---

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' +
        JSON.stringify(objUSERinEdit);
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('usuario/' + accion_ejecuta), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.19: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para salvar la información un usuario, ya sea que se agregue o modifique.

También, si se tiene seleccionado el *tab* de *Usuarios* y se da clic al botón *Eliminar*, será desplegada una ventana de confirmación como la expuesta en la Figura 5.20, para autorizar eliminar al usuario seleccionado en la tabla de usuarios o cancelar dicha operación. Esto, a través de los dos botones presentados junto al mensaje:

- El botón *Cancelar*, para abortar el proceso de eliminación.
- El botón *Aceptar*, para proceder con la eliminación del usuario, lo que ejecuta el código expuesto en la Figura 5.21, que lanza una petición de tipo POST con el valor que tiene el identificador del usuario a ser borrado.

### 5.3. Cliente

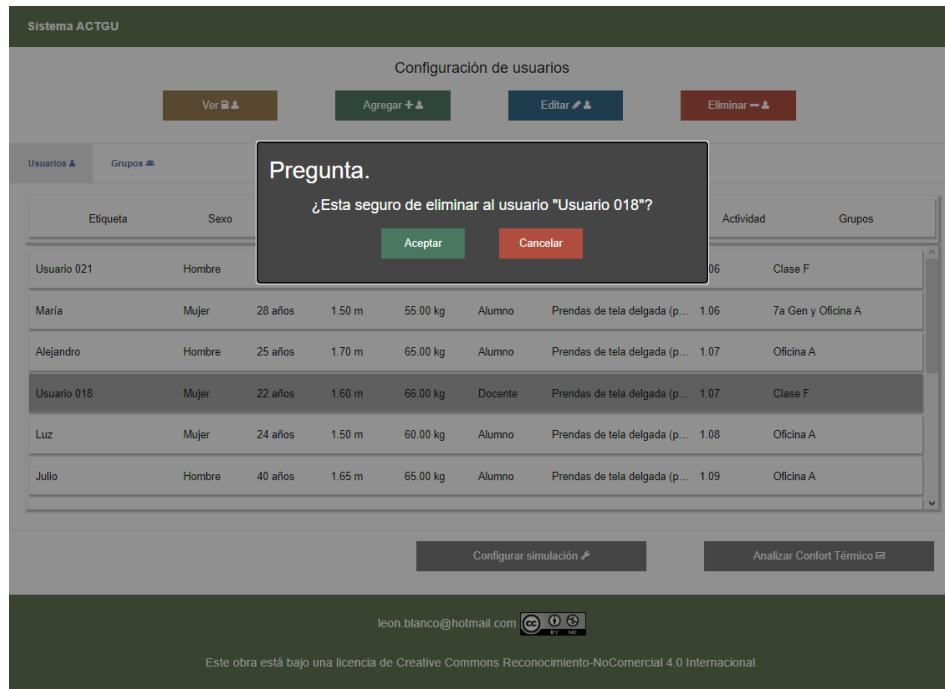


Figura 5.20: Mensaje emergente que solicita confirmar la eliminación del usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

```
// Variable de petición AJAX
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' + JSON.stringify({
        id_usuario: filUSERinObjv[ "id_usuario" ]
    });
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('usuario/eliminar'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.21: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para borrar a un usuario específico.

### 5.3. Cliente

---

Por otro lado, si se tiene seleccionado el *tab* de *Grupos* y se da clic al botón *Ver*, será desplegada la ventana expuesta por la Figura 5.22, que muestra la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos dentro de un formulario no editable, de la siguiente manera:

- En la caja de texto *Nombre*, es escrito un nombre único, que distinga al grupo actual de otros.
- La tabla de usuarios, ubicada debajo del control *Nombre*, es llenada con una serie de filas alusivas a los usuarios registrados en el sistema, cada fila con un control checkbox deshabilitado y, chequeado cuando el usuario pertenezca al grupo actual y deschequeado cuando el usuario no pertenezca al grupo actual.
- En la parte inferior de esta ventana, se encuentra habilitado el botón *Regresar*, para salir de la misma ventana.

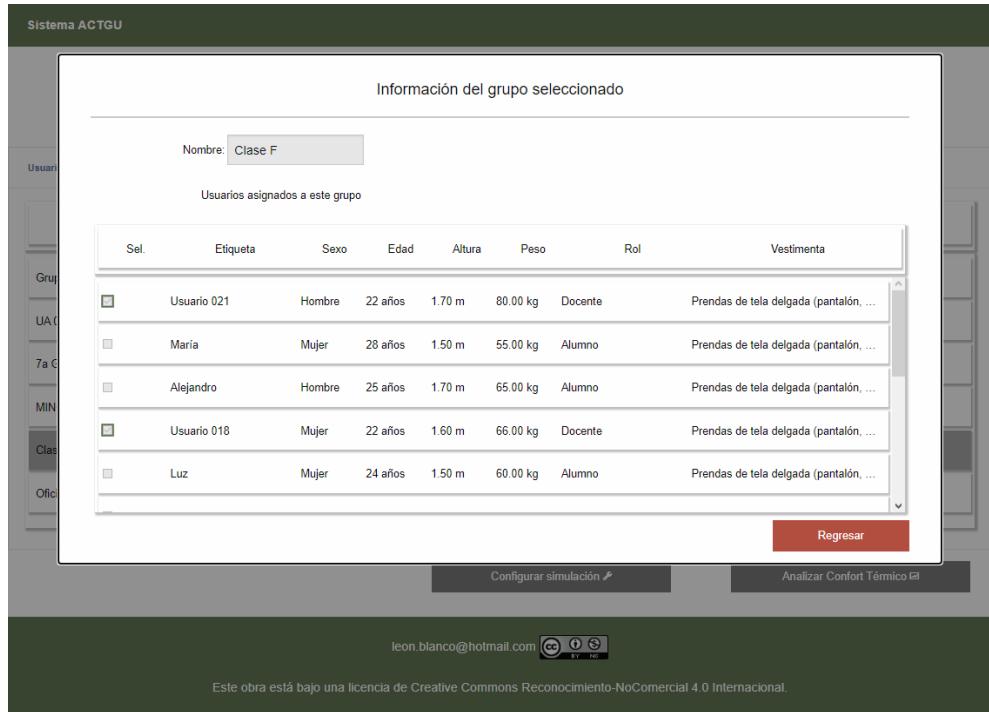


Figura 5.22: Ventana modal que permite observar la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

### 5.3. Cliente

---

De la forma similar, estando seleccionado el *tab* de *Grupos*: si se da clic en el botón *Agregar*, se desplegará la ventana expuesta por la Figura 5.23, cuyo objetivo es registrar a un grupo nuevo; o, si se da clic al botón *Editar*, se desplegará la ventana expuesta por la Figura 5.24, cuyo objetivo es modificar la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos. De esta manera, la ventana desplegada por el botón *Agregar* o *Editar*, suscribirá la siguiente configuración:

- El control *Nombre* estará habilitado y se espera que el valor asignado en él, no se repita con el nombre de algún otro grupo diferente al grupo actual.
- Los checkbox de los usuarios listados en la tabla de usuarios, ubicada debajo del control *Nombre*, estarán habilitados y chequeados o deschequeados de acuerdo a la relación los usuarios y el grupo actual.
- En la parte inferior del formulario, se mostrarán dos botones:
  - El botón *Cancelar*, para salir de esta ventana sin realizar alguna operación que afecte al grupo seleccionado o agregue a uno nuevo en él.
  - El botón *Guardar*, para iniciar con el proceso de preservación de los cambios efectuados sobre los datos del grupo seleccionado o registrar a uno nuevo en la Ontología. Esto ejecuta el código expuesto en la Figura 5.25, que lanza una petición de tipo POST, diferenciándola entre *Agregar* y *Editar* con la variable *accion\_executa* y convirtiendo la información del grupo contenida en la variable *objGRUPInEdit* en una cadena de texto bajo el formato JSON.

### 5.3. Cliente

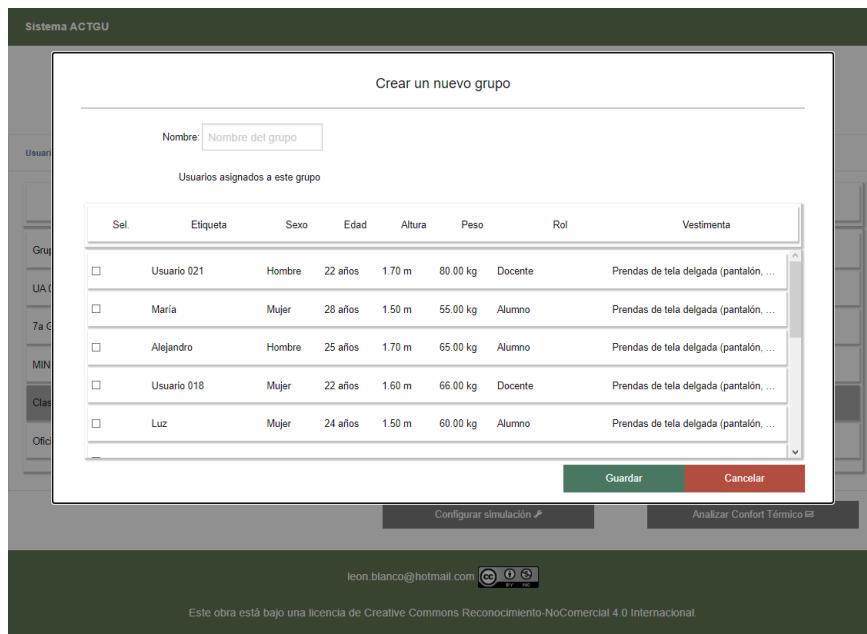


Figura 5.23: Ventana modal que permite registrar a un nuevo grupo.

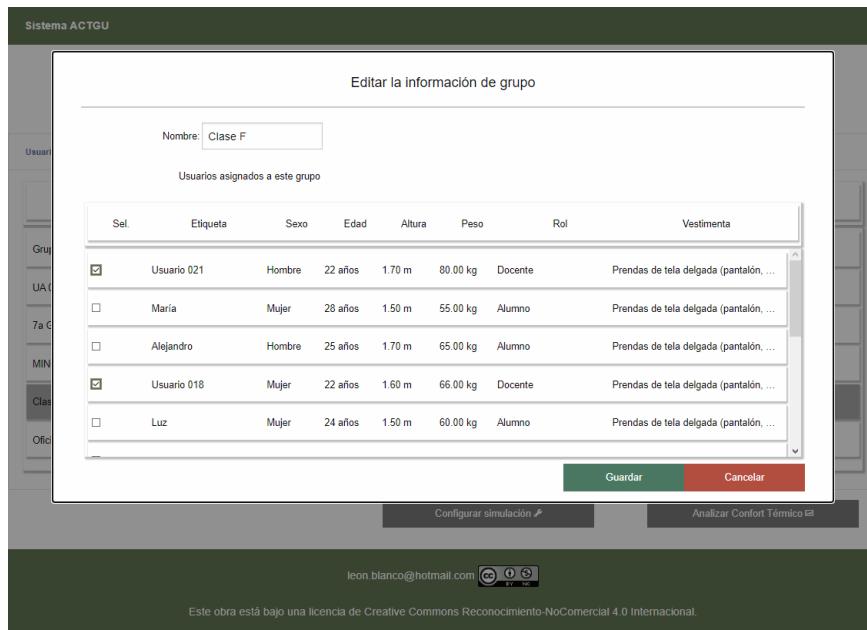


Figura 5.24: Ventana modal que permite editar la información del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

### 5.3. Cliente

---

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' +
        JSON.stringify(objGRUPinEdit);
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('grupo/' + accion_ejecuta), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.25: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para salvar la información un grupo, ya sea que se agregue o modifique.

También, si se tiene seleccionado el *tab* de *Grupos* y se da clic al botón *Eliminar*, será desplegada una ventana de confirmación como la expuesta en la Figura 5.26, para autorizar eliminar al grupo seleccionado en la tabla de grupos o cancelar dicha operación. Esto, a través de los dos botones presentados junto al mensaje:

- El botón *Cancelar*, para abortar el proceso de eliminación.
- El botón *Aceptar*, para proceder con la eliminación del grupo, lo que ejecuta el código expuesto en la Figura 5.27, que lanza una petición de tipo POST con el valor que tiene el identificador del grupo a ser borrado.

### 5.3. Cliente

---

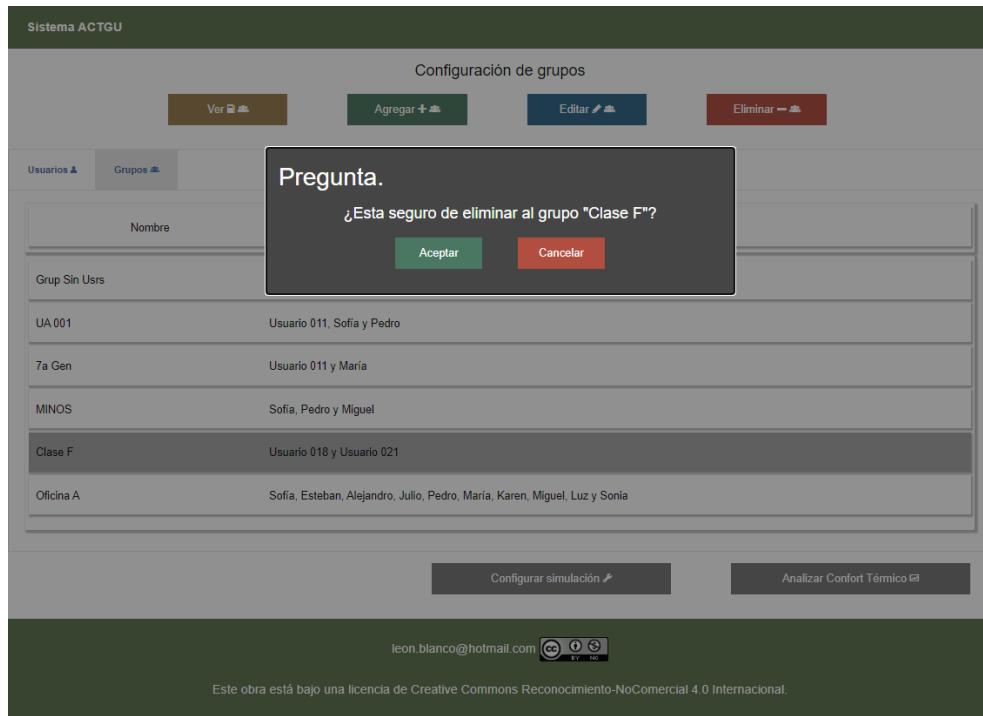


Figura 5.26: Mensaje emergente que solicita confirmar la eliminación del grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para la gestión de usuarios y grupos.

```
// Variable de petición AJAX
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' + JSON.stringify ({
        id_grupo: filGRUPInObjv[ "id_grupo" ]
    });
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('grupo/eliminar'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.27: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para borrar a un grupo específico.

### 5.3. Cliente

---

Cabe destacar que la tabla de grupos presenta una columna con los usuarios de cada grupo. Así mismo, la tabla de usuarios presenta una columna con los grupos a los que pertenece cada usuario. También, la tabla de usuarios presenta a la columna *Actividad*, una variable no mencionada en el formulario de usuario, ya que su contenido se calcula con la Ecuación 4.3 y 4.4, utilizando los datos de los acelerómetros de cada usuario, recogidos por el *Recuperador de datos*.

#### 5.3.2. Controlador de la simulación

Cuando es cargada la página que compone al *Controlador de la simulación* se lanzan varias peticiones de tipo POST ejecutando el código expuesto en la Figura 5.28 y 5.29, lo que carga una tabla virtual con datos recuperados de la Ontología sobre los grupos y consigue el valor actual de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest(),
    paramsURL = 'jsonData=' + '{Tabla:' + tagGrupos + '}';

...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('sistema/informacion'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.28: Código de solicitud AJAX dirigida al *Servidor* para la consulta de información sobre los grupos almacenados en la Ontología.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest(),
    paramsURL = 'jsonData=' + '{mensaje:""}';
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('configuracion/esquema'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.29: Código de solicitud AJAX dirigida al *Servidor* que recupera la configuración actual de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

### 5.3. Cliente

---

Esta página permite observar y modificar la configuración de los valores ambientales arrojados por el *Simulador de sensores* y recogidos por el *Recuperador de datos*. También, hace posible definir la forma de llevar a cabo las pruebas del sistema. Esto, con el formulario descrito en la Figura 5.30, el cual, al final presenta dos botones de navegación:

- Configurar usuarios y grupos: Botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá manejar a los usuarios y grupos con los cuales se trabajará.
- Analizar Confort Térmico: Botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá observar los resultados de Confort Térmico Grupal que arroje el prototipo.

Esta página se encuentra dividida en los siguientes rubros: estrategia, pasos, condiciones ambientales, grupo y finalmente una opción de guardado. Cada uno de los controles adscritos al formulario, se encuentran organizados de la siguiente manera:

- En el apartado de estrategia se encuentran controles dirigidos a definir la forma de tratar al grupo y el modelo de confort a ser utilizado. Estos controles son:
  - Estrategia de Confort para grupos: Selector que indica la manera de tratar con la variabilidad del confort de un grupo de usuarios, y para lo cual, lista a las siguientes estrategias: ASHRAE 55 (Tradicional), Promedio, Placer máximo, Miseria mínima, El más respetado y El más popular.
  - Utilizar modelo PSU: Checkbox que indica si hacer uso del modelo Tradicional Extendido (TE) o el modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU). Ante lo que, cabe destacar que solo con la estrategia *ASHRAE 55 (Tradicional)* el checkbox siempre estará deschequeado y deshabilitado, y solo con las otras estrategias, este control estará habilitado para permitir escoger entre uno de los dos modelos de Confort Térmico adoptados en este trabajo.
- En el apartado de pasos se encuentran controles que ayudan a definir el número de veces que el *Simulador de sensores* debe modificar las condiciones ambientales que sensa y el tiempo que debe esperar para realizar dichos cambios. Estos controles son:

### 5.3. Cliente

Sistema ACTGU

Configuración de la simulación

Estrategia de Confort para grupos: Promedio  Utilizar modelo PSU

Número de iteraciones: 10

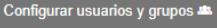
Duración de la iteración: 6 segundos

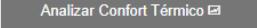
Condiciones de inicio Incremento por iteración

Temperatura: 15.0 °C	3.0 °C
Humedad: 45.0 %	5.0 %
Concentración de gas: 300.0 ppm	20.0 ppm
Velocidad del aire: 1.1 m/s	0.1 m/s

Grupo con el cual trabajar: Clase H

Guardar 

Configurar usuarios y grupos 

Analizar Confort Térmico 

leon.blanco@hotmail.com 

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Figura 5.30: Página para configurar el proceso de pruebas.

- Número de iteraciones: Caja numérica que indica al *Simulador de sensores*, la cantidad de veces que se deben modificar las condiciones ambientales sensadas.
- Duración de la iteración: Caja numérica que indica al *Simulador de sensores*, los segundos que debe esperar para modificar los valores ambientales sensados.
- En el apartado de condiciones ambientales se encuentran controles que especifican, desde que valores el *Simulador de sensores* iniciara el sensado de datos ambientales y el valor que sumara a las condiciones ambientales sensadas, para cada ciclo

### 5.3. Cliente

---

de este mecanismo. Estos controles se encuentran organizados en las columnas *Condiciones de inicio* y *Incremento por iteración*, y son los siguientes:

- Temperatura: Conjunto de cajas numéricas que indican al *Simulador de sensores*, los valores de temperatura que deben ser sensados. En donde:
  - La caja de la columna *Condiciones de inicio*, establece el valor de temperatura que deberá ser mostrado como lectura inicial (valor base).
  - La caja de la columna *Incremento por iteración*, define el valor que debe sumarse a la temperatura, en cada nuevo ciclo (valor de incremento).
- Humedad: Conjunto de cajas numéricas que indican al *Simulador de sensores*, los valores de humedad que deben ser sensados. En donde:
  - La caja de la columna *Condiciones de inicio*, establece el valor de humedad que deberá ser mostrado como lectura inicial (valor base).
  - La caja de la columna *Incremento por iteración*, define el valor que debe sumarse a la humedad, en cada nuevo ciclo (valor de incremento).
- Concentración de gas: Conjunto de cajas numéricas que indican al *Simulador de sensores*, los valores de concentración de gas que deben ser sensados. En donde:
  - La caja de la columna *Condiciones de inicio*, establece el valor de concentración de gas que deberá ser mostrado como lectura inicial (valor base).
  - La caja de la columna *Incremento por iteración*, define el valor que debe sumarse a la concentración de gas, en cada nuevo ciclo (valor de incremento).
- velocidad del aire: Conjunto de cajas numéricas que indican al *Simulador de sensores*, los valores de velocidad del aire que deben ser sensados. En donde:
  - La caja de la columna *Condiciones de inicio*, establece el valor de velocidad del aire que deberá ser mostrado como lectura inicial (valor base).
  - La caja de la columna *Incremento por iteración*, define el valor que debe sumarse a la velocidad del aire, en cada nuevo ciclo (valor de incremento).

### 5.3. Cliente

---

- En el apartado de grupo se encuentra únicamente el control *Grupo con el cual trabajar*, el cual, es un selector que indica con qué grupo de usuarios se analizara su Confort Térmico Grupal.
- Finalmente en el formulario, se encuentra el botón *Guardar*, el cual, inicia con el proceso para preservar cualquier cambio realizado. Esto ejecuta el código expuesto en la Figura 5.31, que lanza una petición de tipo POST con los nuevos valores asignados a los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' +
    JSON.stringify(objCONFIGinEdit);

...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('configuracion/actualizar'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.31: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor* para salvar la nueva configuración de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

Un aspecto a distinguir cuando se actualiza el valor de estos parámetros, como se muestra en la Figura 5.31, es que se convierte la nueva información de los parámetros contenidos en la variable *objCONFIGinEdit* en una cadena de texto bajo el formato JSON.

#### 5.3.3. Analizador de Confort Grupal

Cuando es cargada la página que compone al *Analizador de Confort Grupal*, se lanzan varias peticiones de tipo POST ejecutando el código expuesto en la Figura 5.32, 5.33 y 5.34, lo que carga una tabla virtual de usuarios y otra de grupos, y recupera la configuración actual de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

### 5.3. Cliente

---

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' + '{Tabla:"' + tagGrupos +
    '"}' ;
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('sistema/informacion') , true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.32: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor* para recuperar un conjunto de datos de la Ontología referente a los grupos.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' + '{Tabla:"' + tagUsuarios +
    '"}' ;
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('sistema/informacion') , true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.33: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor* para recuperar un conjunto de datos de la Ontología referente a los usuarios.

### 5.3. Cliente

---

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest(),
    paramsURL = 'jsonData=' + '{mensaje: ""}' ;
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('configuracion/esquema'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.34: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor* para recuperar la configuración actual de los parámetros que rigen el comportamiento del *Simulador*.

Esta página permite iniciar el análisis y observar los resultados entregados por el *Sistema ACTGU*, sobre el Confort Térmico Personal y Confort Térmico Grupal de un grupo. Además, como las otras páginas, al final presenta un espacio con los siguientes dos botones de navegación.

- Configurar usuarios y grupos: Botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá manejar a los usuarios y grupos con los cuales se trabajará en el sistema.
- Configurar simulación: Botón que lleva a una página, en donde el usuario podrá configurar el comportamiento de los sensores y las pruebas a realizar en el sistema.

Esta página, como se observa en la Figura 5.35, presenta una serie de elementos organizados bajo las siguientes secciones:

- La sección de configuración del trabajo, comprende a los controles ubicados en la parte superior de la página. Los cuales son:
  - Estrategia de Confort para grupos: Selector que indica la estrategia utilizada para tratar con la variabilidad del confort del grupo revisado.
  - Se utiliza el modelo PSU: Checkbox que indica si se está haciendo uso del modelo Tradicional Extendido (TE) o del modelo de Preferencias Subjetivas de Usuario (PSU).

### 5.3. Cliente

---

- Grupo revisado: Selector que indica el nombre del conjunto de usuarios, de quienes se analiza el Confort Grupal.
- Iniciar cálculo: Botón cuyo clic autoriza iniciar con los cálculos de Confort Grupal, con base en: la estrategia seleccionada, el modelo adoptado y el grupo elegido. Esto ejecuta el código descrito por la Figura 5.36 y 5.37, empezando con una serie de funciones que modifican los parámetros del *Simulador* para entonces iniciar o reiniciar el análisis del Confort Térmico y, posteriormente, solicitar al *Servidor* los resultados del análisis antes mencionado. Además, al final de este proceso la leyenda de este botón cambiara a *Reiniciar cálculo*.
- La sección para resultados de Confort Térmico Grupal, se encuentra ubicada debajo de la sección de configuración del trabajo, y contiene una serie de controles que explican los resultados de Confort Grupal obtenidos. Estos controles son:
  - Confort Térmico Grupal por Iteración: Gráfica de líneas, con una serie de controles alineados a su derecha. En donde, el eje *X* corresponde al número de iteraciones (pruebas) ejecutadas; y el eje *Y* refiere al nivel de confort percibido por el grupo revisado, de acuerdo a la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles. Además, los nodos de esta gráfica son elementos seleccionables, que permiten ver en los controles ubicados a la derecha del gráfico, una descripción más amplia el resultado de una determinada iteración.
  - Iteración: Caja numérica que apunta a la iteración del nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Grupal.
  - Estado: Caja de texto que escribe si el grupo se encuentra *cómodo* o *incómodo*, durante una iteración específica.
  - Sensación: Caja de texto que describe la sensación térmica del grupo, durante una determinada iteración.
  - Confort Grupal: Control deslizante que refleja el nivel de Confort Grupal, en una determinada iteración. Además, este control se acompañaado por una caja de texto que describe de forma numérica el nivel de Confort Grupal.

### 5.3. Cliente

---

- Ver detalle de iteración: Botón que abre una ventana emergente, en donde, es extendida la información de Confort Grupal, del nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Grupal
- La sección para resultados de Confort Térmico Personal, se encuentra ubicada debajo de la sección para resultados de Confort Térmico Grupal, y contiene una serie de controles que explican los resultados de Confort Personal obtenidos. Estos controles son:
  - Confort Térmico Personal por Iteración: Gráfica de líneas, con una serie de controles alineados a su derecha. En donde, el eje X corresponde al número de iteraciones (pruebas) ejecutadas; y el eje Y, al nivel de confort percibido por el grupo revisado, de acuerdo a la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles. Esta gráfica despliega una línea por cada uno de los usuarios del grupo seleccionado en el control *Grupo revisado*. Cada una de estas líneas se dibuja con un color diferente y se hace a sus nodos un elemento seleccionable, los cuales, permiten ver en los controles ubicados a la derecha del gráfico, una descripción más amplia del resultado que obtuvo un usuario en particular, durante una determinada iteración.
  - Estado: Caja de texto que escribe la etiqueta del usuario a quien pertenece el nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Personal.
  - Iteración: Caja numérica que apunta a la iteración del nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Personal.
  - Estado: Caja de texto que escribe si el usuario a quien pertenece el nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Personal, se encuentra *cómodo* o *incómodo*, durante una iteración específica.
  - Sensación: Caja de texto que describe la sensación térmica del usuario a quien pertenece el nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Personal, en una determinada iteración.
  - Confort Personal: Control deslizante que refleja el nivel de Confort Personal del usuario a quien pertenece el nodo seleccionado en la gráfica de Confort Térmico Personal, durante una determinada iteración.

### 5.3. Cliente

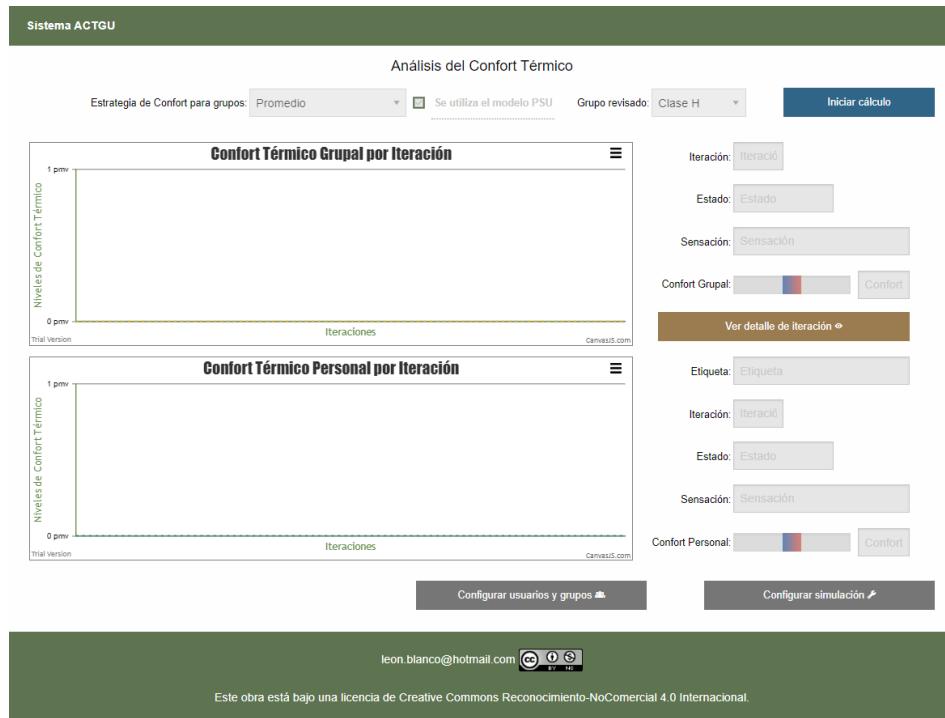


Figura 5.35: Página de análisis y observación de los resultados de Confort Grupal.

```
// Variable de petición
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' +
    JSON.stringify(configDeItos);
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('configuracion/actualizar'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.36: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para modificar la configuración actual de los parámetros del *Simulador* y así, iniciar o reiniciar la tarea que tenga asignada.

### 5.3. Cliente

---

```
// Variable de petición AJAX
var miPeticionAjax = new XMLHttpRequest() ,
    paramsURL = 'jsonData=' +
        JSON.stringify({ "mensaje": "" }) ;
...
// Configurar solicitud AJAX
miPeticionAjax.open(
    "POST",
    ('configuracion/resultados'), true
);
...
miPeticionAjax.send(paramsURL);
```

Figura 5.37: Código que manda una solicitud AJAX al *Servidor*, para recuperar el resultado de analizar el Confort Térmico de un grupo.

En relación a esto, y como se observa en la Figura 5.35 y 5.38, la configuración de la página a ser mostrada dependerá del estado de las iteraciones. Esto, de acuerdo a lo siguiente:

- Si el proceso de pruebas (las iteraciones) aún no ha iniciado: las gráficas de la página no presentaran líneas o nodos en ellas, y el botón de la esquina superior derecha tendrá la leyenda *Iniciar cálculo*.
- Si el proceso de pruebas (las iteraciones) se encuentran en curso o ya ha concluido: las gráficas de la página presentaran una serie de líneas y nodos correspondientes a los resultados de obtenidos, y el botón de la esquina superior derecha expondrá la leyenda *Reiniciar cálculo*.

Por su parte, el botón *Ver detalle de iteración* de la sección de Confort Térmico Grupal, es un mecanismo que solo puede ser utilizado si hay un nodo seleccionado en la gráfica *Confort Térmico Grupal por Iteraciones*. La acción ejecutada por este botón despliega una ventana emergente, como la expuesta en la Figura 5.39, que complementa la información de Confort Grupal del nodo seleccionado en la gráfica

### 5.3. Cliente

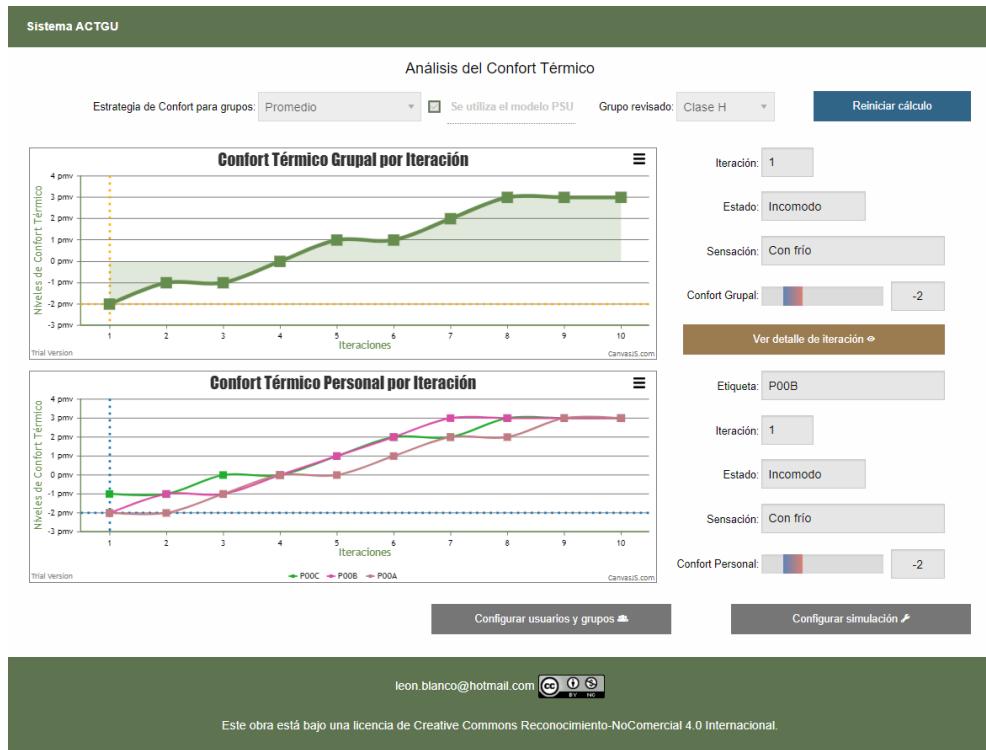


Figura 5.38: Ejemplo de resultados de Confort Térmico Personal y Confort Térmico Grupal.

*Confort Térmico Grupal por Iteraciones.* En esta ventana emergente describe el nivel de confort percibido por el grupo, las condiciones ambientales revisadas y, si es necesario, propone una configuración para los actuadores conocidos, que facilite conseguir un estado que satisfaga térmicamente al grupo; esto, a través de una serie de controles distribuidos de la siguiente manera:

- El control *Confort Térmico Grupal*, ubicado en la parte superior de la ventana emergente, corresponde a una caja de texto en donde se muestra el nivel de Confort Grupal, de acuerdo a la escala de sensación térmica ASHRAE de siete niveles. Este control está acompañado por una etiqueta que explica el nivel de Confort Grupal escrito en él.
- Los controles de la columna *Condiciones actuales*, ubicados debajo del control *Confort Térmico Grupal* y alineados a la izquierda de la ventana emergente,

### 5.3. Cliente

apuntan al valor de *temperatura, humedad, concentración de gas y velocidad del aire*, utilizados durante el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.

- Los controles de la columna *Condiciones recomendadas*, ubicados debajo del control *Confort Térmico Grupal* y alineados al centro de la ventana emergente, apuntan al valor de *temperatura, humedad, concentración de gas y velocidad del aire*, bajo los cuales, el sistema considera que el grupo podría conseguir un estado aceptable de Confort Grupal.
- La tabla *Configuración sugerida para actuadores*, ubicada debajo del control *Confort Térmico Grupal* y alineada a la derecha de la ventana emergente, describe el modelo que deberían de adoptar los actuadores conocidos por el sistema, para conseguir un estado aceptable de Confort Grupal.
- Botón *Regresar*, ubicado en la parte inferior derecha de la ventana emergente, es el único medio para salir de dicha ventana.

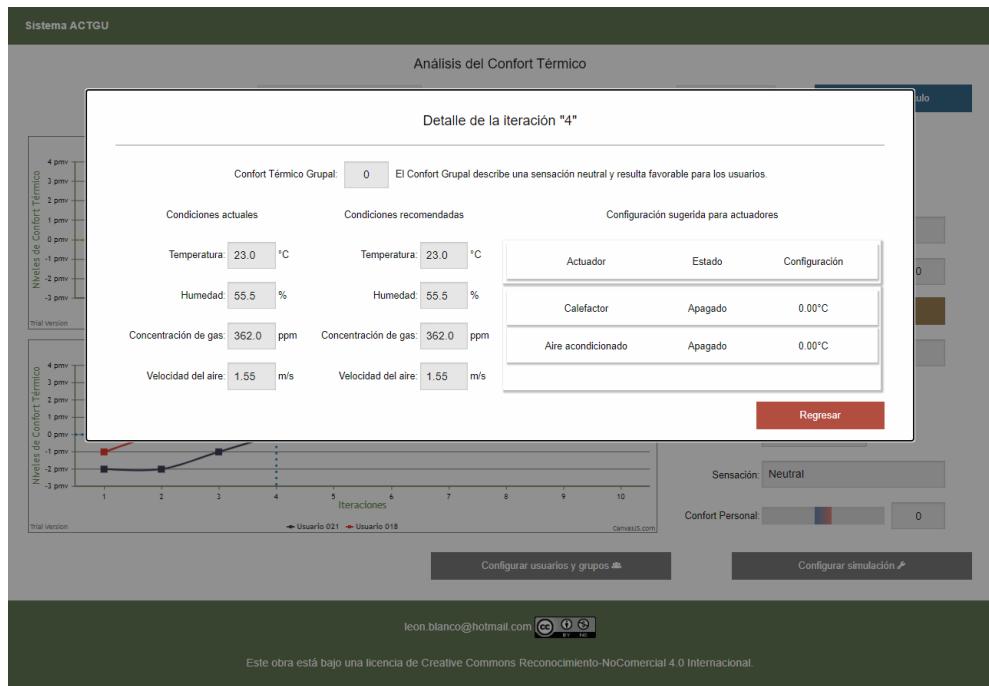


Figura 5.39: Ventana emergente del detalle de alguna una iteración específica.

## 5.4. Servidor

---

También, para tener un panorama completo de los resultados de Confort Grupal que sean presentados en esta página, resulta útil tener abierta de forma paralela a la página de configuración y gestión de usuarios y grupos. Esto, con el objetivo de complementar el análisis de los resultados de Confort Grupal, con base a información adicional de los usuarios pertenecientes al grupo revisado.

## 5.4. Servidor

El *Servidor* es el núcleo de la solución propuesta, este implementa una serie de componentes dirigidos a tratar con información ambiental y de los usuarios, y determinar si las condiciones del espacio son o no adecuadas para un grupo de personas. La interfaz del *Servidor* es expuesta en la Figura 5.40, tiene una serie de etiquetas para mostrar el valor de la *temperatura*, *humedad*, *concentración de gas* y *velocidad del aire* sensadas por los sensores, una etiqueta para indicar el estado del sistema y el botón *Salir* para cerrar la aplicación de forma segura.



Figura 5.40: Ventana que muestra los valores recogidos por los sensores y el estado del servidor.

Como se presentó en la arquitectura expuesta por la Figura 5.5, los componentes del *Servidor* son: el *Recuperador de datos*, *Gestor del Conocimiento* (que opera junto a la *Ontología*), *Controlador del Confort Grupal* y *Gestor de peticiones*. Estos elementos se desarrollaron con el lenguaje de programación Java y las siguientes herramientas: Framework Apache Jena para generar un *Base de conocimiento*, drivers de MySQL para conectarse a servicios desplegados por el RDBMS MySQL y una base de datos relacional, y una serie de librerías diseñadas para comunicar a proyectos Java con *Eclipse Mosquitto*, una implementación del protocolo MQTT.

### 5.4.1. Recuperador de datos

El *Recuperador de datos*, como muestra la Figura 5.41 es formado por dos mecanismos diferentes: el primero corresponde a una instancia de la clase *GestorCRUD*, basada en libreras del RDBMS MySQL para consultar información de usuarios en una base de datos; y el segundo es una instancia de la clase *SuscriptorMQTT*, basada en librerías del protocolo MQTT para capturar y recuperar el flujo de datos emitido por los sensores de *temperatura*, *humedad*, *concentración de gas* y *velocidad del aire* y, también, de acelerómetros vestidos por los ocupantes del espacio de revisado (esto último para calcular su valor MET).

```
public class Principal {  
    ...  
    // Variables estaticas - Base de datos  
    public static GestorCRUD gestorCRUD = new GestorCRUD();  
    ...  
    public static void main(String [] args) {  
        ...  
        // Crear y arrancar instancias MQTT  
        SuscriptorMQTT cliMQTT = new  
            SuscriptorMQTT(topicSensors , "SENSORS");  
        ...  
    }  
}
```

Figura 5.41: Código que muestra el inicio de los mecanismos que forman al *Recuperador de datos*.

Al generarse una instancia de la clase *GestorCRUD* se consulta en una base de datos información sobre los grupos, usuarios, roles y los *Actuadores* implementados en el entorno. Mientras que, al crearse una instancia de la clase *SuscriptorMQTT* se inicia un canal que escucha de manera indefinida, cualquier mensaje que sea publicado en los servicios de *Eclipse Mosquitto* y que este etiquetado bajo el tema de *SENSORS*.

Cabe señalar que el origen de la información sobre los *Actuadores* se pudo haber recuperado de diversas fuentes, como puede ser es a través del protocolo MQTT, ya que algunos *Actuadores* son capaces de presentarse e informar su estado de forma automatizada. No obstante, para efectos del prototipo desarrollado se utilizó una base

## 5.4. Servidor

---

datos en donde se guardó información sobre los *Actuadores*, un *Aire acondicionado* y *Calefactor*.

### 5.4.2. Gestor del Conocimiento

El *Gestor del Conocimiento*, como se observa en la Figura 5.42, está formado por una instancia de la clase *GestorONTO* y es el único medio que tiene interacción directa con la Ontología.

```
public class Principal {  
    ...  
    public static GestorONTO gestorONTO = new GestorONTO();  
    ...  
    public static void main(String[] args) {  
        ...  
        // Actualizar Base de Conocimiento  
        updateGestorOnto(false, false);  
        ...  
    }  
}
```

Figura 5.42: Código que muestra la instancia del medio que conforma al *Gestor del Conocimiento*.

Al generar una instancia de la clase *GestorONTO*, como se muestra en la Figura 5.43, se inicia la *Ontología* de sistema creando una instancia de la clase *InstanciaJENA*, basada en el Framework Apache Jena. Entonces se inicializando a la *Ontología* con un documento OWL (Lenguaje de Ontología Web), como el expuesto en la Figura 5.44, del esquema visto en la Figura 4.6, pero bajo una estructura de datos RDF.

```
// Función que reconstruye la Ontología, con un estado integro  
public void reconstruirOntologia() {  
    // Generar documento-base OWL y crear una instancia de JENA  
    instanciaJENA = new InstanciaJENA(ontoMDL.makeOWLString(), ontoMDL.getURIofDoc());  
    // Inicializar Ontología con información estándar  
    inicializarDataEstandar();  
    // Inicializar Ontología con información de la BD  
    reiniciarDataDeBD();  
}
```

Figura 5.43: Código que muestra la inicialización del *Gestor del Conocimiento* y la creación de la *Ontología*.

## 5.4. Servidor

---

```

<rdf:RDF
  xmlns:owl = "URI_OWL"
  xmlns:rdfs = "URI_RDFs"
  xmlns:ONTO_X = "URI_ONTO_X">

  <!-- RELACIÓN o PREDICADO -->
  <owl:ObjectProperty rdf:about = "URI_RELACIÓNoPREDICADO">

    <!-- SUJETO -->
    <rdfs:domain rdf:resource = "URI_CLASE"/>

    <!-- OBJETO o HECHO -->
    <rdfs:range rdf:resource = "URI_CLASE"/>

  </owl:ObjectProperty>

  <!-- CLASE: SUJETO u OBJETO o HECHO -->
  <owl:Class rdf:about = "URI_CLASE">

    <!-- CLASE -->
    <rdfs:subClassOf rdf:resource = "URI_CLASE"/>

  </owl:Class>

  <!-- VALOR -->
  <owl:NamedIndividual rdf:about = "URI_ENTIDAD">

    <!-- CLASE -->
    <rdf:type rdf:resource = "URI_CLASE"/>

    <!-- RELACIÓN o PREDICADO -->
    <ONTO_X:RELACIÓNoPREDICADO

      <!-- VALOR -->
      <rdf:resource = "URI_ENTIDAD"/>

    </owl:NamedIndividual>

</rdf:RDF>

<!--
En donde
  "ONTO_X" es una Ontología o Vocabulario, definida al inicio del documento, y
  "RELACIÓNoPREDICADO" es la última parte de la "URI", después de "/" o "#"
-->

```

Conexión:  
Sujeto - Relación - Objeto o Hecho

Clase: Tipo de atributo, valor, etc.

Elementos único (valor de variable)  
\* Es de un tipo (clase)  
\* Puede tener conexión con otro elemento

Figura 5.44: Estructura de un documento OWL bajo el formato RDF/XML.

Una vez generada la *Ontología*, esta es alimentada con la siguiente información estática: género (hombre y mujer), unidades de medida ambiental (grados° celsius, porcentaje del vapor de agua en 1 m<sup>3</sup>, distancia/tiempo y PPM), unidades de medida de datos personales (años, kg, metros, BMI, CLO y MET). Posteriormente, el *Gestor del Conocimiento* toma los datos conseguidos por el *Recuperador de datos* y actualiza

## 5.4. Servidor

a la *Ontología* con ellos. Convierte los datos en Triples RDF y, a través de la función *instanciaJENA.addIndividual*, agregándolos en la *Ontología*; o, si se requiere actualizar algún elemento, entonces se busca y eliminan los elementos individuales a ser actualizados utilizando la función *instanciaJENA.removeIndividuals* y luego se agrega en la *Ontología* los datos nuevos bajo un formato de Triples RDF con la función *instanciaJENA.addIndividual*.

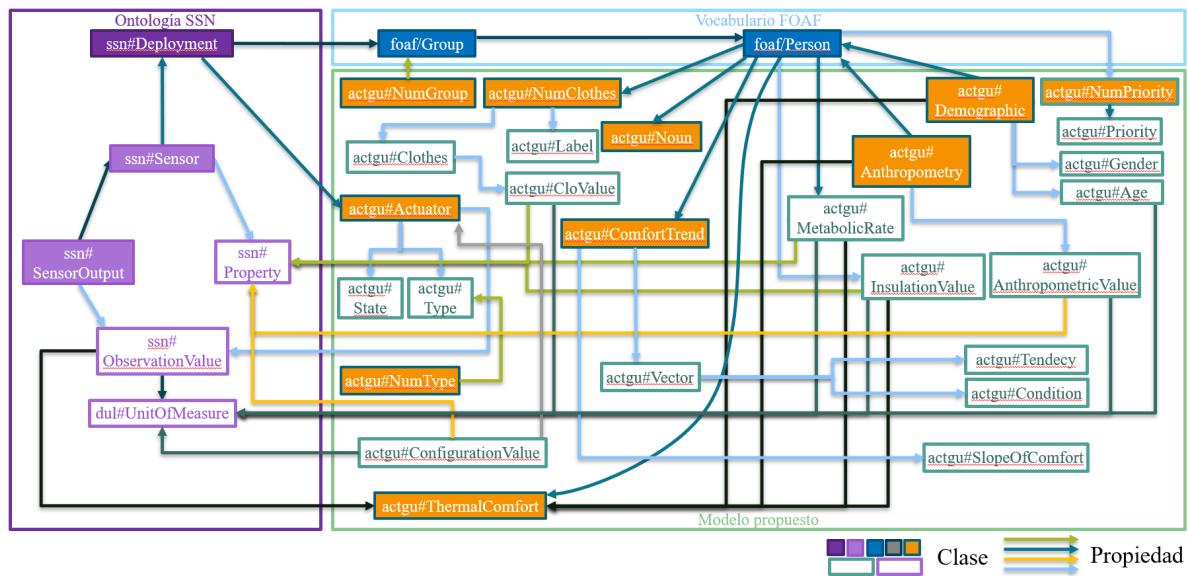


Figura 5.45: Parte del modelo semántico propuesto e implementado a través del Framework Apache Jena.

Es importante señalar que la *Ontología* se construyó como una instancia del Framework Apache Jena, basada en los parámetros revisados por este trabajo y sus respectivas relaciones. Como se expone la Figura 4.6 y 5.45, se implementó una estructura semántica que integra a un esquema propio, con el siguiente vocabulario y fragmentos de otras *Ontologías* empleadas en la literatura:

- **SSN:** Ontología de una Red de Sensores Semánticos o *Semantic Sensor Network*, es un esquema semántico desarrollado por la W3C para describir a los sensores de un entorno o una red, en relación a sus observaciones, ubicación y características (Gim y cols., 2018; Le-Phuoc y cols., 2016).

## 5.4. Servidor

---

- **OWL:** Lenguaje de Ontología Web o *Web Ontology Language*, es un esquema diseñado para aplicaciones que requieran procesar su contenido, en lugar de solo mostrarlo (Ortiz-Cabañas, 2014).
- **DUL:** DOLCE Ultra Lite o DOLCE + DnS Ultralite, es un compendio de conceptos de alto nivel que facilitan la interoperabilidad entre Ontologías, así como también, el modelado de contextos físicos y sociales (Ortiz-Cabañas, 2014; Solano-García, 2015).
- **FOAF:** Amigo De Un Amigo o *Friend Of A Friend*, es un vocabulario para la descripción de usuarios, sus actividades y su relación con otras personas u objetos (Nolich y cols., 2019).

Por otro lado, para recuperar la información almacenada en la *Ontología*, como se observa en la Figura 5.47, se crea una instancia de la clase *InspectorONTO* que genera una copia de la *Ontología* en su interior. Esto, para que no choque la consulta de datos, con algún proceso paralelo que modifique la información que se almacene en la *Ontología*.

```
private JsonElement get... (...) {
    // Ejecutar consulta SPARQL
    JsonElement jsonElement = instanciaJENA.doSparqlQuery(
        "PREFIX base: <http://purl.oclc.org/NET/ssnx/ssn>\n" +
        "PREFIX actgu: <http://www.msicu.onto/actgu#\n" +
        "PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/\n" +
        "PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#\n" +
        "PREFIX ssn: <http://purl.oclc.org/NET/ssnx/ssn#\n" +
        "PREFIX sosa: <http://www.w3.org/ns/sosa/\n" +
        "PREFIX xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace>\n" +
        "PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#\n" +
        "PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#\n" +
        "PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#\n" +
        "PREFIX dul1: <http://www.ontologydesignpatterns.org/ont/dul/DUL.owl#\n" +
        "PREFIX dul2: <http://www.loa-cnr.it/ontologies/DUL.owl#\n" +
        "SELECT REDUCED \n" +
        ...
        "WHERE {\n" +
        ...
        "}\n");
    // Regresar Elemento JSON resultante
    return jsonElement;
}
```

Figura 5.46: Código que muestra como es una consulta SPARQL en la *Ontología*.

## 5.4. Servidor

---

```
// Crear inspector de Ontología  
InspectorONTO inspOnto = new InspectorONTO(instanciaJENA);
```

Figura 5.47: Código que genera una instancia de la clase *InspectorONTO*, para consultar la información almacenada en la *Ontología*.

De esta manera, a través de una instancia de la clase *InspectorONTO*, se ejecuta una consulta en SPARQL como la expuesta en Figura 5.46, para recuperar información específica de la *Ontología*.

### 5.4.3. Controlador del Confort Grupal

El *Controlador del Confort Grupal*, como se observa en la Figura 5.48, está formado por una instancia de la clase *ControladorConfort* que busca precisar el nivel y estado de Confort Grupal. Este mecanismo utilizada al *Gestor del Conocimiento* para obtener la información necesaria para analizar el Confort Térmico de un grupo y actuar en consecuencia a instrucciones recibidas por el *Gestor de peticiones*.

```
// Función que determina el Confort Térmico Grupal, si es posible, el  
// cómo mejorarlo  
public String determinarConfortGrupalAcciones (String idGrupo, String  
politica, int estrategia) {  
    // Se crear manejador de CG para su cálculo, mejora y definir cómo  
    // lograrlo.  
    ControladorConfort controladorCG = new ControladorConfort (politica,  
estrategia,  
    recuperarDatosDeSensores(),  
    recuperaDataDeConfortPersonal(idGrupo), instanciaJENA);  
    controladorCG.calcularConfortTermicoGrupal();  
    controladorCG.determinarAccionesParaCTG();  
    // Recuperar acciones definidas  
    String strResp = controladorCG.generarResultadoGeneral();  
    // Devolver respuesta  
    return strResp;  
}
```

Figura 5.48: Código que muestra la instancia de uno de los medios que conforma al *Controlador del Confort Grupal*.

## 5.4. Servidor

---

La clase *ControladorConfort*, como se expone en la Figura 5.49, es utilizada para conocer la sensación y satisfacción térmica de los usuarios, de acuerdo con lo definido por el modelo PSU. No obstante, como se observa en la Figura 5.50, hace uso de la clase *ConfortTermico* para determinar la sensación y satisfacción térmica de cada uno de los usuarios, con base a lo descrito por el modelo TE.

```
// Determinar la pendiente "m" de Confort de la persona
double mSlope = ControladorConfort . calcularPendienteM( condicionTop ,
    tendenciaTop , condicionBottom , tendenciaBottom );
```

Figura 5.49: Código que muestra el proceso para calcular un valor *m* que permita determinar el Confort Térmico Personal de un usuario, bajo el modelo PSU.

```
// Calcular Confort Térmico Personal
ConfortTermico confTerm = new ConfortTermico( Double.parseDouble(temperatura)
    /*Temperatura*/,
    Double.parseDouble(velocidadaire) /*Velocidad del Aire*/,
    Double.parseDouble(humedad) /*Humedad Relativa*/,
    Double.parseDouble(valorMET) /*Valor MET*/,
    Double.parseDouble(valorCLO) /*Valor CLO*/ );
String valorPMV = confTerm . calcularValorPMV () . getTCIndexAsStr () ;
```

Figura 5.50: Código que muestra el proceso para calcular el Confort Térmico Personal de un usuario, bajo el modelo TE.

Por otra parte, como se observó en la Figura 5.48 y expone en la Figura 5.51, luego de determinar el nivel de Confort Grupal del conjunto de usuarios y condiciones ambientales analizadas, la clase *ControladorConfort* define cómo mejorar las condiciones del espacio de trabajo, aunque solo si esto resultara necesario.

En donde, si se determina la necesidad de realizar cambios en la configuración de los *Actuadores*, se prepara y envía un aviso a estos dispositivos para que cambien su configuración.

## 5.4. Servidor

---

```
// Construir generación de acciones
geneAcciones = new GeneAcciones(inEstrategia , strPolitica ,
    resultStrategyASHRAE , resultStrategyACTGU ,
    tenConfortGrupal , ctgPMV, ctgConfort ,
    jsAry , valTemp , valVAir , valHumd , valCGas);

...
strHVACAcciones = geneAcciones.getAcciones();

...
// Validar y enviar acciones
if (!strHVACAcciones.equals("")) {
    ...
    // Informar sobre nueva configuración a HVACs
    PublicadorMQTT cliMQTT_HVAC = new PublicadorMQTT(strHVACAcciones);
    cliMQTT_HVAC.publicarConfiguracion();
}
```

Figura 5.51: Código que muestra el proceso de decisión para mejorar las condiciones del espacio revisado.

### 5.4.4. Gestor de peticiones

El *Gestor de peticiones Get y Post*, se construyó con base en el *Java HTTP Server*, el cual, como se muestra en la 5.52, fue extendido para poder atender peticiones POST y proporcionar la funcionalidad requerida por los otros componentes de la arquitectura.

```
// Se valida el tipo de método utilizado en la solicitud
if (!method.equals("GET") && !method.equals("HEAD")) {
    // SI ES UNA SOLICITUD POST
    // Validar el método utilizado
    if (method.equals("POST")) {
        // Respuesta de datos de POST
        JSONObject jsonObjDat = getHeadPostData(strArchSolicitado , bEntrada);
        String strJsonResp = makeStrResp(strArchSolicitado , jsonObjDat);
        // Enviar respuesta para usuario
        webBytesResp(
            strJsonResp ,
            pwSalida , dataDeSalida ,
            "application/json; charset=utf-8",
            "HTTP/1.1 200 OK");
    } else {
        ...
    }
} else {
    ...
}
```

Figura 5.52: Código que muestra parte de lo agregado al *Java HTTP Server*.

## 5.5. Simulador

---

Un ejemplo de esto se puede observar en la Figura 5.7, para servir las peticiones realizadas por alguno de los componentes del *Cliente*, respecto de información sobre usuarios, grupos y las condiciones ambientales del sitio revisado.

## 5.5. Simulador

El *Simulador* es un mecanismo formado por dos componentes desarrollados con el lenguaje de programación Java y cuya funcionalidad busca emular el comportamientos de dispositivos físicos, para efecto de experimentar con el sistema. El primero de estos componentes es el *Simulador de actuadores*, el cual se mantiene escuchando las decisiones tomadas por el *Controlador del Confort Grupal*, tras analizar el Confort Térmico de un grupo de usuarios. El segundo componente es el *Simulador de sensores* y se encarga de comunicar al *Recuperados de datos* los valores recogidos por sensores de temperatura, humedad, concentración de gas y velocidad del aire.

### 5.5.1. Simulador de actuadores

El *Simulador de actuadores*, es un medio al que corresponde la interfaz expuesta en la Figura 5.53, la cual cuenta con una serie de etiquetas que describen el tipo, estado y la configuración que tienen los elementos de confort disponibles, un *Aire acondicionado* y *Calefactor* para efectos del *Sistema ACTGU*.



Figura 5.53: Ventana que muestra la configuración asignada en el sistema, para los actuadores disponibles en el espacio de trabajo.

Este medio, como expone la Figura 5.54, crea un canal de comunicación que escucha los mensajes publicados en los servicios de *Eclipse Mosquitto*, etiquetados bajo el tema

## 5.5. Simulador

---

de *HVACS*. Para cual, el *Simulador de actuadores* genera una instancia de la clase *SuscriptorMQTT*.

```
// Crear y arrancar instancias MQTT
SuscriptorMQTT cliMQTT_HVACS = new SuscriptorMQTT( "HVACS" ,
topicConfHVACS );
cliMQTT_HVACS.conectar () ;
```

Figura 5.54: Código que describe a los mecanismos utilizado por el *Simulador de actuadores* para comunicarse con el *Controlador del Confort Grupal*.

Por lo cual, este medio sirve como receptor de la configuración que deben adoptar los actuadores disponibles en el entorno.

### 5.5.2. Simulador de sensores

El *Simulador de sensores*, es un medio al que corresponde la interfaz expuesta en la Figura 5.55, la cual cuenta con una serie de etiquetas que muestran el valor de las condiciones ambientales sensadas: temperatura, humedad, concentración de gas, velocidad del aire, entre otros.



Figura 5.55: Ventana que muestra los valores sensados por parte de los sensores ambientales implementados.

Como se expone en la Figura 5.56, este medio genera una instancia de la clase *PublicadorMQTT* para publicar en los servicios de *Eclipse Mosquitto*, un mensaje con los valores ambientales sensados bajo el tema de *SENSORS*.

Cabe destacar que el *Simulador de sensores* obedece a la configuración establecida por el *Controlador de la simulación*. Esto, para poder realizar pruebas en el prototipo,

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

```
// Enviar mensaje (SENSORES)
PublicadorMQTT pubMQTT_DATA = new
    PublicadorMQTT("SENSORS", "/SENSORS/DATA/");
pubMQTT_DATA.publicarMensaje(vlrBandInicio + "~" +
    vlrNumero_Iteracion + "~" + vlrMaximas_Iteraciones +
    "~" + msjParaSrvMQTT + "~" + vlrActl_temperatura +
    "~" + vlrActl_humedad + "~" + vlrActl_gas +
    "~" + vlrActl_velocidadaire);
```

Figura 5.56: Código que describe al mecanismo utilizado por el *Simulador de sensores* para comunicarse con el *Recuperador de datos*.

validar su funcionamiento y también, observar los cambios en el Confort Térmico de un espacio de trabajo de una manera relativamente rápida.

## 5.6. Evaluación del prototipo

El prototipo construido fue validado por medio de una evaluación funcional y otra de *Usabilidad*. Tales pruebas y sus resultados se describen a continuación.

### 5.6.1. Evaluación funcional

En seguimiento al proceso desarrollo de software y para validar el funcionamiento del prototipo construido, se realizaron una serie de pruebas funcionales. Con dichas pruebas se revisó el comportamiento de los procesos codificados y los resultados arrojados por el *Sistema ACTGU*.

#### 5.6.1.1. Instrumentos de evaluación

La pruebas funcionales hechas sobre el sistema fueron realizadas con base a una serie de *casos de prueba*, una herramienta que describe los pasos y el tipo de resultados esperados por la ejecución de procesos específicos en un programa (González-Palacio, 2011). Los *casos de prueba* utilizados en esta evaluación son expuestos en las Tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Estos casos se diseñaron de manera flexible para permitir validar la funcionalidad del prototipo y su comportamiento frente a distintos escenarios. Además, cabe destacar que la construcción de estos artefactos se realizó conforme a las actividades que el sistema debía de ejecutar, la jerarquía de sus procesos, el tipo de datos que debería recibir como entrada y el tipo de salidas que se esperaba conseguir.

Tabla 5.1: Casos de prueba, parte 1.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
NV01	Acceder a página principal del sistema.	A través de un navegador web, el usuario accede a la página principal del sistema, ingresando la URL “ <a href="http://ip_host:8088/index.html">http://ip_host:8088/index.html</a> ”.	Se accede a la página principal del sistema “ <a href="http://.../index.html">.../index.html</a> ”.
NV02	Acceder a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, desde la página principal del sistema.	Desde la página principal del sistema, el usuario da clic en el botón “Configuración de usuarios y grupos”.	Se accede a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema “ <a href="http://.../configusergrup.html">.../configusergrup.html</a> ”.
NV03	Acceder a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, desde la página principal del sistema.	Desde la página principal del sistema, el usuario da clic en el botón “Configuración de la simulación”.	Se accede a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal “ <a href="http://.../configsimulacion.html">.../configsimulacion.html</a> ”.
NV04	Acceder a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, desde la página principal del sistema.	Desde la página principal del sistema, el usuario da clic en el botón “Analizador de Confort Térmico”.	Se accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal “ <a href="http://.../analizadorconforttermico.html">.../analizadorconforttermico.html</a> ”.
NV05	Acceder a la página principal del sistema desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema.	Desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, el usuario da clic en la opción “Sistema ACTGU”.	Se accede a la página principal del sistema “ <a href="http://.../index.html">.../index.html</a> ”.
NV06	Acceder a la página principal del sistema desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Sistema ACTGU”.	Desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Sistema ACTGU”.	Se accede a la página principal del sistema “ <a href="http://.../index.html">.../index.html</a> ”.
NV07	Acceder a la página principal del sistema desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	Desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Sistema ACTGU”.	Se accede a la página principal del sistema “ <a href="http://.../index.html">.../index.html</a> ”.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.2: Casos de prueba, parte 2.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
NV08	Acceder a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.	Desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Configurar usuarios y grupos”.	Se accede a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema “.../configusergrup.html”.
NV09	Acceder a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	Desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Configurar usuarios y grupos”.	Se accede a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema “.../configusergrup.html”.
NV10	Acceder a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema.	Desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, el usuario da clic en la opción “Configurar simulación”.	Se accede a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal “.../configsimeulacion.html”.
NV11	Acceder a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	Desde la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Configurar simulación”.	Se accede a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal “.../configsimeulacion.html”.
NV12	Acceder a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema.	Desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo en el sistema, el usuario da clic en la opción “Analizar Confort Térmico”.	Se accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal “.../analizadorconforttermico.html”.
NV13	Acceder a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.	Desde la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, el usuario da clic en la opción “Analizar Confort Térmico”.	Se accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal “.../analizadorconforttermico.html”.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.3: Casos de prueba, parte 3.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US01	En la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, se carga la tabla de usuarios, con los usuarios dados de alta ante el sistema.	El usuario accede a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el “tab” de “Usuarios” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, se ha llenado la tabla de usuarios con una serie de filas correspondientes a los usuarios dados de alta ante el sistema.
US02	Acceder a ventana para agregar un usuario nuevo al sistema, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Usuarios” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema. Entonces, el usuario da clic en el botón “Agregar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para agregar un usuario nuevo al sistema, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Etiqueta” habilitado y sin contenido.</li> <li>• Control “Sexo” habilitado y con el ítem “Hombre” seleccionado en él.</li> <li>• Control “Edad” habilitado y con un “0” escrito en él.</li> <li>• Control “Altura” habilitado y con un “0” escrito en él.</li> <li>• Control “Peso” habilitado y con un “0” escrito en él.</li> <li>• Control “Índice de masa corporal” deshabilitado y con un “0” escrito en él.</li> <li>• Control “Rol” habilitado y con el ítem “Alumno” seleccionado en él.</li> <li>• Control “Tipo de ropa vestida” habilitado y con el ítem “Ropa pesada para invierno” seleccionado en él. Además, junto a este control debe estar escrito el valor CLO de la vestimenta seleccionada y el conjunto de prendas a las que hace referencia.</li> <li>• Los checkboxs de cada una de las filas de la tabla de grupos, habilitados y deschequeados. Además, esta tabla de grupos debe tener a los mismos grupos descritos en la tabla de grupos del “tab” de “Grupos”.</li> <li>• Control “Temperatura<sub>p</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él.</li> <li>• Control deslizante de “Temperatura<sub>p</sub>”, habilitado y seleccionado en él un valor de tendencia entre “50” y “100”. Además, junto a este control debe estar escrito el valor numérico de tendencia seleccionado.</li> <li>• Control “Temperatura<sub>k</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él.</li> <li>• Control deslizante de “Temperatura<sub>k</sub>”, habilitado y seleccionado en él un valor de tendencia entre “0” y “50”. Además, junto a este control debe estar escrito el valor numérico de tendencia seleccionado.</li> <li>• Botón “Guardar” habilitado.</li> <li>• Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.4: Casos de prueba, parte 4.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US03	Agregar un usuario nuevo al sistema.	En la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario asigna un valor a cada uno de los controles de la ventana y da clic sobre botón “Guardar”.	<p>Se procede al registro de un nuevo usuario en el sistema, lo cual, llevará a uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la información del nuevo usuario presenta inconvenientes, entonces, sobre la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema, se mostrará un cuadro de texto donde se describa el error detectado en la información del nuevo usuario. Además, dicho cuadro de texto contará con el botón “Continuar”, cuya acción cerrará al cuadro de texto.</li> <li>• Si la información del nuevo usuario no presenta inconvenientes, se le registra en el sistema, se cierra la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.</li> </ul>
US04	Cerrar ventana para agregar un usuario nuevo al sistema.	En la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.5: Casos de prueba, parte 5.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US05	Acceder a ventana para editar la información de un usuario en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Usuarios” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un usuario de la tabla de usuarios. Entonces, el usuario da clic en el botón “Editar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para editar la información del usuario seleccionado, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Etiqueta” habilitado y con el valor de etiqueta del usuario en edición.</li> <li>• Control “Sexo” habilitado y con un ítem seleccionado referente al sexo del usuario en edición.</li> <li>• Control “Edad” habilitado y con el valor de la edad del usuario en edición.</li> <li>• Control “Altura” habilitado y con el valor de la altura del usuario en edición.</li> <li>• Control “Peso” habilitado y con el valor del peso del usuario en edición.</li> <li>• Control “Índice de masa corporal” deshabilitado y con un valor de BMI calculado en base al peso y altura del usuario en edición.</li> <li>• Control “Rol” habilitado y con un ítem seleccionado referente al rol del usuario en edición.</li> <li>• Control “Tipo de ropa vestida” habilitado, con un ítem seleccionado referente al tipo de ropa vestida por el usuario en edición, y junto, el valor CLO de la vestimenta seleccionada y una descripción del conjunto de prendas a las que hace referencia.</li> <li>• Los checkboxes de cada una de las filas de la tabla de grupos, habilitados, deschequeados en las filas a las que el usuario en edición no pertenezca al grupo referido y chequeados en las filas a las que el usuario en edición sí pertenezca al grupo referido.</li> <li>• Control “Temperatura<sub>p</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él, de acuerdo con el usuario en edición.</li> <li>• Control deslizante de “Temperatura<sub>p</sub>”, habilitado y con el valor de “Tendencia<sub>p</sub>” del usuario en edición, seleccionado en él. Así mismo, junto debe estar escrito el valor numérico de “Tendencia<sub>p</sub>” del usuario en edición.</li> <li>• Control “Temperatura<sub>r</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él, de acuerdo con el usuario en edición.</li> <li>• Control deslizante de “Temperatura<sub>r</sub>”, habilitado y con el valor de “Tendencia<sub>r</sub>” del usuario en edición, seleccionado en él. Así mismo, junto debe estar escrito el valor numérico de “Tendencia<sub>r</sub>” del usuario en edición.</li> <li>• Botón “Guardar” habilitado.</li> <li>• Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.6: Casos de prueba, parte 6.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US06	Editar la información del usuario seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para editar la información de un usuario en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario asigna un valor a cada uno de los controles de la ventana y da clic sobre botón “Guardar”.	<p>Se procede a preservar los cambios efectuados sobre la información del usuario seleccionado, lo cual, llevará a uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la nueva información del usuario presenta inconvenientes, entonces, sobre la ventana para editar la información del usuario seleccionado, se mostrará un cuadro de texto donde se describa el error detectado en la nueva información del usuario. Además, dicho cuadro de texto contará con el botón “Continuar”, cuya acción cerrará al cuadro de texto.</li> <li>• Si la nueva información del usuario no presenta inconvenientes, se actualiza esta información en el sistema, se cierra la ventana para editar la información del usuario seleccionado y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.</li> </ul>
US07	Cerrar ventana para editar la información de un usuario seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para editar la información de un usuario en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra la ventana para editar la información de un usuario en particular.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.7: Casos de prueba, parte 7.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US08	Acceder a ventana para ver de forma detallada, información referente a un usuario en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	<p>El usuario selecciona el “tab” de “Usuarios” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un usuario de la tabla de usuarios.</p> <p>Entonces, el usuario da clic en el botón “Ver”.</p>	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para ver en detalle la información del usuario seleccionado, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control “Etiqueta” deshabilitado y con el valor de etiqueta del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Sexo” deshabilitado y con un ítem seleccionado referente al sexo del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Edad” deshabilitado y con el valor de la edad del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Altura” deshabilitado y con el valor de la altura del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Peso” deshabilitado y con el valor del peso del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Índice de masa corporal” deshabilitado y con un valor de BMI calculado en base al peso y altura del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Rol” deshabilitado y con un ítem seleccionado referente al rol del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Tipo de ropa vestida” deshabilitado, con un ítem seleccionado referente al tipo de ropa vestida por el usuario seleccionado, y junto, el valor CLO de la vestimenta seleccionada y una descripción del conjunto de prendas a las que hace referencia.</li> <li>Los checkboxes de cada una de las filas de la tabla de grupos, deshabilitados, deschequeados en las filas a las que el usuario seleccionado no pertenezca al grupo referido y chequeados en las filas a las que el usuario seleccionado si pertenezca al grupo referido.</li> <li>Control “Temperatura<sub>p</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él, de acuerdo con el usuario seleccionado.</li> <li>Control deslizante de “Temperatura<sub>p</sub>”, deshabilitado y con el valor de “Tendencia<sub>p</sub>” del usuario seleccionado, seleccionado en él. Así mismo, junto debe estar escrito el valor numérico de “Tendencia<sub>p</sub>” del usuario seleccionado.</li> <li>Control “Temperatura<sub>k</sub>” deshabilitado y con un valor numérico de temperatura escrito en él, de acuerdo con el usuario seleccionado.</li> <li>Control deslizante de “Temperatura<sub>k</sub>”, deshabilitado y con el valor de “Tendencia<sub>k</sub>” del usuario seleccionado, seleccionado en él. Así mismo, junto debe estar escrito el valor numérico de “Tendencia<sub>k</sub>” del usuario seleccionado.</li> <li>Botón “Regresar” habilitado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.8: Casos de prueba, parte 8.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
US09	Cerrar ventana para ver de forma detallada, información sobre el usuario seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para ver de forma detallada, información referente a un usuario en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Regresar”.	Se cierra la ventana para ver de forma detallada, información referente a un usuario en particular.
US10	Acceder a mensaje de confirmación para eliminar a un usuario en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Usuarios” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un usuario de la tabla de usuarios. Entonces, el usuario da clic en el botón “Eliminar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, un mensaje de confirmación, cuyos elementos adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una leyenda donde se escribe un mensaje que solicita al usuario, confirmación para proceder a la eliminación del usuario seleccionado.</li> <li>• Botón “Aceptar” habilitado.</li> <li>• Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>
US11	Eliminar a un usuario seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el mensaje de confirmación para eliminar a un usuario en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Aceptar”.	Se elimina al usuario seleccionado del sistema, se cierra el mensaje de confirmación para la eliminación del usuario seleccionado y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.
US12	Cerrar mensaje de confirmación para eliminar al usuario seleccionado en la tabla de usuarios, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el mensaje de confirmación para eliminar a un usuario en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra el mensaje de confirmación para eliminar a un usuario en particular.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.9: Casos de prueba, parte 9.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
GP01	En la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, se carga la tabla de grupos, con los grupos dados de alta ante el sistema.	El usuario accede a la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el “tab” de “Grupos” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, se ha llenado la tabla de grupos con una serie de filas correspondientes a los grupos dados de alta ante el sistema.
GP02	Acceder a ventana para agregar un grupo nuevo al sistema, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Grupos” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema. Entonces, el usuario da clic en el botón “Agregar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para agregar un grupo nuevo al sistema, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Nombre” habilitado y sin contenido.</li> <li>• Los checkboxs de cada una de las filas de la tabla de usuarios, habilitados y deschequeados. Además, esta tabla de usuarios debe tener a los mismos usuarios descritos en la tabla de usuarios del “tab” de “Usuarios”.</li> <li>• Botón “Guardar” habilitado.</li> <li>• Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>
GP03	Agregar un grupo nuevo al sistema.	En la ventana para agregar un grupo nuevo al sistema, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario asigna un valor a cada uno de los controles de la ventana y da clic sobre botón “Guardar”.	<p>Se procede al registro de un nuevo grupo en el sistema, lo cual, llevará a uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la información del nuevo grupo presenta inconvenientes, entonces, sobre la ventana para agregar un grupo nuevo al sistema, se mostrará un cuadro de texto donde se describa el error detectado en la información del nuevo grupo. Además, dicho cuadro de texto contará con el botón “Continuar”, cuya acción cerrará al cuadro de texto.</li> <li>• Si la información del nuevo grupo no presenta inconvenientes, se le registra en el sistema, se cierra la ventana para agregar un grupo nuevo al sistema y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.10: Casos de prueba, parte 10.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
GP04	Cerrar ventana para agregar un grupo nuevo al sistema.	En la ventana para agregar un grupo nuevo al sistema, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra la ventana para agregar un usuario nuevo al sistema.
GP05	Acceder a ventana para editar la información de un grupo en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Grupos” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un grupo de la tabla de grupos. Entonces, el usuario da clic en el botón “Editar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para editar la información del grupo seleccionado, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control “Nombre” habilitado y con el valor de nombre del grupo en edición.</li> <li>Los checkboxes de cada una de las filas de la tabla de usuarios, habilitados, deschequeados en las filas a las que el grupo en edición no contenga al usuario referido y chequeados en las filas a las que el grupo en edición si contenga al usuario referido.</li> <li>Botón “Guardar” habilitado.</li> <li>Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>
GP06	Editar la información del grupo seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para editar la información de un grupo en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario asigna un valor a cada uno de los controles de la ventana y da clic sobre botón “Guardar”.	<p>Se procede a preservar los cambios efectuados sobre la información del grupo seleccionado, lo cual, llevará a uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Si la nueva información del grupo presenta inconvenientes, entonces, sobre la ventana para editar la información del grupo seleccionado, se mostrará un cuadro de texto donde se describa el error detectado en la nueva información del grupo. Además, dicho cuadro de texto contará con el botón “Continuar”, cuya acción cerrará al cuadro de texto.</li> <li>Si la nueva información del grupo no presenta inconvenientes, se actualiza esta información en el sistema, se cierra la ventana para editar la información del grupo seleccionado y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.11: Casos de prueba, parte 11.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
GP07	Cerrar ventana para editar la información de un grupo seleccionado en la tabla de usuarios de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para editar la información de un grupo en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra la ventana para editar la información de un grupo en particular.
GP08	Acceder a ventana para ver de forma detallada, información referente a un grupo en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Grupos” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un grupo de la tabla de grupos. Entonces, el usuario da clic en el botón “Ver”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, una ventana para ver en detalle la información del grupo seleccionado, cuyos controles adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Nombre” deshabilitado y con el valor de nombre del grupo seleccionado.</li> <li>• Los checkboxes de cada una de las filas de la tabla de usuarios, deshabilitados, deschequeados en las filas a las que el grupo seleccionado no contenga al usuario referido y chequeados en las filas a las que el grupo seleccionado si contenga al usuario referido.</li> <li>• Botón “Regresar” habilitado.</li> </ul>
GP09	Cerrar ventana para ver de forma detallada, información sobre el grupo seleccionado en la tabla de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En la ventana para ver de forma detallada, información referente a un grupo en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Regresar”.	Se cierra la ventana para ver de forma detallada, información referente a un grupo en particular.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.12: Casos de prueba, parte 12.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
GP10	Acceder a mensaje de confirmación para eliminar a un grupo en particular, desde la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	El usuario selecciona el “tab” de “Grupos” de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, y, posteriormente, la fila de un grupo de la tabla de grupos. Entonces, el usuario da clic en el botón “Eliminar”.	<p>Se despliega en la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, un mensaje de confirmación, cuyos elementos adscriben a la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una leyenda donde se escribe un mensaje que solicita al usuario, confirmación para proceder a la eliminación del grupo seleccionado.</li> <li>• Botón “Aceptar” habilitado.</li> <li>• Botón “Cancelar” habilitado.</li> </ul>
GP11	Eliminar a un grupo seleccionado en la tabla de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el mensaje de confirmación para eliminar a un grupo en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Aceptar”.	Se elimina al grupo seleccionado del sistema, se cierra el mensaje de confirmación para la eliminación del grupo seleccionado y se recarga la tabla de usuarios y de grupos de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.
GP12	Cerrar mensaje de confirmación para eliminar al grupo seleccionado en la tabla de grupos, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema.	En el mensaje de confirmación para eliminar a un grupo en particular, de la página para configurar a usuarios y grupos de trabajo del sistema, el usuario da clic sobre botón “Cancelar”.	Se cierra el mensaje de confirmación para eliminar a un grupo en particular.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.13: Casos de prueba, parte 13.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
CF01	En la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, se carga la configuración actual de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal.	El usuario accede a la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.	<p>Los controles del formulario de la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, son configurados de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Estrategia de Confort para grupos” habilitado y seleccionado en él, un ítem referente a la estrategia elegida para tratar con el Confort Térmico de un grupo de usuarios.</li> <li>• Control “Utiliza modelo PSU”, de acuerdo con la estrategia seleccionada en el control “Estrategia de Confort para grupos”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Si la estrategia seleccionada es “ASHRAE 55 (Tradicional)”, el control estará deshabilitado y deschequeado.</li> <li>◦ Si la estrategia seleccionada es no es “ASHRAE 55 (Tradicional)”, el control estará habilitado y, conforme a la configuración actual, chequeado o deschequeado.</li> </ul> </li> <li>• Control “Número de iteraciones” habilitado y escrito en él, un valor numérico referente a la cantidad de ciclos descritos por la configuración actual.</li> <li>• Control “Duración de la iteración” habilitado y escrito en él, un valor numérico referente a los segundos que deben transcurrir, para que un ciclo de prueba termine y cambien las condiciones sensadas por el sistema.</li> <li>• Control “Temperatura”, compuesto por un indicador de las “Condiciones de inicio” y otro para el “Incremento por iteración”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Medio de “Condiciones de inicio” habilitado y con un valor numérico referente a la temperatura desde la cual, el sistema tendrá lecturas de la temperatura ambiental.</li> <li>◦ Medio de “Incremento por iteración” habilitado y con un valor numérico referente a cuantos grados Celsius (°C) serán sumados a la temperatura ambiental actual, al final de cada uno de los ciclos de prueba (iteraciones).</li> </ul> </li> <li>• Control “Humedad”, compuesto por un indicador de las “Condiciones de inicio” y otro para el “Incremento por iteración”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Medio de “Condiciones de inicio” habilitado y con un valor numérico referente a la humedad desde la cual, el sistema tendrá lecturas de la humedad ambiental.</li> <li>◦ Medio de “Incremento por iteración” habilitado y con un valor numérico referente al porcentaje (%) que será sumado a la humedad ambiental actual, al final de cada uno de los ciclos de prueba (iteraciones).</li> </ul> </li> <li>• Control “Concentración de gas”, compuesto por un indicador de las “Condiciones de inicio” y otro para el “Incremento por iteración”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Medio de “Condiciones de inicio” habilitado y con un valor numérico referente a la concentración de gas desde la cual, el sistema tendrá lecturas de la concentración de gas ambiental.</li> <li>◦ Medio de “Incremento por iteración” habilitado y con un valor numérico referente a cuantas partes por millón (ppm) serán sumados a la concentración de gas ambiental actual, al final de cada uno de los ciclos de prueba (iteraciones).</li> </ul> </li> <li>• Control “Velocidad del aire”, compuesto por un indicador de las “Condiciones de inicio” y otro para el “Incremento por iteración”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Medio de “Condiciones de inicio” habilitado y con un valor numérico referente a la velocidad del aire desde la cual, el sistema tendrá lecturas de la velocidad del aire ambiental.</li> <li>◦ Medio de “Incremento por iteración” habilitado y con un valor numérico referente a cuantos metros sobre segundo (m/s) serán sumados a la velocidad del aire ambiental actual, al final de cada uno de los ciclos de prueba (iteraciones).</li> </ul> </li> <li>• Control “Grupo con el cual trabajar” habilitado y seleccionado en él, un ítem referente al grupo elegido para el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.</li> <li>• Botón “Guardar” habilitado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.14: Casos de prueba, parte 14.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
CF02	Actualizar la configuración de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal.	En la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, el usuario asigna un valor a cada uno de los controles del formulario de la página y da clic sobre botón “Guardar”.	<p>Se procede a preservar los cambios efectuados sobre la configuración de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal, llevando esto a uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la nueva configuración presenta inconvenientes, entonces, sobre la página para configurar la simulación de los valores ambientales sensados y el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal, se mostrará un cuadro de texto donde se describa el error detectado sobre la nueva configuración. Además, dicho cuadro de texto contara con el botón “Continuar”, cuya acción cerrara al cuadro de texto.</li> <li>• Si la nueva configuración no presenta inconvenientes, el sistema se actualiza con la nueva configuración de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal.</li> </ul>
AC01	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se carga la configuración del proceso de análisis de Confort Térmico Grupal.	El usuario accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	<p>Los controles “Estrategia de Confort para grupos”, “Se utiliza el modelo PSU” y “Grupo revisado”, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, son configurados de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control “Estrategia de Confort para grupos” deshabilitado y seleccionado en él, un ítem referente a la estrategia elegida para tratar con el Confort Térmico de un grupo de usuarios.</li> <li>• Control “Se utiliza modelo PSU”, de acuerdo con la estrategia seleccionada en el control “Estrategia de Confort para grupos”: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Si la estrategia seleccionada es “ASHRAE 55 (Tradicional)”, el control estará deshabilitado y deschequeado.</li> <li>◦ Si la estrategia seleccionada es no es “ASHRAE 55 (Tradicional)”, el control estará deshabilitado y, conforme a la configuración actual, chequeado o deschequeado.</li> </ul> </li> <li>• Control “Grupo con el cual trabajar” deshabilitado y seleccionado en él, un ítem referente al grupo elegido para el proceso de análisis del Confort Térmico Grupal.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.15: Casos de prueba, parte 15.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
<b>AC02</b>	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se cargan los últimos resultados conocidos del proceso de análisis de Confort Térmico Grupal.	El usuario accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	<p>El botón de la esquina superior derecha y las gráficas de Confort Térmico por iteración, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, en base a la configuración de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal, adoptan la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botón de la esquina superior derecha, de acuerdo con la configuración de la simulación:           <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Si la configuración indica que no se ha iniciado con el proceso de análisis del Confort Térmico, se escribe en el botón la leyenda de “Iniciar cálculo” y se habilita.</li> <li>◦ Si la configuración indica que ya ha sido iniciado el proceso de análisis del Confort Térmico, se escribe en el botón la leyenda de “Reiniciar cálculo” y se deshabilita.</li> </ul> </li> <li>• Gráficas de Confort Térmico por iteración, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, por cada uno de los resultados disponibles, en cada gráfica se dibuja un nodo referente a una iteración y al nivel de Confort Térmico del grupo y sus usuarios.</li> </ul>
<b>AC03</b>	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se habilita al botón de la esquina superior derecha con la leyenda “Reiniciar cálculo”.	El usuario accede a la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal o, también desde la misma página, el usuario da clic al botón de la esquina superior derecha con la leyenda “Iniciar cálculo” o “Reiniciar cálculo”.	<p>En el momento que, el número de resultados recuperados sea igual al número de iteraciones indicados en la configuración de la simulación y análisis del Confort Térmico Grupal, el botón de la esquina superior derecha se debe habilitar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nota: Antes, este botón debió haber adoptado la leyenda “Reiniciar cálculo” y estar deshabilitado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.16: Casos de prueba, parte 16.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
AC04	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se describe uno de los nodos del gráfico “Confort Térmico Personal por Iteración”, utilizando a los controles ubicados a la derecha del mismo gráfico.	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario (o de forma automática el sistema) selecciona uno de los nodos del gráfico “Confort Térmico Personal por Iteración”.	<p>De acuerdo con el nodo seleccionado en el gráfico “Confort Térmico Personal por Iteración” de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, los controles ubicados a la derecha del mismo gráfico adoptan la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control “Etiqueta” deshabilitado y con el valor de etiqueta del usuario a quien perezca el nodo seleccionado.</li> <li>Control “Iteración” deshabilitado y con el número de iteración que corresponde al nodo seleccionado.</li> <li>Control “Estado” deshabilitado y con el estado (cómodo o incomodo) determinado para el usuario a quien perezca el nodo seleccionado.</li> <li>Control “Sensación” deshabilitado y con la sensación térmica descrita por el valor de Confort Térmico del usuario a quien perezca el nodo seleccionado.</li> <li>Control “Confort Personal” deshabilitado y con la selección del valor de Confort Térmico del usuario a quien perezca el nodo seleccionado. Además, junto a este control debe estar otro control, también deshabilitado y escrito en él, el valor de Confort Térmico antes seleccionado.</li> </ul>
AC05	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se describe uno de los nodos del gráfico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, utilizando a los controles ubicados a la derecha del mismo gráfico.	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario (o de forma automática el sistema) selecciona uno de los nodos del gráfico “Confort Térmico Grupal por Iteración”.	<p>De acuerdo con el nodo seleccionado en el gráfico “Confort Térmico Grupal por Iteración” de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, los controles ubicados a la derecha del mismo gráfico adoptan la siguiente configuración:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control “Iteración” deshabilitado y con el número de iteración que corresponde al nodo seleccionado.</li> <li>Control “Estado” deshabilitado y con el estado (cómodo o incomodo) adscrito por el grupo y referido por el nodo seleccionado.</li> <li>Control “Sensación” deshabilitado y con la sensación térmica del valor de Confort Térmico Grupal referida por el nodo seleccionado.</li> <li>Control “Confort Grupal” deshabilitado y con la selección del valor de Confort Térmico Grupal referida por el nodo seleccionado. Además, junto a este control debe estar otro control, también deshabilitado y escrito en él, el valor de Confort Térmico Grupal antes seleccionado.</li> </ul>

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.17: Casos de prueba, parte 17.

Caso	Descripción	Entrada	Salida
AC06	Ver detalle de la iteración de un nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal.	En la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic sobre el botón “Ver detalle de iteración”.	<p>En base a la configuración de los controles ubicados a la derecha del grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, ocurrirá uno de los siguientes eventos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no hay algún nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, entonces, sobre la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, se mostrará un cuadro de texto donde se describa que ha ocurrido un error por no tener seleccionado a algún nodo en el gráfico mencionado. Además, dicho cuadro de texto contara con el botón “Continuar”, cuya acción cerrara al cuadro de texto.</li> <li>• Si hay un nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, entonces, sobre la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, será desplegada una ventana que permita ver de forma detallada, el resultado de Confort Térmico Grupal al que refiera el nodo seleccionado. Es relación a lo cual, esta ventana suscribirá a la siguiente forma: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Control “Confort Térmico Grupal” deshabilitado y con el valor de Confort Térmico Grupal referido por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Temperatura” de “Condiciones actuales” deshabilitado y con el valor de temperatura conocido, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Humedad” de “Condiciones actuales” deshabilitado y con el valor de humedad conocido, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Concentración de gas” de “Condiciones actuales” deshabilitado y con el valor de concentración de gas conocido, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Velocidad del aire” de “Condiciones actuales” deshabilitado y con el valor de velocidad del aire conocido, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Temperatura” de “Condiciones recomendadas” deshabilitado y con un valor de temperatura bajo el cual, se determinó que el Confort Grupal podría mejorar, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Humedad” de “Condiciones recomendadas” deshabilitado y con un valor de humedad bajo el cual, se determinó que el Confort Grupal podría mejorar, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Concentración de gas” de “Condiciones recomendadas” deshabilitado y con un valor de concentración de gas bajo el cual, se determinó que el Confort Grupal podría mejorar, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Control “Velocidad del aire” de “Condiciones recomendadas” deshabilitado y con un valor de velocidad del aire bajo el cual, se determinó que el Confort Grupal podría mejorar, durante la iteración referida por el nodo seleccionado.</li> <li>◦ Tabla “Configuración sugerida para actuadores” con una serie de filas referentes a los actuadores (mecanismos de Confort) registros en el sistema, en donde, cada una de estas filas describe el tipo de actuador que es, un estado (encendido o apagado) y la configuración que estos medios deberían adoptar para conseguir un mejor estado de Confort Grupal. En relación a lo cual, cabe destacar que, para efecto de pruebas, solo se registró a dos de estos mecanismos en el sistema, a un “Aire acondicionado” y a un “Calefactor”.</li> <li>◦ Botón “Regresar” habilitado.</li> </ul> </li> </ul>
AC07	Cerrar ventana para ver de forma detallada, el resultado de Confort Térmico Grupal refiero por un nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic sobre botón “Regresar”.	En la ventana para ver de forma detallada, el resultado de Confort Térmico Grupal refiero por un nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”, de la página de observación y análisis de los resultados de Confort Térmico Grupal, el usuario da clic sobre botón “Regresar”.	Se cierra la ventana para ver de forma detallada, el resultado de Confort Térmico Grupal refiero por un nodo seleccionado en el grafico “Confort Térmico Grupal por Iteración”.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Es así como, a través estos *casos de prueba*, se logró observar las capacidades de la solución propuesta en diferentes circunstancias, validar la funcionalidad del prototipo desarrollado y encontrar puntos de mejora para trabajos futuros.

### 5.6.1.2. Resultados de la evaluación

El funcionamiento y comportamiento del prototipo desarrollado, se validó a través de los *casos de prueba* expuestos por las Tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17, en un entorno de experimentación donde se simuló el sensado de los valores ambientales de temperatura, humedad, concentración de gas y velocidad del aire, así como el conjunto de lecturas arrojadas por parte de acelerómetros vestidos por cada usuario. Los resultados de estos *casos de prueba* se encuentran descritos en la Tabla 5.18, la cual no exhibe casos fallidos, lo que significa que el prototipo funciona y se comporta acorde a lo esperado.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.18: Resultado de los casos de prueba ejecutados.

Caso	¿Aprobó?
NV01	Si
NV02	Si
NV03	Si
NV04	Si
NV05	Si
NV06	Si
NV07	Si
NV08	Si
NV09	Si
NV10	Si
NV11	Si
NV12	Si
NV13	Si
US01	Si
US02	Si
US03	Si
US04	Si
US05	Si
US06	Si
US07	Si
US08	Si
US09	Si
US10	Si
US11	Si
US12	Si
GP01	Si
GP02	Si
GP03	Si
GP04	Si
GP05	Si
GP06	Si
GP07	Si
GP08	Si
GP09	Si
GP10	Si
GP11	Si
GP12	Si
CF01	Si
CF02	Si
AC01	Si
AC02	Si
AC03	Si
AC04	Si
AC05	Si
AC06	Si
AC07	Si

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

No obstante, las pruebas realizadas evidenciaron aspectos no funcionales que podrían ser mejorados en trabajos futuros. Algunos de factores son: los colores de la interfaz de usuario, el diseño de la ventana de eliminación y el tamaño de algunos de los iconos utilizados en el sistema.

### 5.6.2. Evaluación de Usabilidad

#### 5.6.2.1. Sobre la evaluación de la Usabilidad

La norma *ISO/IEC 9126 - 4* define a la *Usabilidad* como un producto especificado por un grupo de usuarios con objetivos específicos, que resulta de realizar una serie de tareas con *Eficacia, Eficiencia y Satisfacción* en un mismo contexto de uso. Este requerimiento no funcional está relacionado con la interacción que pueda existir entre el prototipo desarrollado y las personas que lo utilicen. Así que, entendiendo que este sistema se dirige a tratar con el Confort Térmico de grupos de usuarios, para su evaluación se adoptó el contexto de un aula de clases y se buscó la participación de docentes.

La evaluación de *Usabilidad* aplicada al prototipo desarrollado se realizó bajo el formato de *Prueba de Usabilidad Remota* con un *Moderador* presente. De esta manera, se podría auxiliar al participante durante la prueba, siempre y cuando resultara necesario brindarle ayuda; no obstante, dicha intervención implicaría que el participante haya fallado en realizar la tarea en turno. Por todo esto, se hizo uso de las herramientas *Google Meet*, como un medio para establecer comunicación remota con el participante, y *TeamViewer* para facilitar al participante interactuar con el sistema.

Esta evaluación se llevó a cabo en diferentes sesiones, una por cada participante. Las sesiones realizadas se videograbaron para su posterior análisis y consistieron en la ejecución de dos escenarios distintos, cada uno con siete tareas. Además, a cada participante se le preguntó un número prefijado de preguntas, antes, durante y posteriormente a cada sesión. El detalle de esto es descrito en las siguientes secciones de este documento.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

### 5.6.2.2. Usuarios objetivo para el sistema

El tipo de usuarios a los que apunta el prototipo desarrollado comprende a personas con relativa autoridad sobre su espacio de trabajo para tomar decisiones. En este sentido, y dada la adopción de un contexto de aula de clases, se eligió a personal docente como usuarios objetivos de esta evaluación. Por lo que se invitó a un grupo de educadores para participar en estas pruebas, a quienes no se les solicitó ser expertos o tener conocimiento sobre el Confort Térmico, pero sí que fueran capaces de utilizar equipo de cómputo, ya que el formato de la evaluación lo requería.

### 5.6.2.3. Script para pruebas de Usabilidad

Las sesiones de prueba de *Usabilidad* duraron entre *00:35* y *01:37* horas. Durante este tiempo, los participantes ejecutaron una serie de tareas organizadas en dos escenarios diferentes, y al final de la sesión, utilizaron aproximadamente *15* minutos para responder un instrumento de evaluación.

Previamente a las sesiones de prueba, se invitó a un grupo de educadores a participar, a quienes se les envío un cuestionario de control para construir un perfil de los participantes. Posteriormente, se hizo una reunión con los docentes, en donde se les dio a conocer este proyecto de investigación y se validó su participación, agendando un día y hora específica para llevar a cabo la evaluación del prototipo desarrollado.

**5.6.2.3.1. Reunión y entrevista informativa Pre-Sesión** Antes de iniciar con la evaluación del prototipo desarrollado, se realizaron tres actividades. La primera actividad consistió en contactar por medio de una llamada telefónica a una serie de usuarios potenciales. La segunda actividad, implicó tomar a los usuarios interesados en participar y solicitarles responder el cuestionario expuesto en la Figura A.1 del Anexo A, el cual se construyó como un *Formulario de Google* para su fácil distribución y tuvo por objetivo ayudar a construir un perfil de los usuarios que participaron en las pruebas.

La tercera actividad consistió en realizar una reunión con los usuarios potenciales, de acuerdo a la disponibilidad de cada uno. En esta reunión, a cada interesado se le habló sobre el proyecto y, para validar su participación, se les solicitó firmar una copia del documento mostrado en la Figura D.1 del Anexo D, que es a una carta de

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

consentimiento informado donde la persona autorizó participar en esta evaluación y da permiso de hacer uso de sus respuestas como parte de este trabajo.

Así mismo, antes de finalizar la reunión llevada a cabo con cada uno de los usuarios y tras validar su participación, se agendó un día y hora en específico para realizar la evaluación de *Usabilidad* del sistema. Se buscó que los momentos agendados para las pruebas no chocaran entre sí.

**5.6.2.3.2. Escenarios y tareas de prueba de la Sesión** Las tareas que los participantes debían ejecutar en el sistema fueron diseñadas con base en la funcionalidad esperada. Estas tareas de prueba se agruparon en dos escenarios diferentes pero subsecuentes y, por cada una, se preguntó al usuario el nivel de dificultad que le supuso llevarla a cabo. En la Figuras B.1, B.2, B.3 y B.4 del Anexo B se presenta el contexto y las tareas que circunscribe el *Escenario 1*, a lo largo de una lista construida en un *Formulario de Google*, para su fácil aplicación.

Por otra parte, en las Figuras C.1, C.2, C.3 y C.4 del Anexo C, que corresponden a un *Formulario de Google*, se expone el contexto y las tareas que componen al *Escenario 2*.

Cabe agregar que solo se consideró como completada la prueba hasta que el participante terminara con todas las tareas de los dos escenarios presentados. Esto se definió así, ya que al estar presente un *Moderador*, si el usuario se atoraba en alguna tarea, el *Moderador* podría auxiliarlo para poder continuar con la evaluación. Sin embargo, en caso de que el *Moderador* interviniere para auxiliar al participante sobre un aspecto práctico y no teórico, la tarea en turno sería marcada como *fallada* o *no completada*.

**5.6.2.3.3. Instrumento de evaluación Post-Sesión** Al final de cada sesión de prueba, se pidió a los participantes responder el instrumento mostrado en las Figuras A.2, A.3 y A.4 del Anexo A, que es una versión del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos (*Computer Systems Usability Questionnaire* o CSUQ, por sus siglas en inglés), adaptado para la evaluación del *Sistema ACTGU*. Esta herramienta particularmente está dirigida a evaluar la *Satisfacción* de los usuarios con respecto a un sistema informático.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

El instrumento CSUQ permite calcular la percepción de *Satisfacción* de los usuarios con un sistema, bajo una puntuación que va del 1 al 7 por cada uno de sus ítems (preguntas). Además, los resultados obtenidos con esta herramienta pueden ser promediados en una escala del 0 % a 100 % para su interpretación (Hedlefs Aguilar, 2017).

### 5.6.2.4. Resultados de la evaluación

Los resultados obtenidos en este proceso de evaluación son descritos a continuación.

**5.6.2.4.1. Lista de participantes** Los usuarios que evaluaron el prototipo desarrollado, como se muestra en las Figuras D.2, D.3, D.4, D.5 y D.6 del Anexo D, validaron su participación con la firma de un carta de consentimiento informado que autorizaba hacer uso de sus respuestas y datos en esta prueba. Estos participantes suscribieron un rol de *Docente*, por lo que fue innecesario preguntarles sobre su posición frente a un grupo de personas.

En relación con esto, y como se puede observar en la Tabla 5.19, el perfil de estos usuarios corresponde a personas entre los 33 y 62 años edad, mujeres en su mayoría. Así mismo, a través del cuestionario mostrado en la Figura A.1 del Anexo A, los participantes dijeron tener entre 14 y 25 años de experiencia manejando equipo de cómputo, de forma que no eran ajenos al uso de sistemas informáticos.

Tabla 5.19: Personas que participaron en la evaluación.

Participante	Sexo	Edad	Experiencia en cómputo
1	Hombre	33	21
2	Mujer	36	16
3	Hombre	34	14
4	Mujer	62	15
5	Mujer	48	25

También, por medio del cuestionario mostrado en la Figura A.1 del Anexo A, algunos los participantes expresaron tener conocimiento sobre el *tc*, un tema que definieron de la siguiente forma:

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

- Participante 1: es la temperatura en la que una persona se siente cómodo y esta varía por cada individuo.
- Participante 2: es una sensación agradable y cómoda respecto al ambiente.

En relación a esto, y como se observa en la Figura 5.57, la mayoría de usuarios expresó haber utilizado al menos uno de los sistemas de confort contemplados, los cuales son el *Aire acondicionado* y *Calefactor*. Así mismo, un participante mencionó haber hecho uso de un *Ventilador*.

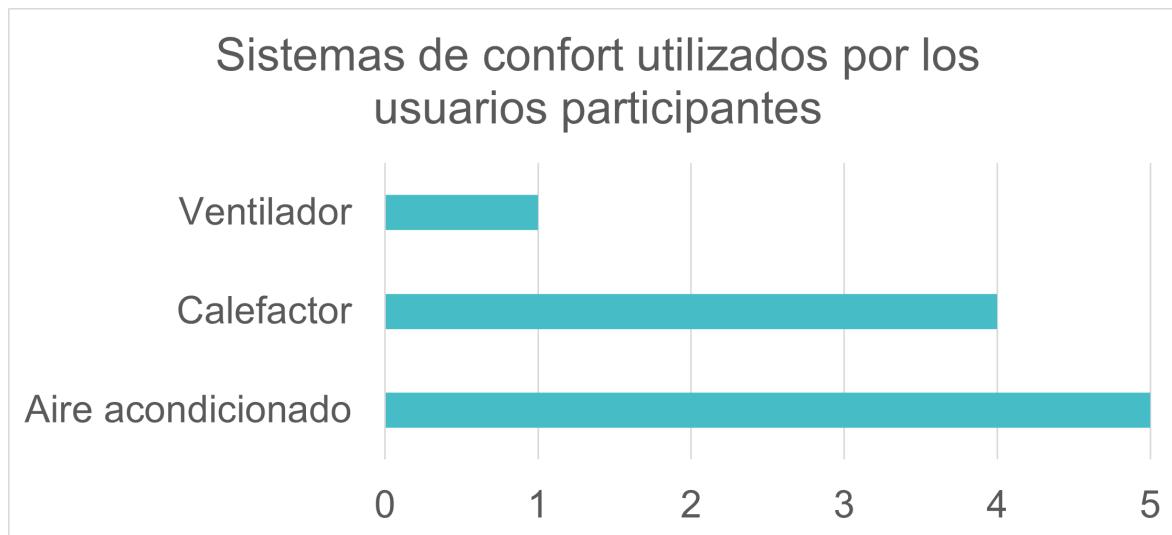


Figura 5.57: Sistemas de Confort utilizados por los participantes.

Por otro lado, es importante hacer notar que no se solicitó información física o de identidad a los participantes, ya que no eran datos relevantes para términos de este proyecto.

**5.6.2.4.2. Eficacia** La *Eficacia* se mide a través de la Ecuación 5.1, que calcula el valor de esta métrica con base en la tasa de tareas completadas por los usuarios.

$$\text{Effectiveness} = (\text{NumberOfTasksCompletedSuccessfully}/\text{TotalNumberOfTasksUndertaken}) * 100 \% \quad (5.1)$$

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

En este sentido, y para efectos de esta evaluación, se tomó como tarea no completada a todas aquellas actividades en las que el participante solicitara la asistencia del *Moderador* con respecto a que pasos seguir para completar una tarea en particular. De esta manera se construyó la Tabla 5.20, la cual, por cada usuario asignó un *1* a las tareas que logró terminar con éxito y un *0* a las que no completó. Posteriormente, esto se ocupó para generar la Figura 5.58, que describe de forma porcentual el número de usuarios que terminaron las tareas que se les solicitó realizar.

Tabla 5.20: Tareas completadas por los participantes.

		Escenarios													
		1							2						
Tareas	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Participantes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

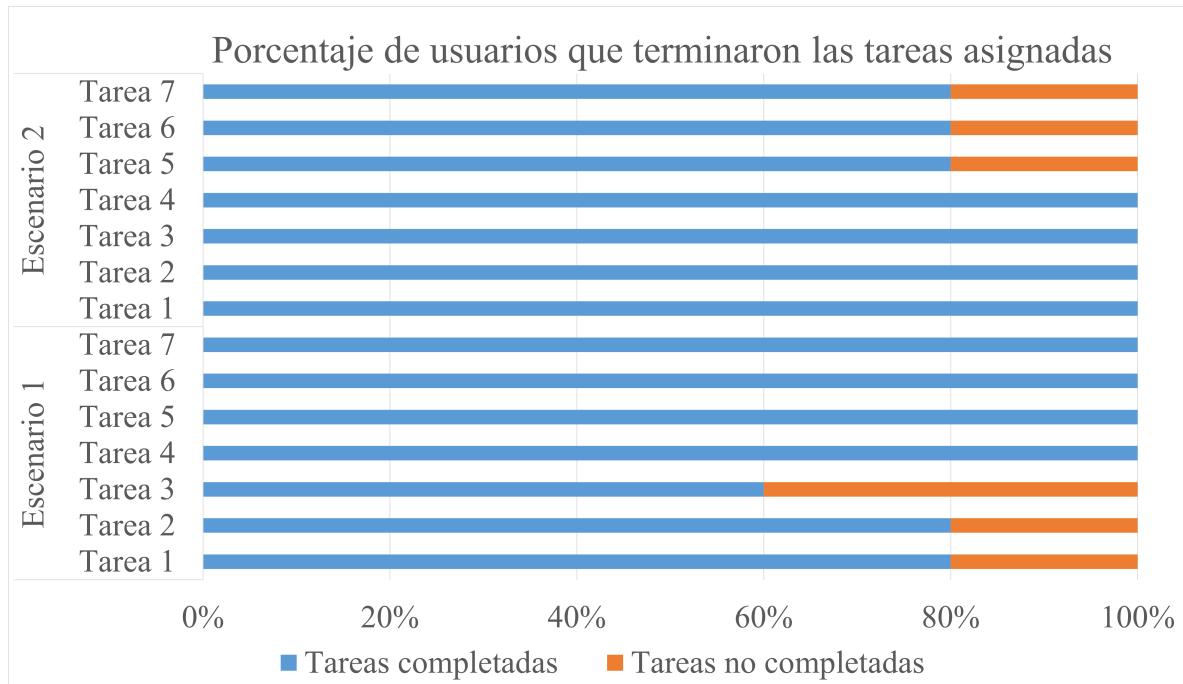


Figura 5.58: Porcentaje de usuarios que terminaron cada una de las tareas que se les asignó.

Es así que, a través de la Ecuación 5.1, la Tabla 5.20 y la Figura 5.58, se encontró una *Eficacia* del 88.57% para el *Escenario 1* y del 91.43% en el *Escenario 2*. Por lo tanto, al ser estos valores superiores al 78%, se puede decir que existe un nivel porcentual aceptable de *Eficacia*. Aunque, comentarios dejados por los participantes, expresaron que sería oportuno contar con un manual que les ayudara en el uso del *Sistema ACTGU*.

**5.6.2.4.3. Eficiencia** La *Eficiencia* se calcula en términos del tiempo requerido para que un usuario pueda completar una tarea en particular. La Ecuación 5.2 se usa para calcular la eficiencia.

$$TimeBasedEfficiency = \left\{ \left[ \sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^N (n_{ij}/t_{ij}) \right] / [N * R] \right\} \quad (5.2)$$

En donde:

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

- $N$  = Número total de tareas.
- $R$  = Número total de usuarios.
- $n_{ij}$  = Resultado de una tarea  $i$ , por cada usuario  $j$ . Donde, si la tarea fue completada con éxito, entonces  $n_{ij}$  sera igual a 1, en caso contrario,  $n_{ij}$  sera igual a 0.
- $t_{ij}$  = Tiempo invertido por cada usuario  $j$ , para completar una tarea  $i$ . Donde, si la tarea  $i$  no fue completada con éxito, se utilizará el tiempo desde que el usuario  $j$  empezó con la tarea  $i$ , hasta que él la haya abandonado o haya solicitado ayuda del *Moderador*.

En este sentido y para efecto de la evaluación, se recuperaron y analizaron las vídeo grabaciones de cada una de las pruebas realizadas con los participantes. Estas vídeo grabaciones se revisaron con respecto a los segundos que invirtió cada usuario, para completar una tarea en particular. Además, para tener un punto de comparación, se calculó la cantidad de segundos que al responsable de este trabajo (usuario experto), le tomó completar las mismas tareas hechas por los participantes.

La Tabla 5.21, presenta los segundos que requirió cada uno de los participantes y usuario experto, para completar las tareas solicitadas por esta evaluación. Esta información permitió generar las Figuras 5.59 y 5.60, que describen la *Eficiencia* de los participantes al hacer uso del sistema.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

Tabla 5.21: Tiempo necesario para completar una tarea, por cada participante y escenario.

		Escenarios													
		1							2						
Tareas	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Participantes	1	378 segos	53 segos	65 segos	12 segos	39 segos	64 segos	09 segos	372 segos	42 segos	38 segos	23 segos	12 segos	10 segos	12 segos
	2	883 segos	84 segos	206 segos	68 segos	23 segos	52 segos	26 segos	565 segos	38 segos	50 segos	130 segos	19 segos	56 segos	15 segos
	3	620 segos	68 segos	64 segos	81 segos	25 segos	104 segos	47 segos	450 segos	33 segos	57 segos	48 segos	25 segos	45 segos	27 segos
	4	1708 segos	283 segos	131 segos	43 segos	90 segos	74 segos	183 segos	744 segos	93 segos	34 segos	25 segos	19 segos	57 segos	25 segos
	5	747 segos	72 segos	90 segos	73 segos	35 segos	57 segos	38 segos	476 segos	31 segos	36 segos	87 segos	19 segos	37 segos	10 segos
Experto		540 segos	12 segos	41 segos	8 segos	10 segos	39 segos	5 segos	523 segos	10 segos	35 segos	6 segos	11 segos	37 segos	6 segos

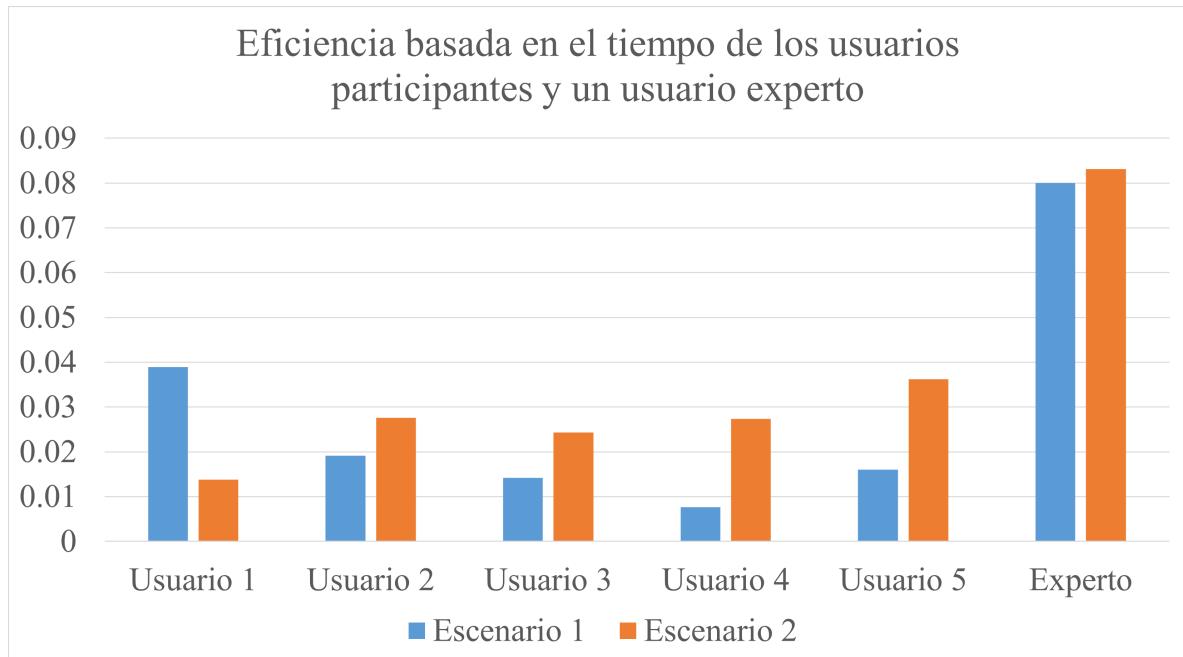


Figura 5.59: Eficiencia de los participantes y un experto, por escenario.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

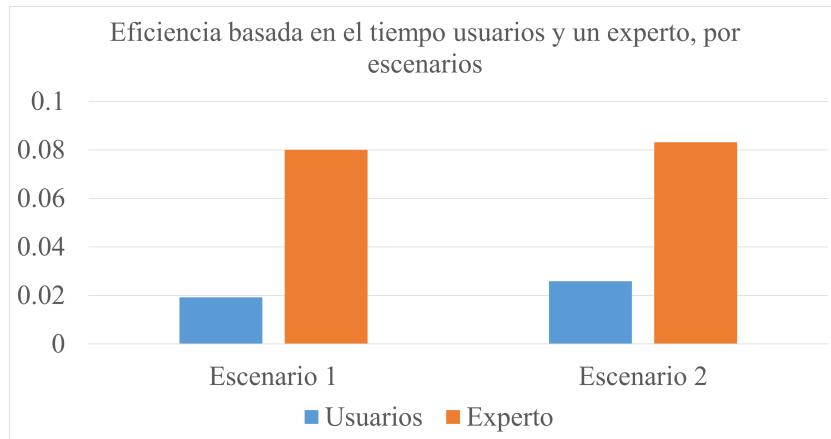


Figura 5.60: Eficiencia general de los participantes y el experto, en cada escenario.

De esta manera, a través de la Ecuación 5.2, la Tabla 5.21, y como se expone en la Figuras 5.59 y 5.60, se encontró que la *Eficiencia* de los usuarios con este sistema era de  $0.019192753 \text{ tareas/segundo}$  en el *Escenario 1* y  $0.025838868 \text{ tareas/segundo}$  en el *Escenario 2*. Lo que, si se compara contra la *Eficiencia* obtenida en una prueba realizada por el responsable de este trabajo (un usuario experto),  $0.080030922 \text{ tareas/segundo}$  en el *Escenario 1* y  $0.083107561 \text{ tareas/segundo}$  en el *Escenario 2* respectivamente, se puede decir que el conocimiento sobre cómo hacer uso de este sistema influye en su *Eficiencia*. Esto, especialmente al presentarse usuarios que invirtieron una considerable cantidad de tiempo para poder completar una sola de las tareas solicitadas en esta evaluación.

**5.6.2.4.4. Satisfacción** La *Satisfacción* puede medirse preguntando por cada tarea que se solicite al usuario hacer *¿Qué tan difícil fue realizarla?* y, también, a través de un cuestionario de satisfacción.

En este sentido, y para efectos de esta evaluación, se aplicó a los usuarios un cuestionario sobre la dificultad de las tareas comprendidas en la prueba y una versión de la herramienta CSUQ, adaptada para la revisión del *Sistema ACTGU*. El cuestionario sobre la dificultad de cada tarea, se encuentra descrito por las Figuras B.1, B.2, B.3 y B.4 del Anexo B, y Figuras C.1, C.2, C.3 y C.4 del Anexo C, y se diseñó para contestarse al mismo tiempo de probar el prototipo, preguntando al final de cada tarea,

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

que tan difícil fue realizarla. Así que, con los resultados obtenidos del cuestionario sobre la dificultad de cada tarea, se construyeron los gráficos expuestos en las Figuras 5.61 y 5.62, que muestran un resumen de los resultados e indican por cada tarea, el porcentaje de participantes a quienes les pareció fácil o difícil llevarla a cabo. Como se observa en esas figuras, se encontró que: al 80 % de los usuarios les pareció *Muy fácil* realizar las tareas 4, 5, 6 y 7 del *Escenario 1*; a un 20 % de los usuarios les pareció *Fácil* realizar las tareas 1, 3, 5, 6 y 7 del *Escenario 1*; a un 20 % de los usuarios les pareció *Un poco fácil* hacer las tareas 1 y 3 del *Escenario 1*; un 20 % de los usuarios les pareció *Un poco difícil* la tarea 4 del *Escenario 1*; y al 100 % de los usuarios les pareció *Muy fácil* la tarea 2 del *Escenario 1*. Mientras que: el 100 % de los usuarios expresó que fue *Muy fácil* completar las tareas 1, 2, 3, 5, 6 y 7 del *Escenario 2*; un 50 % de los usuarios expresó que fue *Muy fácil* completar la *Tarea 4* del *Escenario 2*; y un 50 % de los usuarios expresó que fue *Fácil* completar la *Tarea 4* del *Escenario 2*.

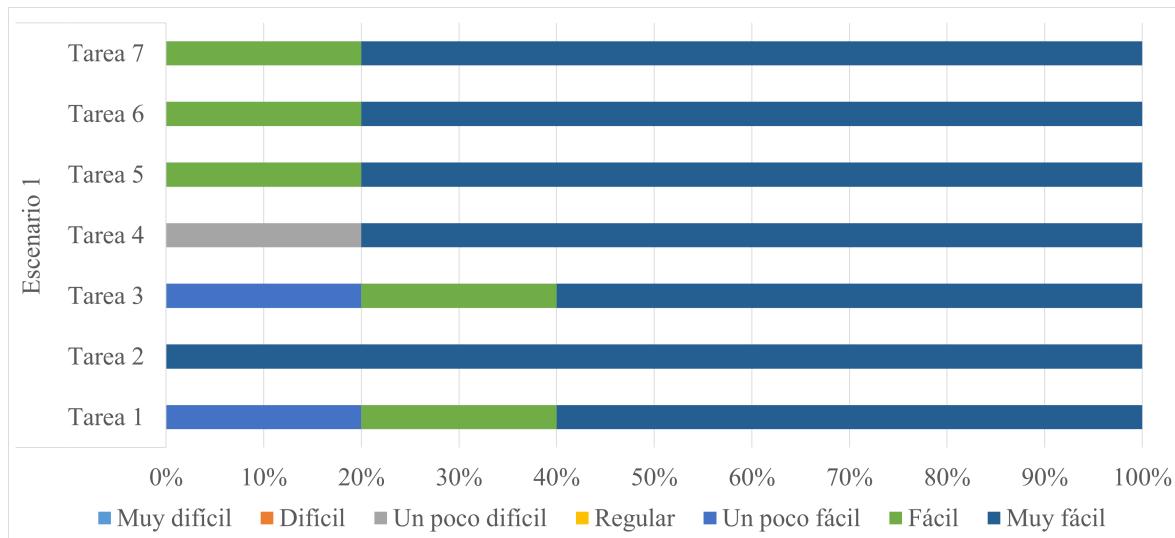


Figura 5.61: Resumen de los resultados del cuestionario aplicado, sobre la dificultad de cada tarea del Escenario 1.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

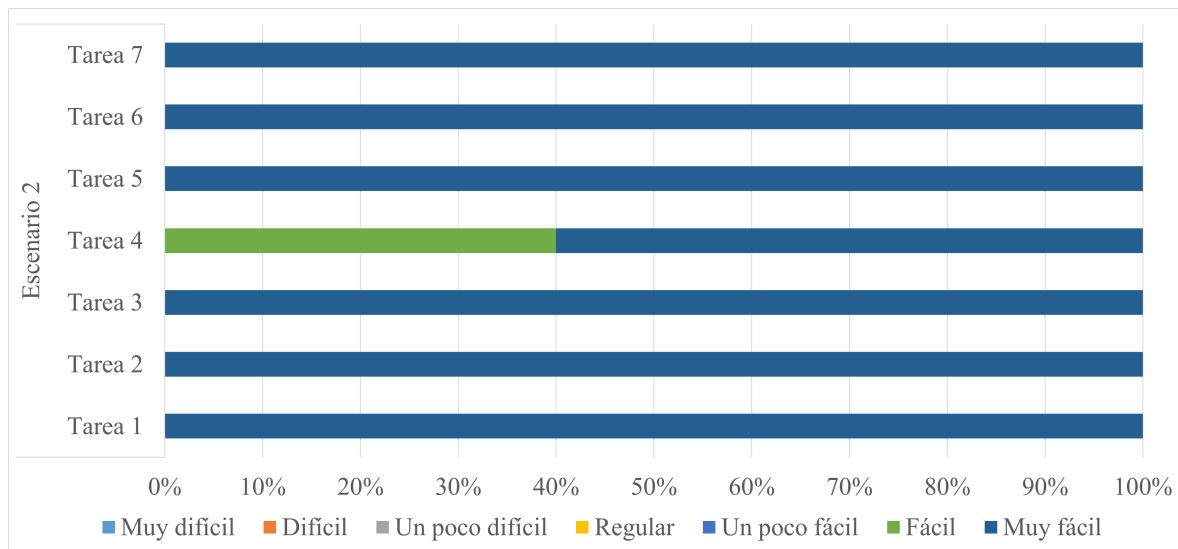


Figura 5.62: Resumen de los resultados del cuestionario aplicado, sobre la dificultad de cada tarea del Escenario 2.

La herramienta CSUQ, adaptada para evaluar al *Sistema ACTGU* y descrita por la Figura A.2, A.3 y A.4 del Anexo A, se aplicó al final de cada sesión de prueba. Después, con los resultados obtenidos, se construyó el gráfico expuesto en la Figura 5.63, que muestra un resumen de los resultados e indica el porcentaje de participantes que estuvo *De acuerdo* o en *Desacuerdo* con cada una de las afirmaciones del cuestionario. En donde, como se observa en la Figura 5.63, se encontró que: el 60 % de los usuarios estuvo *Totalmente de acuerdo* con las afirmaciones 1, 2, 6, 7, 9, 11, 13 y 15 del instrumento CSUQ; un 80 % de los usuarios estuvo *Totalmente de acuerdo* con las afirmaciones 4, 5, 8, 14 y 16 del instrumento CSUQ; un 20 % de los usuarios estuvo *Un poco de acuerdo* con las afirmaciones 13, 11, 8, 2 y 1 del instrumento CSUQ; un 20 % de los usuarios estuvo *De acuerdo* con las afirmaciones 1, 2, 4, 5, 9, 11, 13, 14 y 16 del instrumento CSUQ; un 40 % de los usuarios estuvo *De acuerdo* con las afirmaciones 3, 6 y 15 del instrumento CSUQ; un 20 % de los usuarios estuvo *Totalmente en desacuerdo* con la afirmación 7 del instrumento CSUQ; y el 20 % de los usuarios estuvo *Ni en desacuerdo, ni de acuerdo* con las afirmaciones 9 y 7 del instrumento CSUQ.

## 5.6. Evaluación del prototipo

---

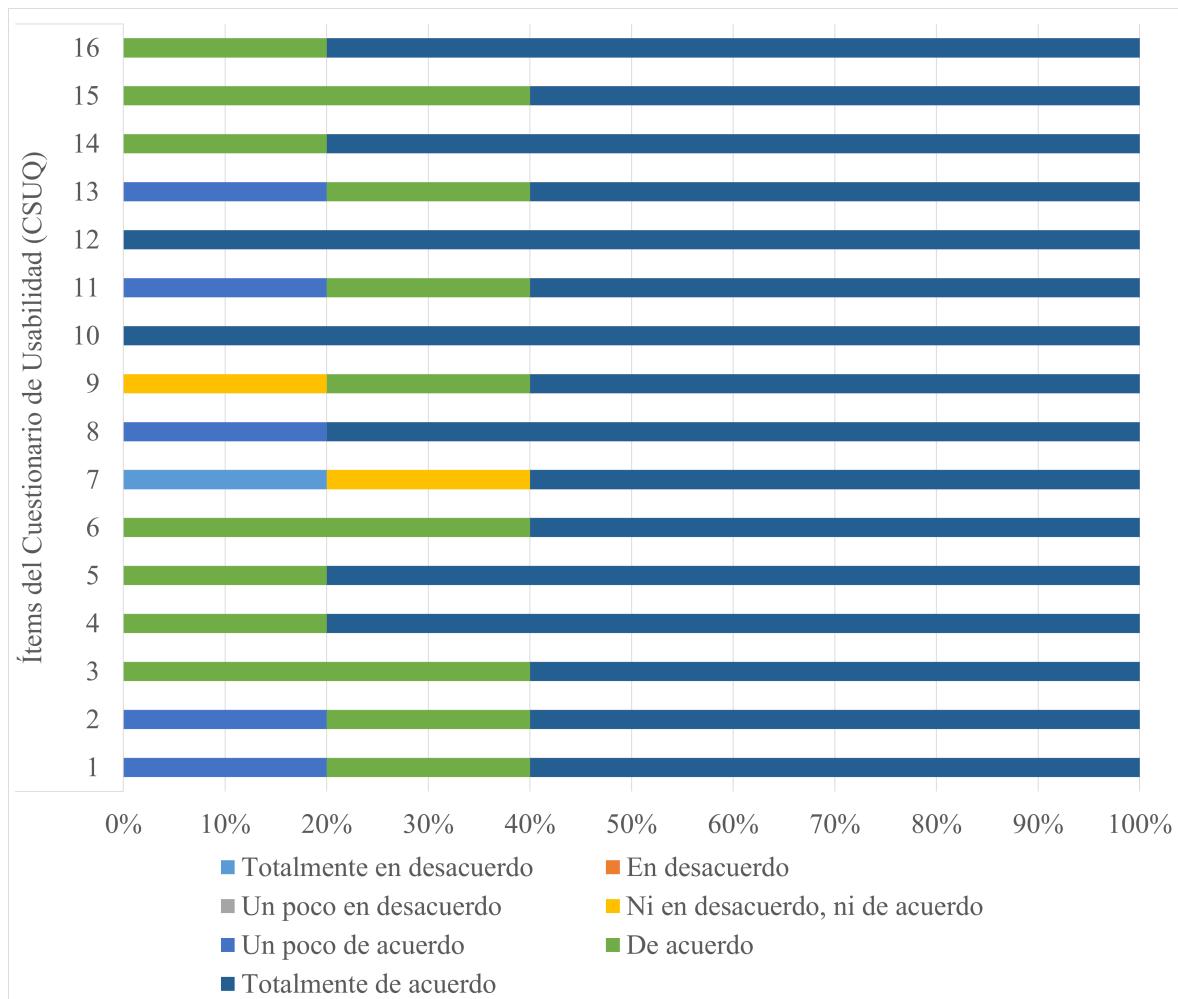


Figura 5.63: Resumen de los resultados del instrumento CSUQ, aplicado al final de cada sesión de prueba.

Es así que, a través de los resultados descritos en la Figura 5.61, 5.62 y 5.63, en lo general se logró observar que la mayoría de participantes encontró fácil utilizar a este sistema, aunque solo después de lograr entenderlo. De la misma forma, en lo particular, alrededor del 60 % de los usuarios, estuvo *Totalmente de acuerdo* con las afirmaciones del cuestionario CSUQ.

Por otro lado, adicionalmente a las afirmaciones de la herramienta CSUQ, se preguntó a los usuarios si tenían alguna opinión o sugerencia con respecto al sistema que evaluado. Ante lo cual, los participantes expresaron lo siguiente:

## 5.7. Conclusiones

---

- Considero que al dar de alta a un usuario, en la barra de selección de temperatura cálida y frío, estaría bien que se mostrara en tiempo real el número que estoy seleccionando dentro de la barra, ya que al no poder verlo pierdo tiempo moviendo el marcador de un lado a otro hasta ubicar la temperatura deseada.
- Fue grata la experiencia, pero fue incómodo tener que seleccionar la preferencia del usuario a una temperatura cálida y fría; sería bueno que esto se mostrara en tiempo real.
- Al seleccionar la temperatura, es difícil atinar, por decirlo así, a la temperatura deseada.
- Es una herramienta para el área técnica y científica, con posibilidades de aplicarla en humanidades, pero difícil de usar si no se enseña antes como.
- Mejorar la captura de la preferencia de temperatura cálida y fría para hacer más rápida su selección. Al inicio dar un manual del usuario, para saber los pasos a seguir y cómo resolver errores. Que se puedan seleccionar los usuarios cuando queden superpuestos con los mismos controles de confort personal.

Es así que, frente a estos resultados se puede decir que este prototipo puede generar un nivel de *Satisfacción* aceptable para las personas que lo utilicen. No obstante, deja claro que se requiere conocimiento especializado para poder utilizarlo.

## 5.7. Conclusiones

El *Sistema ACTGU* permite visualizar el Confort Térmico de un grupo de usuarios y cómo esta percepción cambia frente a diferentes condiciones ambientales. Este prototipo facilita acercarse a un juicio sobre de la viabilidad de la solución propuesta y obtener primeras impresiones que ayudarían a definir trabajos futuros.

Para el diseño y desarrollo de este prototipo, se retomó una serie de tecnologías y parte de las estructuras semánticas utilizadas por otros trabajos relacionados al Confort Térmico. Entre estos trabajos, se destacan estudios principalmente dirigidos al Confort Personal, y no al Confort Grupal, dada su flexibilidad con el análisis de esta condición.

## 5.7. Conclusiones

---

La propuesta de este trabajo se aleja del dogma tradicionalmente adoptado en aplicaciones de Confort Térmico Grupal, retomando algunas de las libertades descritas por otras investigaciones y generando una visión propia para precisar y conseguir un cierto estado de confort en un grupo. Esto, principalmente por la adaptación de un modelo de confort que representa las preferencias térmicas de una persona y el grupo, y también, por importar estrategias para el manejo de grupos al contexto del Confort Térmico, de la teoría de Sistemas de Recomendación para Grupos.

Para validar al prototipo desarrollado se realizaron una serie de pruebas funcionales y de *Usabilidad* sobre él. En las pruebas funcionales, un usuario experto revisó si el funcionamiento del sistema era el esperado. Mientras que, para la evaluación de *Usabilidad*, se invitó a cinco docentes, dada la cercanía de su perfil con el contexto aludido en los escenarios de prueba. Estas personas fueron en su mayoría mujeres, expusieron no ser ajenos al uso de equipo de cómputo, demostraron tener una idea cercana de lo que es el Confort Térmico y mencionaron tener experiencia con el uso de equipo de confort, como un aire acondicionado o calefactor.

En las pruebas de *Usabilidad*, cada participante hizo uso del sistema con base a una lista específica de tareas, que les llevó a configurar los dos escenarios de evaluación: uno con solo cinco alumnos, y otro con diez alumnos y un docente. Los resultados de esta evaluación demostraron que el prototipo tiene un porcentaje de *Eficacia* aceptable, se puede utilizar con *Eficiencia* y su uso puede generar un nivel de *Satisfacción* aceptable en sus usuarios. No obstante, se recalcó la importancia de mejorar la interacción del sistema con su usuario, en relación a lo siguiente:

- La exposición del valor seleccionado en tiempo real, de cada control deslizante ubicado a la derecha del control *Temperatura<sub>fra</sub>* y *Temperatura<sub>clida</sub>* de la página de configuración y gestión de los usuarios y grupos.
- Alertar que se han salvado los cambios efectuados en la página de configuración del comportamiento de los valores ambientales sensados y recogidos por el sistema.
- Agregar más medios de interacción en la página de análisis y observación de los resultados entregados por el sistema, con respecto a la selección de uno o más usuarios en el gráfico de Confort Térmico Personal por Iteración.
- Mejorar la descripción dada por los mensajes de error.

## 5.7. Conclusiones

---

Sin embargo, a pesar de estos resultados y debido a la naturaleza de este sistema, como prototipo funcional de la solución propuesta en este trabajo, resulta evidente que aún queda trabajo que realizar sobre este sistema y esta linea de investigación. Por ejemplo, la ejecución o el uso del sistema, frente a entornos reales, en un contexto de Confort Térmico Grupal y Personal.

# Capítulo 6

## Experimentación y resultados

En este capítulo se describen el proceso y los resultados obtenidos de una serie de pruebas realizadas sobre un prototipo funcional, que materializa la solución de Confort Térmico Grupal propuesta en este trabajo. El capítulo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección 6.1 se habla sobre las herramientas utilizadas para evaluar al prototipo y en la Sección 6.2 se describe el proceso de evaluación llevado a cabo. En las Secciones 6.3 y 6.4 se exponen los resultados obtenidos en esta evaluación. Finalmente, en la Sección 6.5 se abordan aspectos importantes sobre la evaluación efectuada.

### 6.1. Herramienta de simulación

El prototipo desarrollado materializa la solución de Confort Térmico Grupal propuesta en este trabajo. Este sistema incluye un *Simulador de sensores* que simula las condiciones ambientales sensadas en un espacio, para efecto de poder probarlo. El comportamiento de este mecanismo de simulación se rige por la configuración establecida, a través los controles de la Figura 5.30, que describe los valores ambientales a ser sensados y recogidos por el sistema, así como también los parámetros de análisis para el Confort Térmico de un grupo en específico.

## 6.1. Herramienta de simulación

---

Número de iteraciones:	<input type="text" value="5"/>
Duración de la iteración:	<input type="text" value="5"/> segundos
Condiciones de inicio	
Temperatura:	<input type="text" value="15.0"/> °C
Humedad:	<input type="text" value="45.0"/> %
Concentración de gas:	<input type="text" value="300.0"/> ppm
Velocidad del aire:	<input type="text" value="1.1"/> m/s
Incremento por iteración	
	<input type="text" value="3.0"/> °C
	<input type="text" value="5.0"/> %
	<input type="text" value="20.0"/> ppm
	<input type="text" value="0.1"/> m/s

Figura 6.1: Controles que configuran al mecanismo de simulación.

La página para configurar el proceso de simulación, como se muestra en la Figura 6.1, posee una serie de controles que hacen posible definir: el número de ciclos a ser revisados, cada cuánto tiempo iniciará un nuevo ciclo y los valores que serán sensados en cada uno de los ciclos. Aquí, los controles de *Temperatura*, *Humedad*, *Concentración de gas* y *Velocidad del aire* de la columna *Condiciones de inicio*, definen el conjunto de valores ambientales que serán sensados en la primera iteración, y los controles de la columna *Incremento por iteración*, indican el valor que se deberá sumar a las condiciones ambientales simuladas al inicio de cada uno de los ciclos posteriores al primero. Mientras que el control *Número de iteraciones* señala la cantidad de ciclos a ser ejecutados y el control *Duración de la iteración* indica la cantidad de segundos que deberá durar una iteración.

Por otra parte, como puede observar en la Figura 6.1, junto a los medios para configurar el comportamiento del mecanismo de simulación, se encuentran controles que definen el valor de los parámetros para el análisis del Confort Térmico. El control *Grupo con el cual trabajar* indica el nombre del conjunto de usuarios a ser revisado, el control *Utilizar modelo PSU* señala el modelo de confort que será usado para representar

## 6.2. Configuración del experimento

---

la sensación térmica de los usuarios, ya sea el *modelo TE* o el *modelo PSU*, y el control *Estrategia de Confort para grupos* permite seleccionar una de las siguientes estrategias:

- ASHRAE 55 (Tradicional): estrategia solo disponible cuando se analiza el Confort Térmico con base en el *modelo TE*, y que busca representar al grupo como una masa uniforme de usuarios.
- El promedio: estrategia que calcula la media de los votos del Confort Térmico en el grupo,
- Placer máximo: estrategia que toma como base al usuario con la sensación térmica más cercana a un estado *Neutra*,
- Miseria mínima: estrategia que toma como base al usuario con la sensación térmica más alejada de un estado *Neutra*,
- El más respetado: estrategia que toma como base al usuario con la jerarquía más alta en el grupo, y
- El más popular: estrategia que basa el Confort Grupal en función de los votos de Confort Térmico más frecuentes en el grupo.

A través de este mecanismo de simulación, se probaron dos escenarios diferentes. En cada escenario, se entregó por cada combinación *Modelo de Confort - Estrategia* dos gráficas, una referente al Confort Grupal y otra sobre el Confort Personal.

## 6.2. Configuración del experimento

Para esta evaluación se consideraron los siguientes dos escenarios:

- En el *Escenario 1*, se adoptó al grupo descrito por la Figura 6.2, formado por alumnos quienes ocupan una misma aula de clases para realizar un trabajo escolar.
- En el *Escenario 2*, se adoptó al grupo descrito por la Figura 6.3, formado por diez alumnos y un docente quienes ocupan un mismo salón para una clase en particular.

## 6.2. Configuración del experimento

---

Etiqueta	Sexo	Edad <sub>años</sub>	Altura <sub>m<sup>2</sup></sub>	PESO <sub>kg</sub>	Rol	Tipo de ropa vestida	Preferencia en Temperatura <sub>fria</sub>	Preferencia en Temperatura <sub>cálida</sub>	Grupo
Alum001	Hombre	25	1.70	80	Alumno	Ropa neutral	+25	-35	Clase W
Alum002	Hombre	27	1.60	65	Alumno	Ropa normal para invierno	+35	-15	Clase W
Alum003	Mujer	30	1.55	55	Alumno	Ropa pesada para verano	+20	-12	Clase W
Alum004	Mujer	24	1.60	50	Alumno	Ropa pesada para verano	+18	-10	Clase W
Alum005	Mujer	30	1.63	65	Alumno	Ropa ligera para invierno	+30	-15	Clase W

Figura 6.2: Grupo de usuarios del Escenario 1.

Etiqueta	Sexo	Edad <sub>años</sub>	Altura <sub>m<sup>2</sup></sub>	PESO <sub>kg</sub>	Rol	Tipo de ropa vestida	Preferencia en Temperatura <sub>fria</sub>	Preferencia en Temperatura <sub>cálida</sub>	Grupo
Alum001	Hombre	25	1.70	80	Alumno	Ropa neutral	+25	-35	Clase W
Alum002	Hombre	27	1.60	65	Alumno	Ropa normal para invierno	+35	-15	Clase W
Alum003	Mujer	30	1.55	55	Alumno	Ropa pesada para verano	+20	-12	Clase W
Alum004	Mujer	24	1.60	50	Alumno	Ropa pesada para verano	+18	-10	Clase W
Alum005	Mujer	30	1.63	65	Alumno	Ropa ligera para invierno	+30	-15	Clase W
Alum006	<b>Hombre</b>	<b>26</b>	<b>1.66</b>	<b>70</b>	<b>Alumno</b>	<b>Ropa pesada para invierno</b>	<b>+40</b>	<b>-5</b>	<b>Clase W</b>
Alum007	<b>Hombre</b>	<b>31</b>	<b>1.73</b>	<b>75</b>	<b>Alumno</b>	<b>Ropa normal para verano</b>	<b>+13</b>	<b>-30</b>	<b>Clase W</b>
Alum008	<b>Mujer</b>	<b>32</b>	<b>1.60</b>	<b>65</b>	<b>Alumno</b>	<b>Ropa pesada para verano</b>	<b>+20</b>	<b>-22</b>	<b>Clase W</b>
Alum009	<b>Mujer</b>	<b>29</b>	<b>1.50</b>	<b>60</b>	<b>Alumno</b>	<b>Ropa neutral</b>	<b>+33</b>	<b>-15</b>	<b>Clase W</b>
Alum010	<b>Mujer</b>	<b>25</b>	<b>1.49</b>	<b>55</b>	<b>Alumno</b>	<b>Ropa neutral</b>	<b>+20</b>	<b>-15</b>	<b>Clase W</b>
Docn011	<b>Hombre</b>	<b>55</b>	<b>1.75</b>	<b>95</b>	<b>Docente</b>	<b>Ropa normal para verano</b>	<b>+16</b>	<b>-21</b>	<b>Clase W</b>

Figura 6.3: Grupo de usuarios del Escenario 2.

Estos escenarios fueron analizados de acuerdo a cada combinación *Modelo de Confort - Estrategia*, definibles con los controles expuestos en la Figura 5.30, *Estrategia de Confort para grupos y Utiliza modelo PSU*. Todos estos casos se analizaron con respecto a una misma configuración ambiental, la cual se encuentra descrita en la Figura 6.4 y define: un total de 5 iteraciones de 5 segundos cada una, una temperatura base de 15°C y 3°C de incremento para cada iteración, una humedad base del 45 % y 5 % de incremento para cada iteración, una concentración de gas base de 300 ppm y 20 ppm de incremento para cada iteración, y una velocidad del aire base de 1.1 m/s y 0.1 m/s de incremento para cada iteración.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

Control de la página	Valor a asignar
Número de iteraciones:	5
Duración de la iteración:	5 segundos
Temperatura – Inicial:	15°C
Temperatura – Incremento:	3°C
Humedad – Inicial:	45 %
Humedad – Incremento:	5 %
Concentración de gas – Inicial:	300 ppm
Concentración de gas – Incremento:	20 ppm
Velocidad del aire – Inicial:	1.1 m/s
Velocidad del aire – Incremento:	0.1 m/s
Grupo con el cual trabajar:	Clase W

Figura 6.4: Configuración general para el experimento.

Por medio de estos escenarios, se logró observar el Confort Térmico de grupos de personas con características y preferencias térmicas únicas.

## 6.3. Resultados del primer escenario

En las siguientes secciones se explican los resultados obtenidos de esta evaluación, con respecto a lo definido por el *Escenario 1*.

### 6.3.1. Con el modelo TE

A continuación se exponen una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en el *modelo TE*.

#### 6.3.1.1. Confort Personal

La Figura 6.5 describe el nivel de Confort Térmico alcanzado por cada miembro del grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación.

### 6.3. Resultados del primer escenario

Además, el Confort Térmico Personal para este caso se calculó con base en el *modelo TE*.

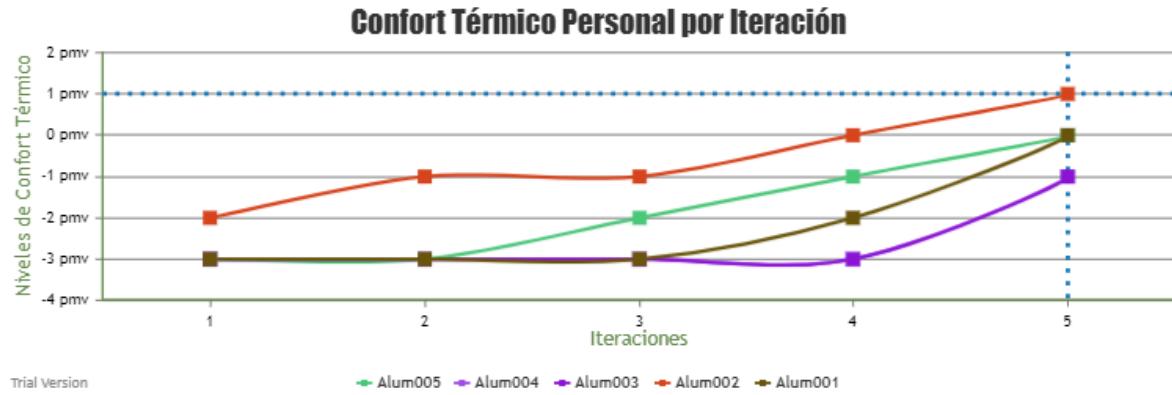


Figura 6.5: Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 1, utilizando el modelo TE.

Por ejemplo, como se puede observar en esta gráfica que durante la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el usuario *Alum005* presentó un Confort Térmico de -3, indicando que tenía mucho frío y se sentía incómodo. Mientras que, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el usuario *Alum005* mostró un Confort Térmico de 0, indicando que percibía al ambiente con un estado *Neutral* y, por lo tanto, estaba cómodo. Además, un aspecto interesante a destacar, es que el Confort Térmico de los usuarios *Alum003* y *Alum004* presentó el mismo comportamiento, por lo que sus resultados se sobreponen en la gráfica.

#### 6.3.1.2. Confort Grupal

A continuación se presentan una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico Grupal alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en las diferentes estrategias implementadas y los resultados obtenidos por el Confort Personal mostrados en la Figura 6.5.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

**6.3.1.2.1. ASHRAE55** La Figura 6.6 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *ASHRAE 55 (Tradicional)*.

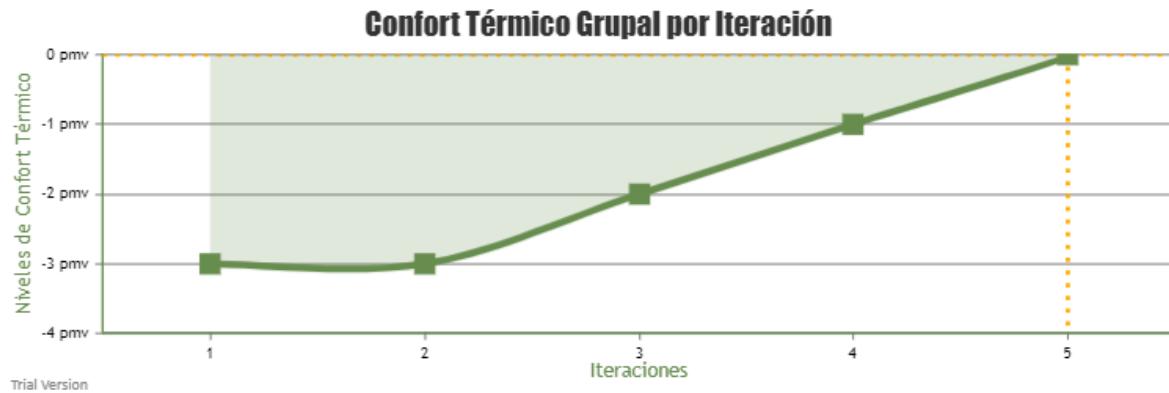


Figura 6.6: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia ASHRAE 55 (Tradicional).

Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar. Aunque en la *Iteración 5* se puede observar que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo presenta un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo.

**6.3.1.2.2. Promedio** La Figura 6.7 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Promedio*.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

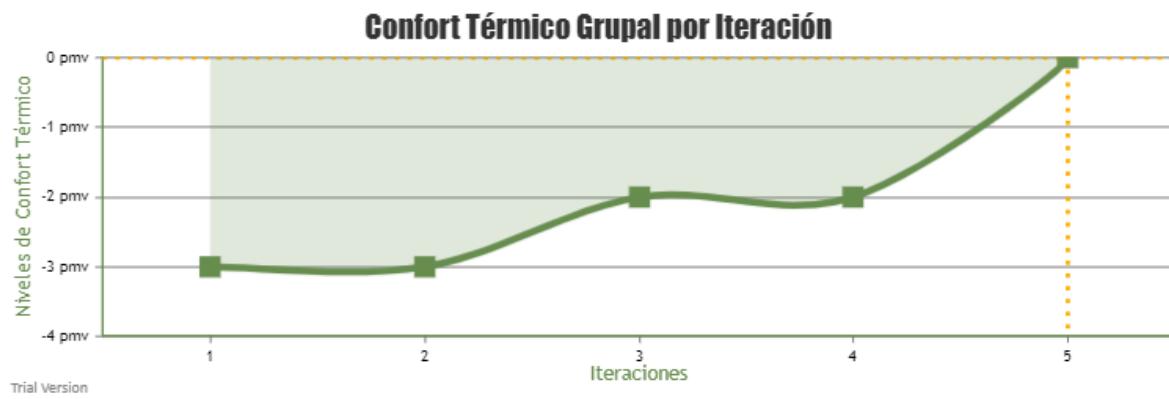


Figura 6.7: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Promedio.

De acuerdo a esta gráfica, un ejemplo de los resultados obtenidos es el siguiente: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se determinó que el grupo tiene un Confort Térmico de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se determinó que el grupo tiene un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo.

**6.3.1.2.3. Placer máximo** La Figura 6.8 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Placer máximo*.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

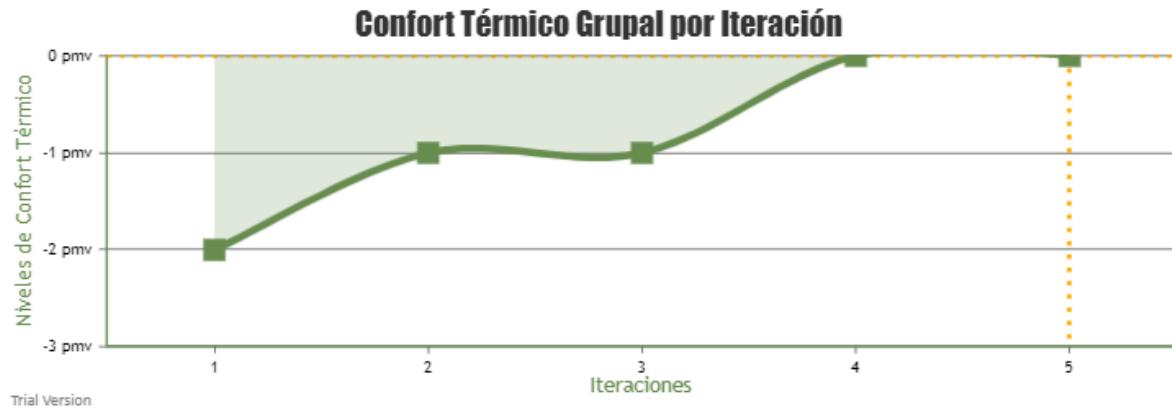


Figura 6.8: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Placer máximo.

Para determinar el *Placer máximo* del grupo, en cada iteración se eligió al usuario con el nivel de Confort Térmico más cercano a  $0$ , lo que apunta al usuario más conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de  $1.1 \text{ m/s}$ , se eligió al usuario *Alum002*, por lo que se estableció el Confort Térmico del grupo en  $-2$ , indicando que las condiciones del entorno les son frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de  $1.5 \text{ m/s}$ , se eligió al usuario *Alum001*, por lo que se estableció el Confort Térmico del grupo en  $0$ , indicando que el entorno les es cómodo.

**6.3.1.2.4. Miseria mínima** La Figura 6.9 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Miseria mínima*.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

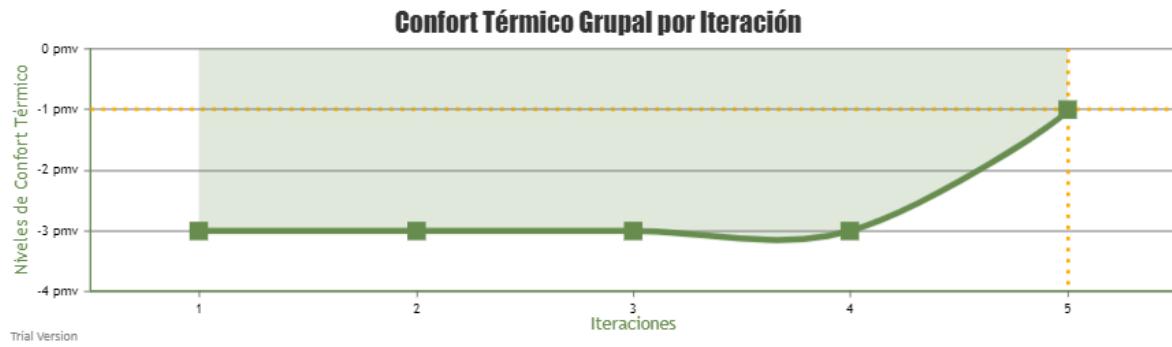


Figura 6.9: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia Miseria mínima.

Para determinar la *Miseria mínima* del grupo, en cada iteración se eligió al usuario con el nivel de Confort Térmico más alejado a 0, lo que apunta al usuario menos conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se eligió al usuario *Alum001*, por lo que se estableció el Confort Térmico del grupo en -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se eligió al usuario *Alum003*, por lo que se estableció el Confort Térmico del grupo en -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías, pero no lo suficiente como para sentir incomodidad.

**6.3.1.2.5. El más respetado** La Figura 6.10 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *El más respetado*.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

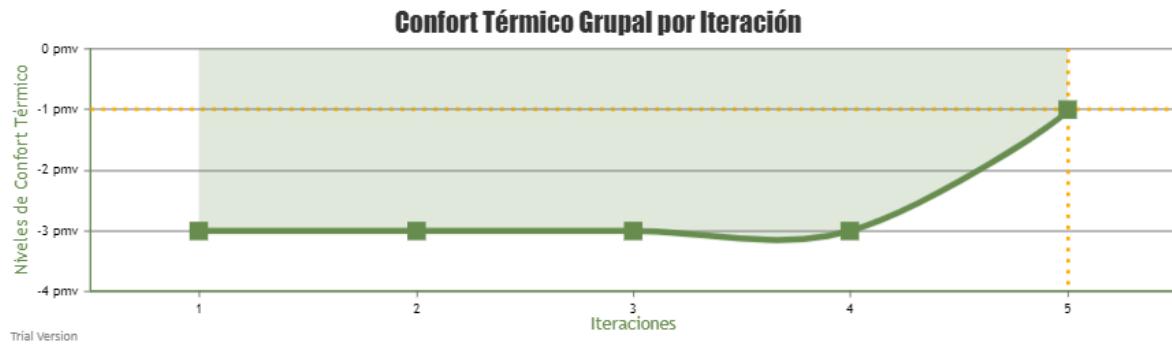


Figura 6.10: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia *El más respetado*.

Para determinar a *El más respetado* del grupo, se eligió al usuario con la *Prioridad* más alta, lo que correspondería al usuario de mayor jerarquía. No obstante, en casos donde todos los miembros del grupo tuvieran la misma *Prioridad*, entonces se elegiría al primero de los usuarios con la mayor edad. Así que, como se observa en la Figura 6.5 y 6.10, el Confort Térmico del grupo se corresponde con el Confort Térmico del usuario *Alum003*. Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías, pero no lo suficiente como para sentir incomodidad.

**6.3.1.2.6. El más popular** La Figura 6.11 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *El más popular*.

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

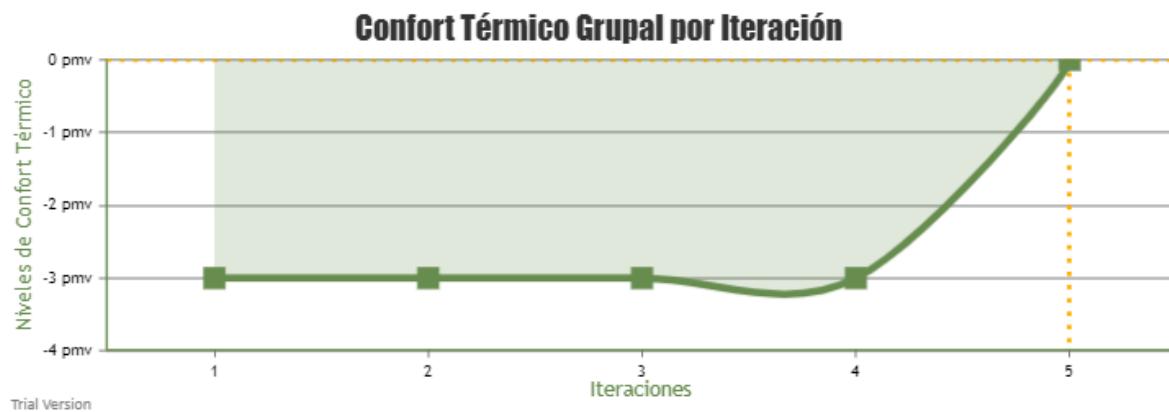


Figura 6.11: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo TE y la estrategia *El más popular*.

Para determinar a *El más popular* del grupo, se eligió el nivel de Confort Térmico más usual entre los usuarios, lo que correspondería a lo más votado. No obstante, en caso de existir un empate entre los conjuntos de sensaciones térmicas más recurrentes, para el desempate se elegiría arbitrariamente a la primer sensación térmica encontrada y catalogada como la más recurrente. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de 0, indicando que el entorno les es cómodo. Cabe destacar, como se observa en la Figura 6.5, que en la *Iteración 5* empataron los niveles de Confort Térmico de 0 y -1, pero de acuerdo al criterio de desempate se eligió el Confort Térmico de 0, que fue la primer sensación térmica catalogada como la más recurrente.

### 6.3. Resultados del primer escenario

#### 6.3.2. Con el modelo PSU

A continuación se exponen una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en el *modelo PSU*.

##### 6.3.2.1. Confort Personal

La Figura 6.12 describe el nivel de Confort Térmico alcanzado por cada miembro del grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Personal para este caso se calculó con base en el *modelo PSU*.

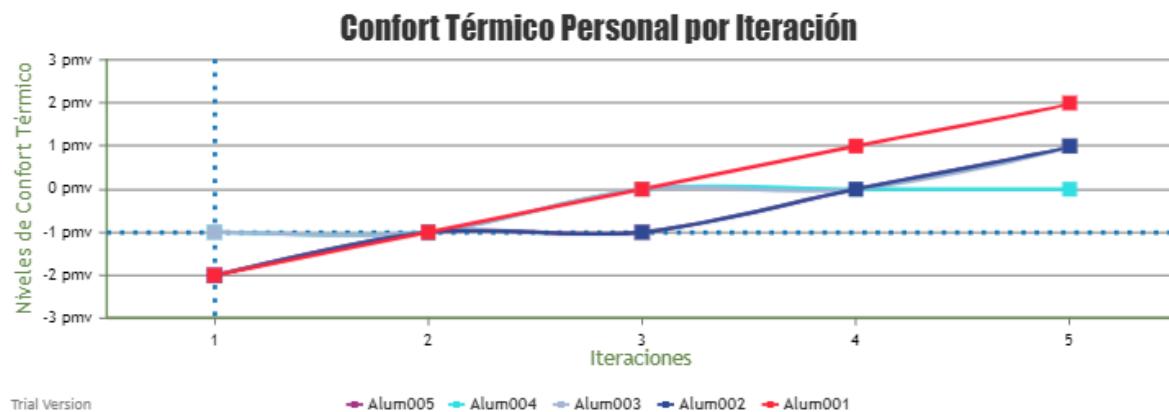


Figura 6.12: Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU.

Por ejemplo, como se puede observar en esta gráfica durante la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el usuario *Alum001* presenta un Confort Térmico de -2, lo que indica que tiene frío y se siente incómodo. Mientras que en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el usuario *Alum001* muestra un Confort Térmico de +2, indicando que siente el ambiente caluroso y está incómodo. Además, un aspecto interesante a destacar es que el Confort Térmico de los usuarios *Alum002* y *Alum005* tiene el mismo comportamiento, por lo que sus resultados se sobreponen en la gráfica.

### 6.3. Resultados del primer escenario

#### 6.3.2.2. Confort Grupal

A continuación se presentan una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico Grupal alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en las diferentes estrategias implementadas.

**6.3.2.2.1. Promedio** La Figura 6.13 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Promedio*.

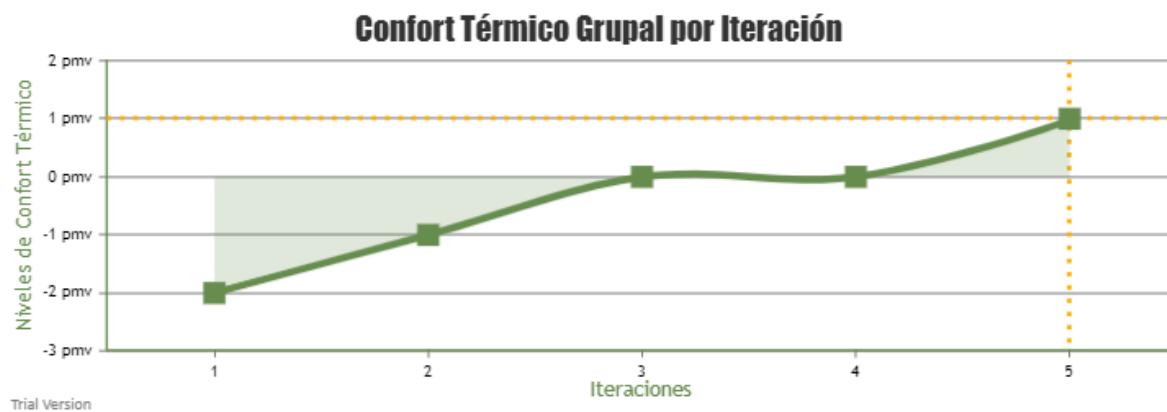


Figura 6.13: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Promedio.

De acuerdo a esta gráfica, un ejemplo de los resultados obtenidos es el siguiente: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se determinó que el grupo tiene un Confort Térmico de -2, indicando que las condiciones del entorno les son frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, se determinó que el grupo tiene un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, las iteraciones continuaron hasta la *Iteración 5* en donde se observa que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de  $+1$ , indicando que las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.3.2.2.2. Placer máximo** La Figura 6.14 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Placer máximo*.

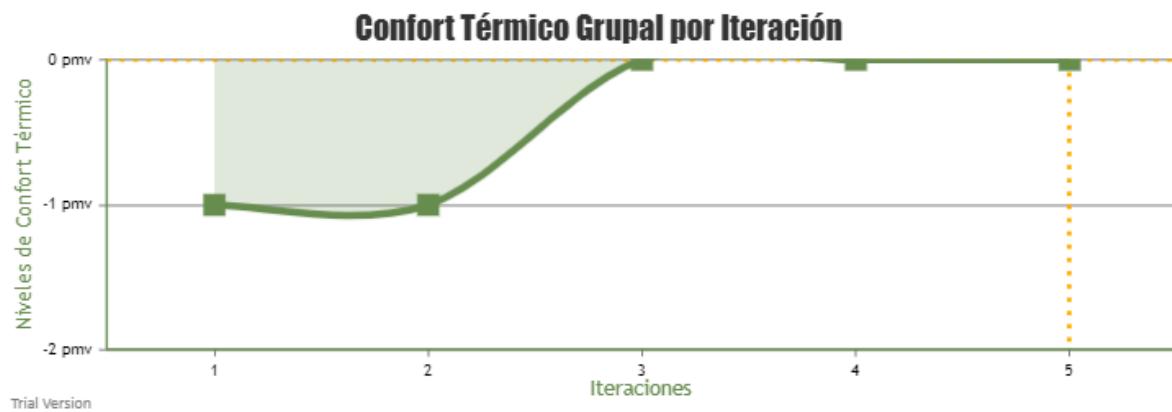


Figura 6.14: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Placer máximo.

Para determinar el *Placer máximo* del grupo, en cada iteración se eligió al usuario con el nivel de Confort Térmico más cercano a  $0$ , lo que apunta al usuario más conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se elige al usuario *Alum003*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $-1$ , indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se elige al usuario *Alum004*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $0$ , indicando que el entorno les es cómodo.

### 6.3. Resultados del primer escenario

**6.3.2.2.3. Miseria mínima** La Figura 6.15 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Miseria mínima*.

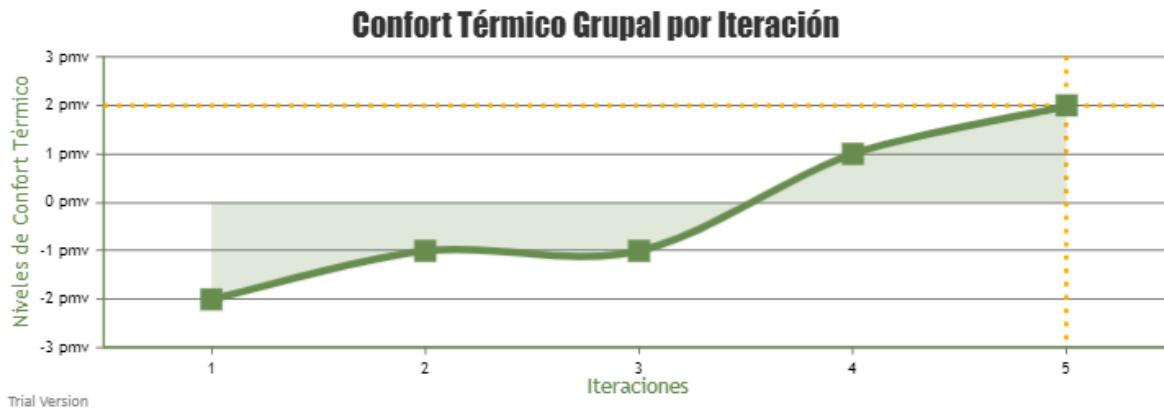


Figura 6.15: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia Miseria mínima.

Para determinar la *Miseria mínima* del grupo, en cada iteración se elige al usuario con el nivel de Confort Térmico más alejado a 0, lo que apunta al usuario menos conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en -2, indicando que las condiciones del entorno les son frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en +2, indicando que las condiciones del entorno les son calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.3.2.2.4. El más respetado** La Figura 6.16 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *El más respetado*.

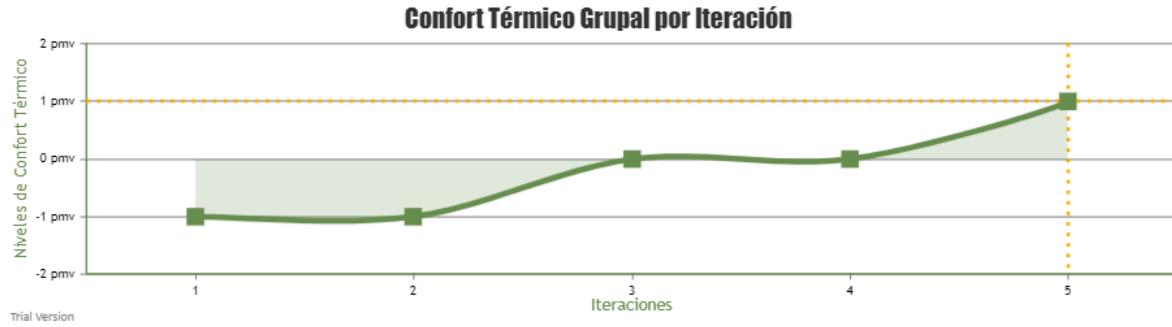


Figura 6.16: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más respetado.

Para determinar a *El más respetado* del grupo, se elige al usuario con la *Prioridad* más alta, lo que correspondería al usuario de mayor jerarquía. No obstante, en casos donde todos los miembros del grupo tuvieran la misma *Prioridad*, entonces se elegiría al primero de los usuarios con la mayor edad. Así que, como se observa en la Figura 6.12 y 6.16, el Confort Térmico del grupo se corresponde con el Confort Térmico del usuario *Alum003*. Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, el Confort Térmico del grupo es de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, esto continúa hasta la *Iteración 5* en donde se observó que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de +1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.3.2.2.5. El más popular** La Figura 6.17 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, en cada una

### 6.3. Resultados del primer escenario

---

de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *El más popular*.

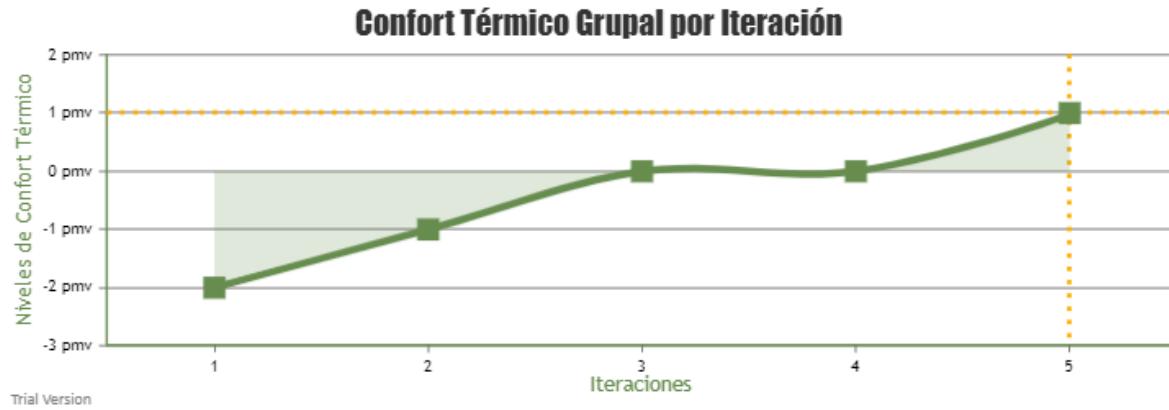


Figura 6.17: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 1, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más popular.

Para determinar a *El más popular* del grupo, se eligieron a las preferencias térmicas más usuales entre los usuarios, lo que correspondería a las más votadas. No obstante, en caso de existir un empate entre los conjuntos de preferencias térmicas más recurrentes, para el desempate se elegiría arbitrariamente a las primeras preferencias térmicas encontradas y catalogadas como la más recurrentes. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -2, indicando que las condiciones del entorno les son frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, el Confort Térmico del grupo es de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, esto continúa hasta la *Iteración 5* en donde se observa que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de +1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

## 6.3. Resultados del primer escenario

---

### 6.3.3. Discusión

La Tabla 6.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos en esta evaluación, producto de analizar al grupo descrito en la Figura 6.2, con base en el *modelo TE* y *modelo PSU* de confort. Este resumen describe el Confort Térmico alcanzado por el grupo y si corresponde a un estado aceptable de confort, para cada una de las iteraciones de la simulación y estrategias implementadas con los modelos utilizados.

Tabla 6.1: Comparación de los resultados de Confort Térmico en el Escenario 1.

Iteración	Condiciones ambientales revisada	Modelo Estrategia	TE						PSU					
			ASHRAE 55 (Tradicional)	El promedio	Placer máximo	Miseria mínima	El más respetado	El más popular	El promedio	Placer máximo	Miseria mínima	El más respetado	El más popular	
1	T: 15°C, H: 45%, V: 1.1 m/s y C: 300 ppm	Confort Grupal	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-1	-1	-2
		Usuarios conformes	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo
2	T: 18°C, H: 50%, V: 1.2 m/s y C: 320 ppm	Confort Grupal	-3	-3	-1	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1
		Usuarios conformes	0/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo
3	T: 21°C, H: 55%, V: 1.3 m/s y C: 340 ppm	Confort Grupal	-2	-2	-1	-3	-3	-3	0	0	-1	0	0	0
		Usuarios conformes	0/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo
4	T: 24°C, H: 60%, V: 1.4 m/s y C: 360 ppm	Confort Grupal	-1	-2	0	-3	-3	-3	0	0	+1	0	0	0
		Usuarios conformes	1/5	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo
5	T: 27°C, H: 65%, V: 1.5 m/s y C: 380 ppm	Confort Grupal	0	0	0	-1	-1	0	+1	0	+2	+1	+1	+1
		Usuarios conformes	2/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
		Estado del grupo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo

Las condiciones analizadas en esta evaluación fueron entregadas por una simulación que, como se expuso en la Figura 6.4, inicia con una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, y por cada nueva iteración incrementa 3°C de temperatura, 5 % de humedad, 20 ppm de concentración de gas y 0.1 m/s de velocidad del aire, hasta completar 5 iteraciones y conseguir una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s. Los resultados de este proceso permitieron observar lo siguiente:

- Para el caso del *modelo TE*, en la iteración 5 se demostró con todas las estrategias utilizadas estados térmicamente aceptables para el grupo. Sin embargo, las

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

condiciones vistas por las demás iteraciones no refirieron un estado térmicamente cómodo, con excepción de las iteraciones 2, 3 y 4, al utilizar la estrategia *Placer máximo*. Ante esto, una forma de generar condiciones más favorables para el grupo, supuso aumentar la temperatura del lugar cuando hay frío o disminuirla si hace calor, generando una tendencia a mejores condiciones de Confort Térmico. No obstante, para tener certeza de este cambio sería necesario revisar y validar las nuevas condiciones propuestas para el entorno con un nuevo análisis del Confort Térmico Grupal.

- Para el caso del *modelo PSU*, la iteración 5 demostró en casi todas las estrategias utilizadas condiciones demasiado cálidas para el grupo. Mientras que en las iteraciones 3 y 4 se encontraron condiciones térmicamente aceptables con casi todas las estrategias utilizadas. Ante esto, una forma de generar condiciones más favorables para el grupo, supone calcular una aproximación del Confort Térmico del grupo con respecto a la temperatura del ambiente. Esto es posible, ya que se está utilizando un modelo de las preferencias térmicas de los usuarios.

Esto exhibe una interesante diferencia en las condiciones aceptables, definidas por ambos modelos de confort y las estrategias implementadas. Aquí, se puede percibir a la estrategia *Placer máximo* como el mejor método para tratar con el grupo de prueba, cuando se está utilizando el *modelo TE* de confort. Mientras que, se percibe a la estrategia *Placer máximo* como la forma más efectiva para tratar con el mismo grupo, cuando se esté utilizando el *modelo PSU* o algún otro similar. Además, quedan empatadas las estrategias *El promedio* y *El más popular* al hacer uso del *modelo PSU*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

En las siguientes secciones se explican los resultados obtenidos de esta evaluación, con respecto a lo definido por el *Escenario 2*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

### 6.4.1. Con el modelo TE

A continuación se exponen una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en el *modelo TE*.

#### 6.4.1.1. Confort Personal

La Figura 6.18 describe el nivel de Confort Térmico alcanzado por cada miembro del grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Personal para este caso se calculó con base en el *modelo TE*.

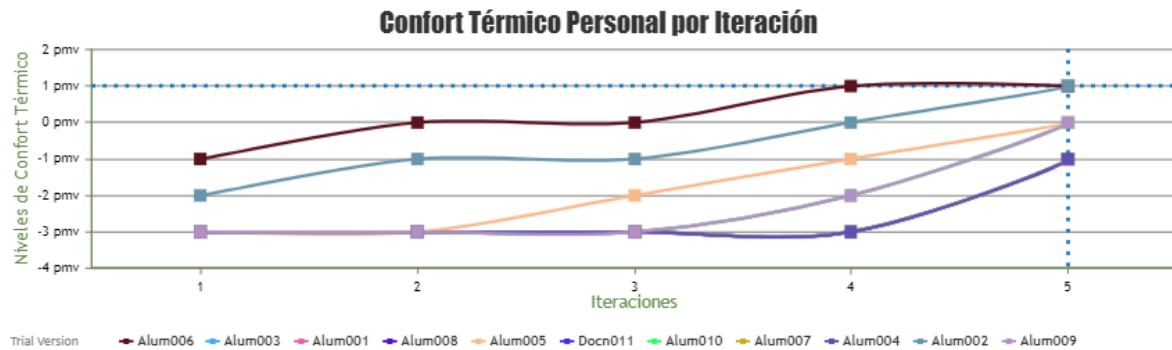


Figura 6.18: Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 2, utilizando el modelo TE.

Por ejemplo, como se puede observar en esta gráfica durante la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el usuario *Alum006* presenta un Confort Térmico de -1, indicando que tiene un poco de frío y se siente incómodo. Mientras que en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el usuario *Alum006* muestra un Confort Térmico de +1, indicando que siente el ambiente un poco caluroso y se siente incómodo. Además, un aspecto interesante a destacar es que el Confort Térmico de los usuarios *Alum001*, *Alum009* y *Alum010* presenta el mismo comportamiento, por lo que sus resultados se sobreponen

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

en la gráfica. Lo mismo ocurre con los usuarios *Alum003*, *Alum004*, *Alum007*, *Alum008* y *Docn011* cuyos resultados también se sobreponen en la gráfica.

### 6.4.1.2. Confort Grupal

A continuación se presentan una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en las diferentes estrategias implementadas.

**6.4.1.2.1. ASHRAE55** La Figura 6.19 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *ASHRAE 55 (Tradicional)*.

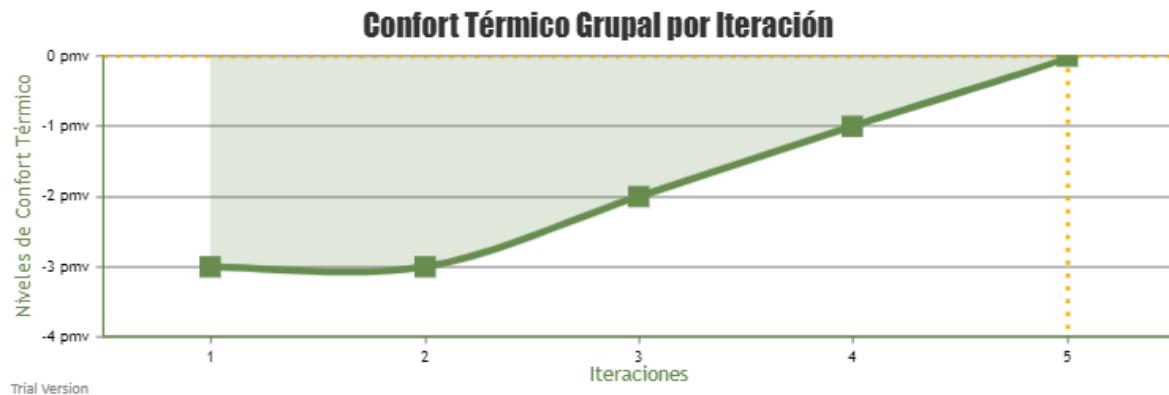


Figura 6.19: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia ASHRAE 55 (Tradicional).

Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar. Aunque, en la *Iteración 5* se puede observar que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo presenta un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

**6.4.1.2.2. Promedio** La Figura 6.20 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Promedio*.

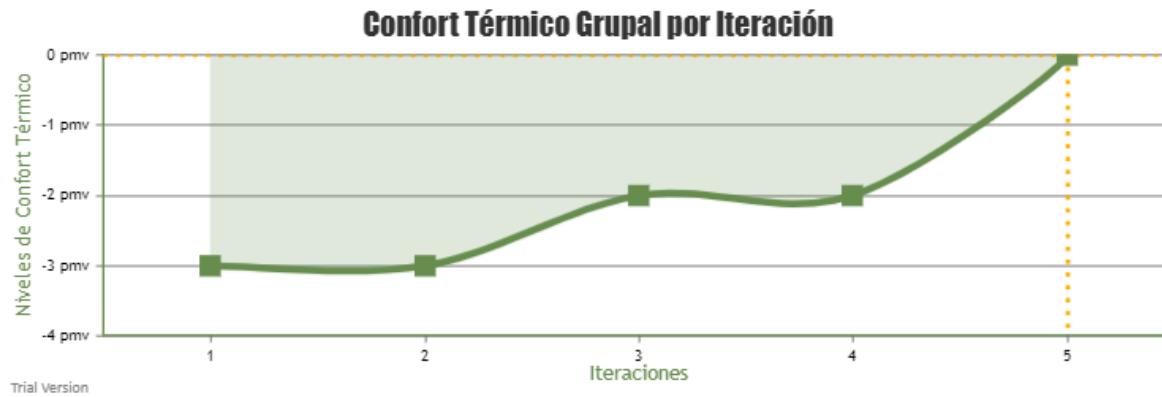


Figura 6.20: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Promedio.

De acuerdo a esta gráfica, un ejemplo de los resultados obtenidos es el siguiente: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo.

**6.4.1.2.3. Placer máximo** La Figura 6.21 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Placer máximo*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

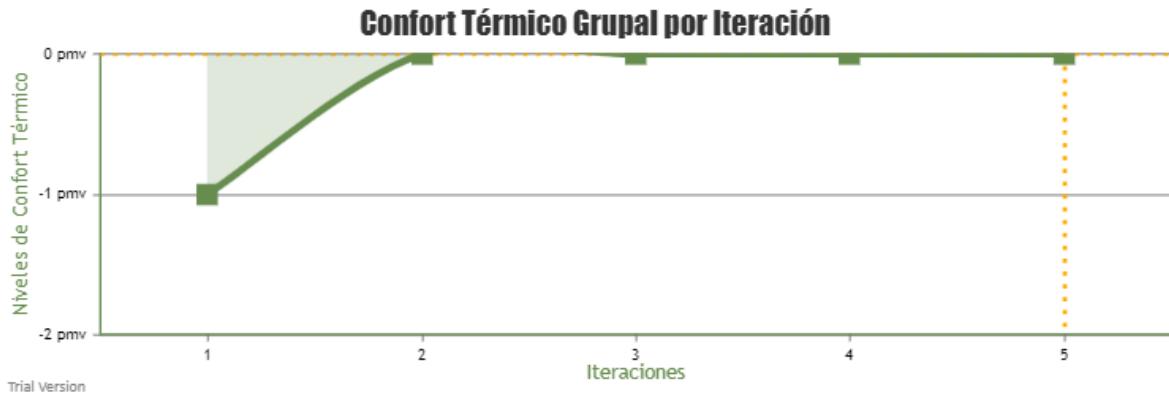


Figura 6.21: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Placer máximo.

Para determinar el *Placer máximo* del grupo, en cada iteración se elige al usuario con el nivel de Confort Térmico más cercano a  $\theta$ , lo que apunta al usuario más conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada, se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se elige al usuario *Alum006*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías, pero no lo suficiente como para sentirse incómodos; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en 0, indicando que el entorno les es cómodo.

**6.4.1.2.4. Miseria mínima** La Figura 6.22 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *Miseria mínima*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

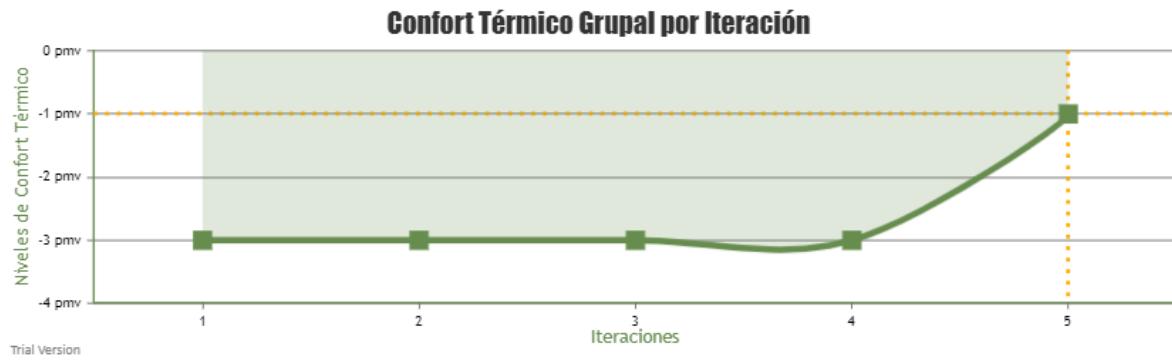


Figura 6.22: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia Miseria mínima.

Para determinar la *Miseria mínima* del grupo, en cada iteración se elige al usuario con el nivel de Confort Térmico más alejado a  $0$ , lo que apunta al usuario menos conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de  $1.1 \text{ m/s}$ , se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $-3$ , indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de  $1.5 \text{ m/s}$ , se elige al usuario *Alum003*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $-1$ , indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar.

**6.4.1.2.5. El más respetado** La Figura 6.23 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *El más respetado*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

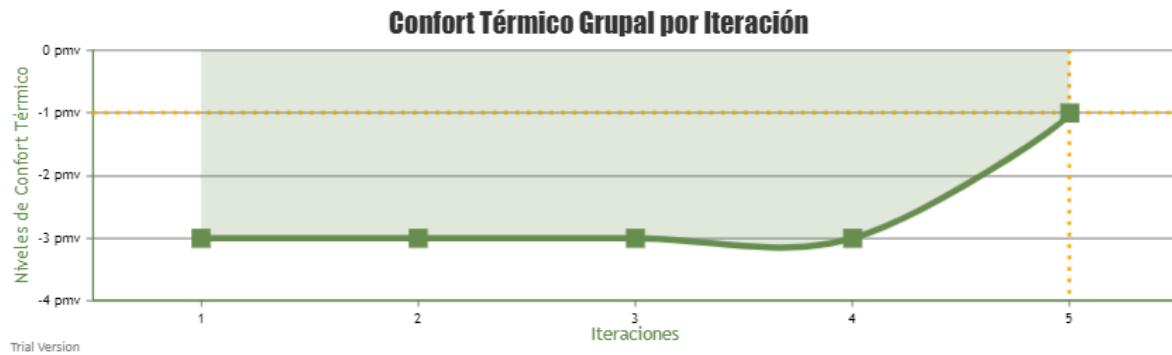


Figura 6.23: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia El más respetado.

Para determinar a *El más respetado* del grupo, se eligió al usuario con la *Prioridad* más alta, lo que correspondería al usuario de mayor jerarquía. No obstante, en casos donde todos los miembros del grupo tuvieran la misma *Prioridad*, entonces se elegiría al primero de los usuarios con la mayor edad. Así que, como se observa en la Figura 6.18 y 6.23, el Confort Térmico del grupo se corresponde con el Confort Térmico del usuario *Docn011*. Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías, pero no lo suficiente como para sentir incomodidad.

**6.4.1.2.6. El más popular** La Figura 6.24 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo TE* y la estrategia *El más popular*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

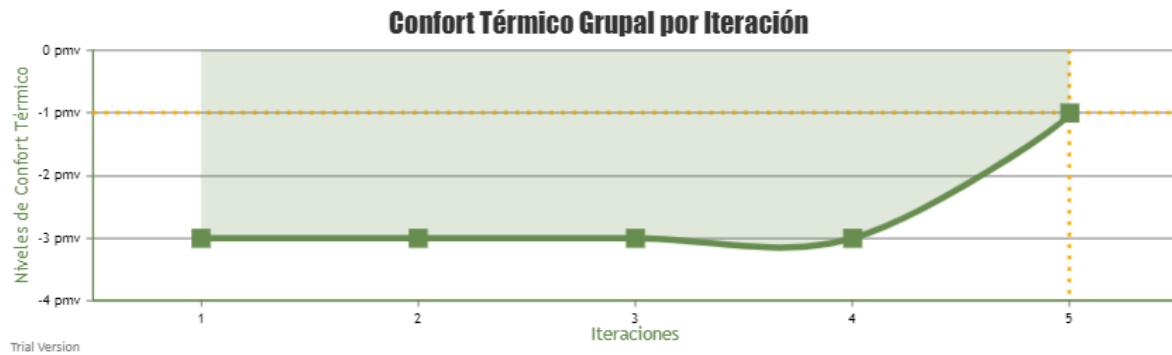


Figura 6.24: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo TE y la estrategia *El más popular*.

Para determinar a *El más popular* del grupo, se eligió el nivel de Confort Térmico más usual entre los usuarios, lo que correspondería a lo más votado. No obstante, en caso de existir un empate entre los conjuntos de sensaciones térmicas más recurrentes, para el desempate se elegiría arbitrariamente a la primer sensación térmica encontrada y catalogada como la más recurrente. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -3, indicando que las condiciones del entorno les son muy frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías, pero no lo suficiente como para sentir incomodidad.

### 6.4.2. Con el modelo PSU

A continuación se exponen una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en el *modelo PSU*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

### 6.4.2.1. Confort Personal

La Figura 6.25 describe el nivel de Confort Térmico alcanzado por cada miembro del grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Personal para este caso se calculó con base en el *modelo PSU*.

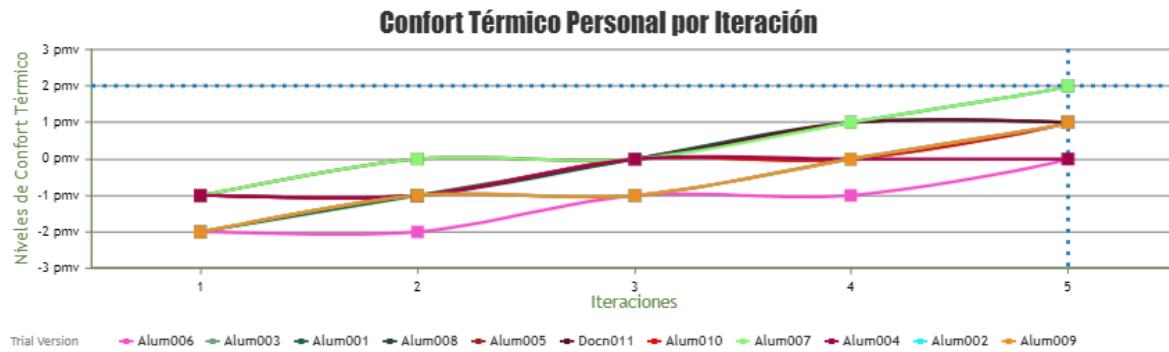


Figura 6.25: Resultados de Confort Térmico Personal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU.

Por ejemplo, como se puede observar en esta gráfica durante la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el usuario *Docn011* presenta un Confort Térmico de -1, lo que indica que tiene un poco frío y se siente incómodo. Mientras que en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el usuario *Docn011* muestra un Confort Térmico de +1, indicando que siente el ambiente un poco caluroso y se siente incómodo. Además, un aspecto interesante a destacar, es que el Confort Térmico de los usuarios *Alum002*, *Alum005* y *Alum009* presenta el mismo comportamiento, por lo que sus resultados se sobreponen en la gráfica. Esto también ocurrió con los usuarios *Alum003* y *Alum010* cuyo resultado se sobreponen en la gráfica.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

### 6.4.2.2. Confort Grupal

A continuación se presentan una serie de gráficos que describen los niveles de Confort Térmico alcanzados en cada una de las iteraciones ejecutadas, con base en las diferentes estrategias implementadas.

**6.4.2.2.1. Promedio** La Figura 6.26 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Promedio*.

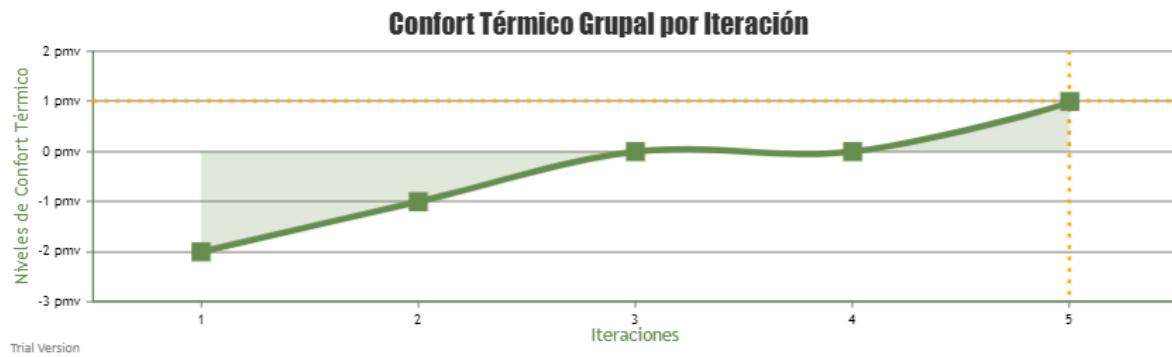


Figura 6.26: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Promedio.

De acuerdo a esta gráfica, un ejemplo de los resultados obtenidos es el siguiente: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se determina que el grupo tiene un Confort Térmico de -2, indicando que las condiciones del entorno les son frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, se determina que el grupo tiene un Confort Térmico de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, las iteraciones continuaron hasta la *Iteración 5* en donde se observa que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de +1, indicando que

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.4.2.2.2. Placer máximo** La Figura 6.27 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Placer máximo*.

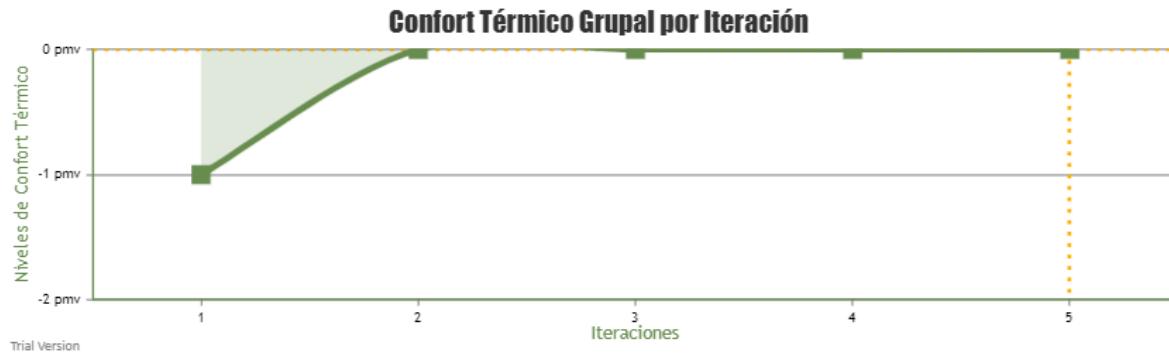


Figura 6.27: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Placer máximo.

Para determinar el *Placer máximo* del grupo, en cada iteración se elige al usuario con el nivel de Confort Térmico más cercano a  $0$ , lo que apunta al usuario más conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se elige al usuario *Alum003*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $-1$ , indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se elige al usuario *Alum004*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $0$ , indicando que el entorno les es cómodo.

**6.4.2.2.3. Miseria mínima** La Figura 6.28 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *Miseria mínima*.

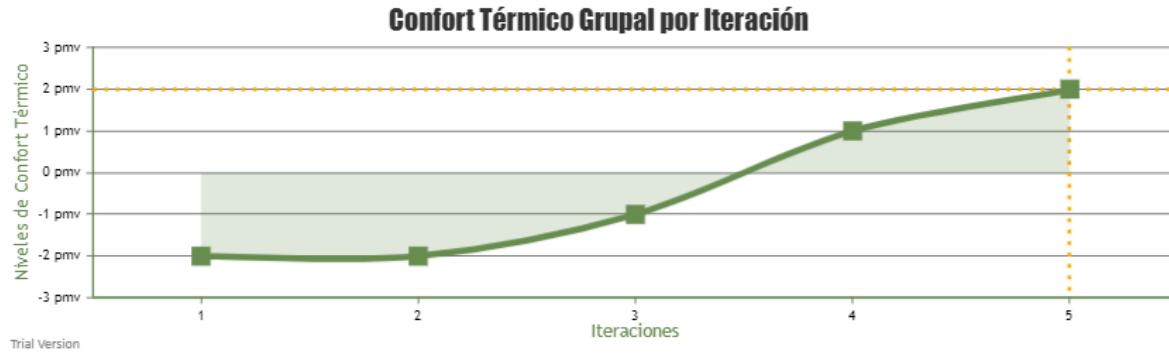


Figura 6.28: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia Miseria mínima.

Para determinar la *Miseria mínima* del grupo, en cada iteración se elige al usuario con el nivel de Confort Térmico más alejado a  $0$ , lo que apunta al usuario menos conforme en el grupo. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $-2$ , indicando que las condiciones del entorno les eran frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 5*, bajo una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, se elige al usuario *Alum001*, por lo que se establece el Confort Térmico del grupo en  $+2$ , indicando que las condiciones del entorno les son calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.4.2.2.4. El más respetado** La Figura 6.29 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *El más respetado*.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

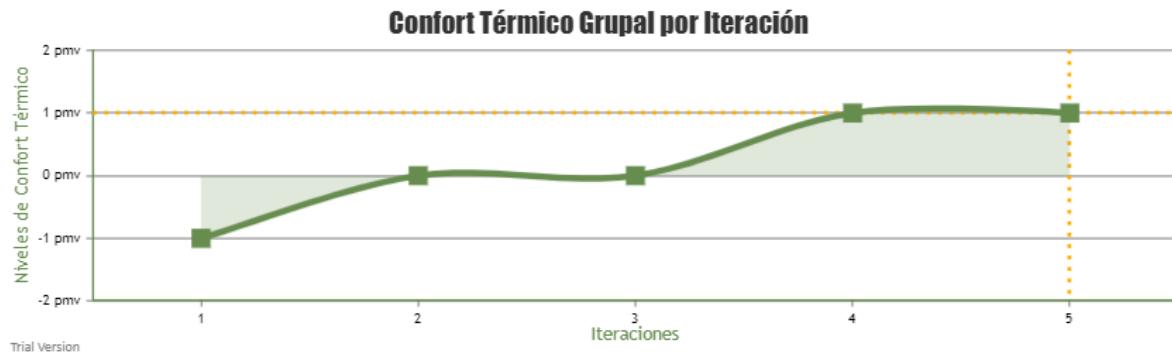


Figura 6.29: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia *El más respetado*.

Para determinar a *El más respetado* del grupo, se elige al usuario con la *Prioridad* más alta, lo que correspondería al usuario de mayor jerarquía. No obstante, en casos donde todos los miembros del grupo tuvieran la misma *Prioridad*, entonces se elegiría al primero de los usuarios con la mayor edad. Así que, como se observa en la Figura 6.25 y 6.29, el Confort Térmico del grupo se corresponde con el Confort Térmico del usuario *Docn011*. Por ejemplo, en la *Iteración 1* de este gráfico se puede observar que, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, el Confort Térmico del grupo es de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, esto continúa hasta la *Iteración 5* en donde se observa que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el grupo tiene un Confort Térmico de +1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

**6.4.2.2.5. El más popular** La Figura 6.30 describe los resultados de Confort Térmico Grupal obtenidos de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, en cada una de las iteraciones de la simulación. Además, el Confort Térmico Grupal en este caso se calculó con base en el *modelo PSU* y la estrategia *El más popular*.

#### 6.4. Resultados del segundo escenario

---

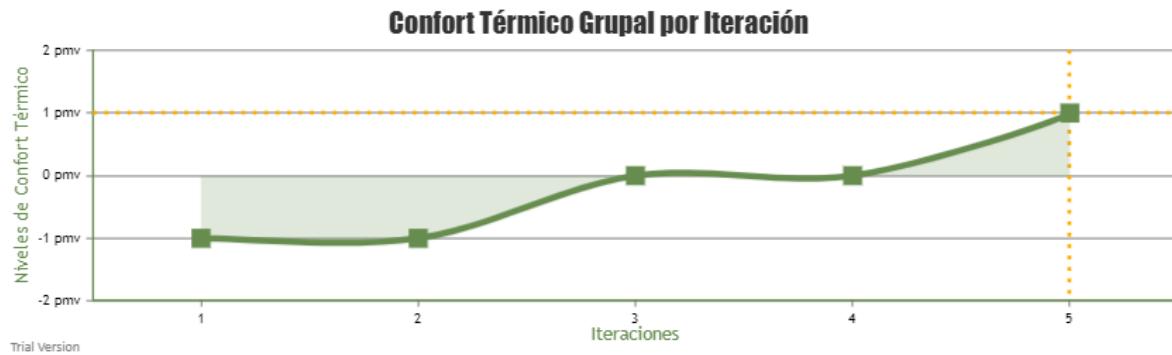


Figura 6.30: Resultados de Confort Térmico Grupal del Escenario 2, utilizando el modelo PSU y la estrategia El más popular.

Para determinar a *El más popular* del grupo, se eligieron a las preferencias térmicas más usuales entre los usuarios, lo que correspondería a las más votadas. No obstante, en caso de existir un empate entre los conjuntos de preferencias térmicas más recurrentes, para el desempate se elegiría arbitrariamente a las primeras preferencias térmicas encontradas y catalogadas como la más recurrentes. De esta forma, como expone la gráfica antes presentada se obtuvieron los siguientes resultados: en la *Iteración 1*, bajo una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, el Confort Térmico del grupo es de -1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco frías y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de incrementar la temperatura del lugar; y, en la *Iteración 3*, bajo una temperatura de 21°C, humedad del 55 %, concentración de gas de 340 ppm y velocidad del aire de 1.3 m/s, el Confort Térmico del grupo es de 0, indicando que el entorno les es cómodo. No obstante, esto continúa hasta la *Iteración 5* en donde se observó que, bajo una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s, el Confort Térmico del grupo es de +1, indicando que las condiciones del entorno les son un poco calurosas y, por tanto, se recomienda hacer uso de mecanismos de confort capaces de disminuir la temperatura del lugar.

## 6.4. Resultados del segundo escenario

---

### 6.4.3. Discusión

La Tabla 6.2 muestra un resumen de los resultados obtenidos en esta evaluación, producto de analizar al grupo descrito en la Figura 6.3, con base en el *modelo TE* y *modelo PSU* de confort. Este resumen describe el Confort Térmico alcanzado por el grupo y si corresponde a un estado aceptable de confort, para cada una de las iteraciones de la simulación y estrategias implementadas con los modelos utilizados.

Tabla 6.2: Comparación de los resultados de Confort Térmico, en el Escenario 2.

Iteración	Condiciones ambientales revisada	Modelo Estrategia	TE						PSU					
			ASHRAE 55 (Tradicional)	El promedio	Placer máximo	Miseria mínima	El más respetado	El más popular	El promedio	Placer máximo	Miseria mínima	El más respetado	El más popular	
1	T: 15°C, H: 45%, V: 1.1 m/s y C: 300 ppm	Confort Grupal	-3	-3	-1	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-1	-1	
		Usuarios conformes	0/11	1/11	1/11	1/11	1/11	1/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	
2	T: 18°C, H: 50%, V: 1.2 m/s y C: 320 ppm	Confort Grupal	-3	-3	0	-3	-3	-3	-1	0	-2	0	-1	
		Usuarios conformes	1/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	
3	T: 21°C, H: 55%, V: 1.3 m/s y C: 340 ppm	Confort Grupal	-2	-2	0	-3	-3	-3	0	0	-1	0	0	
		Usuarios conformes	1/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	7/11	7/11	7/11	7/11	7/11	
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	
4	T: 24°C, H: 60%, V: 1.4 m/s y C: 360 ppm	Confort Grupal	-1	-2	0	-3	-3	-3	0	0	+1	+1	0	
		Usuarios conformes	1/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	6/11	6/11	6/11	6/11	6/11	
		Estado del grupo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Cómodo	
5	T: 27°C, H: 65%, V: 1.5 m/s y C: 380 ppm	Confort Grupal	0	0	0	-1	-1	-1	+1	0	+2	+1	+1	
		Usuarios conformes	4/11	8/11	8/11	8/11	8/11	8/11	2/11	2/11	2/11	2/11	2/11	
		Estado del grupo	Cómodo	Cómodo	Cómodo	Incómodo	Cómodo	Cómodo	Incómodo	Cómodo	Incómodo	Incómodo	Incómodo	

Las condiciones analizadas en esta evaluación fueron entregadas por una simulación que, como se expuso en la Figura 6.4, inicia con una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, concentración de gas de 300 ppm y velocidad del aire de 1.1 m/s, y por cada nueva iteración incrementa 3°C de temperatura, 5 % de humedad, 20 ppm de concentración de gas y 0.1 m/s de velocidad del aire, hasta completar 5 iteraciones y conseguir una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, concentración de gas de 380 ppm y velocidad del aire de 1.5 m/s. Los resultados de este proceso permitieron corroborar lo siguiente:

- Para el caso del *modelo TE*, la iteración 5 demostró en la mayoría de estrategias utilizadas estados térmicamente aceptables para el grupo. Sin embargo, las

## 6.5. Conclusiones

---

condiciones de las demás iteraciones no refirieron un estado térmicamente cómodo, con excepción de los resultados obtenidos con la estrategia *Placer máximo*. Ante esto, una forma de generar condiciones más favorables para el grupo, supuso aumentar la temperatura del lugar cuando haya frío o disminuirla si hace calor, generando una tendencia a mejores condiciones de Confort Térmico. No obstante, para tener certeza de este cambio sería necesario revisar y validar las nuevas condiciones propuestas para el entorno con un nuevo análisis del Confort Térmico Grupal.

- Para el caso del *modelo PSU*, la iteración 5 demostró en casi todas las estrategias utilizadas condiciones demasiado cálidas para el grupo. Mientras que en las iteraciones 3 y 4 se encontraron condiciones térmicamente aceptables con casi todas las estrategias utilizadas. Ante esto, una forma de generar condiciones más favorables para el grupo, supone calcular una aproximación del Confort Térmico del grupo con respecto a la temperatura del ambiente. Esto es posible ya que se está utilizando un modelo de las preferencias térmicas de los usuarios.

En este sentido y al igual que los resultados del *Escenario 1*, el *Escenario 2* exhiben una interesante diferencia entre las condiciones aceptables, definidas por ambos modelos de confort y las estrategias implementadas. Aquí, se pude percibir a la estrategia *Placer máximo* como el mejor método para tratar con el grupo de prueba, cuando se está utilizando el *modelo TE* de confort. Por otra parte, la estrategia *Placer máximo* resalta como la forma más efectiva para tratar con el mismo grupo cuando se esté utilizando el *modelo PSU* o algún otro similar. Además, como en el *Escenario 1*, vuelven a empatar las estrategias *El promedio* y *El más popular* al hacer uso del *modelo PSU*.

## 6.5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo de investigación fue comprobar si, a través de una solución de AmI que considerara aspectos individuales e implementara estrategias para la toma de decisiones, se podrían obtener mejores resultados de Confort Térmico Grupal, que bajo un enfoque tradicional. Ante esto, se diseñó y desarrollo un prototipo funcional de Confort Térmico Grupal, junto a un mecanismo de simulación sencillo que emulara las mediciones recogidas de un entorno equipado con un sensor de *Temperatura*, *Humedad*,

## 6.5. Conclusiones

---

*Concentración de gas y Velocidad del aire.* Este sistema hizo uso de dos modelos de confort: el *modelo TE*, definido principalmente por el estándar ASHRAE55; y el *modelo PSU*, una representación sencilla basada en una linea recta, de las preferencias térmicas que tiene un usuario. También, la solución materializada adaptó al Confort Térmico Grupal, una serie de estrategias importadas de la teoría de Sistemas de Recomendación para Grupos.

La solución de Confort Térmico Grupal propuesta en este trabajo fue validada a través de dos escenarios alusivos al contexto de un aula de clases. En donde: el *Escenario 1* contempló a un grupo de cinco alumnos, con edades de los 24 a 30 años, una altura de los 1.55 a 1.70 metros, un peso de los 50 a 80 kg y en su mayoría mujeres (ver Figura 6.2); y el *Escenario 2* a un grupo formado por diez alumnos y un profesor, con edades de los 24 a 55 años, una altura de los 1.49 a 1.75 metros, un peso de los 50 a 95 kg y en su mayoría mujeres (ver Figura 6.3).

Este proceso consistió en la ejecución de una serie de experimentos que permitieran observar el comportamiento y los resultados arrojados por el prototipo, con base en los dos escenarios de prueba adscritos. De esta manera, por cada escenario se revisó cada combinación posible de *Modelo de Confort - Estrategia*, en dirección a conocer el Confort Térmico de un grupo, saber si era aceptable o inaceptable, y si no era cómodo, definir la forma de generar un mejor dicho estado. También, por cada uno de los experimentos llevados a cabo y como muestra la Tabla 6.1, en el *Escenario 1* se encontró lo siguiente:

- Al hacer uso del *modelo TE*, se observó que se alcanzaba un estado aceptable de Confort Grupal alrededor de una temperatura de 27°C con las estrategias *ASHRAE 55 (Tradicional)*, *El promedio* y *El más popular*, desde una temperatura de 27°C con las estrategias *Miseria mínima* y *El más respetado*, y en el caso de la estrategia *Placer máximo* este estado se encontró entre los 15°C y 27°C de temperatura.
- Al hacer uso del *modelo PSU*, se observó que se alcanzaba un estado aceptable de Confort Grupal con una temperatura aproximada entre los 21°C y 24°C para las estrategias *El promedio*, *Miseria mínima*, *El más respetado* y *El más popular*, y en el caso de la estrategia *Placer máximo* este estado se encontró entre los 21°C y 27°C de temperatura.

## 6.5. Conclusiones

---

Mientras que, por cada uno de los experimentos ejecutados con el sistema desarrollado, como muestra la Tabla 6.2, en el *Escenario 2* se encontró lo siguiente:

- Al hacer uso del *modelo TE*, se observó que se alcanzaba un estado aceptable de Confort Grupal alrededor de una temperatura de 27°C con las estrategias *ASHRAE 55 (Tradicional)* y *El promedio*, desde una temperatura de 27°C con las estrategias *El más respetado* y *El más popular*, arriba de una temperatura de 27°C con la estrategia *Miseria mínima*, y en el caso de la estrategia *Placer máximo* este estado se encontró entre los 15°C y 27°C de temperatura.
- Al hacer uso del *modelo PSU*, se observó que se alcanzaba un estado aceptable de Confort Grupal con una temperatura aproximada entre los 21°C y 24°C para las estrategias *El promedio*, *Miseria mínima* y *El más popular*, con una temperatura entre los 18°C y 21°C para la estrategia *El más respetado*, y en el caso de la estrategia *Placer máximo* este estado se encontró entre los 18°C y 27°C de temperatura.

Por lo tanto, se puede decir que la capacidad de las estrategias utilizadas, es un aspecto íntimamente relacionado con el modelo de confort utilizado, y con las características y preferencias térmicas de las personas. En el *modelo TE* se observó que las condiciones aceptables para el grupo por lo general no variaron, incluso ante el uso de distintas estrategias. No obstante, con el *modelo PSU*, lo definido como condiciones aceptables para el grupo, varió entre las distintas estrategias utilizadas y frente a lo establecido por el modelo TE. Así que la solución propuesta es capaz de encontrar si las condiciones satisfacen o no al grupo, de una forma centrada en los ocupantes del espacio de trabajo revisado.

# Capítulo 7

## Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se habla sobre las conclusiones obtenidas de este proyecto de investigación. En la Sección 7.1, se expone un resumen del trabajo realizado de acuerdo a los objetivos planteados, mientras que la Sección 7.2 explica las conclusiones a las que se llegó con el trabajo realizado. Finalmente, la Sección 7.3 discute aspectos sobre trabajos futuros.

### 7.1. Resumen del trabajo efectuado

El objetivo principal de este trabajo ha sido *Comprobar, a través de una solución de AmI que considere aspectos individuales y utilice estrategias de toma de decisión grupal, si se pueden obtener mejores resultados de Confort Térmico Grupal, que bajo un enfoque tradicional..* Es claro que para poder alcanzarlo fue necesario la consecución de objetivos específicos, presentados en la Sección 1.4 del Capítulo 1, que son los que se describen a continuación.

**Establecer modelos y estrategias para calcular el Confort Térmico de grupos de usuarios** La revisión de la literatura relacionada con el Confort Térmico hizo posible observar que, en cuanto al Confort Grupal, el estándar ASHRAE 55 establece un cálculo en el que se considera a un grupo como una entidad homogénea. Esto da un buen acercamiento, pero se pierde el hecho de que un grupo está formado por personas heterogéneas con características propias y que pueden tener roles al interior

## 7.1. Resumen del trabajo efectuado

---

del grupo, lo que tiene implicaciones al momento de decidir sobre qué es lo más conveniente en un momento determinado. Este tema ha sido estudiado en el área de los Sistemas de Recomendación para Grupos (Masthoff, 2015), por lo que en este trabajo decidimos importar ese cuerpo de conocimiento adaptándolo al caso del Confort Térmico Grupal y estudiar sus implicaciones. Entonces, se consideró a la estrategia *ASHRAE 55 (Tradicional)*, pero junto con ella a las estrategias *El promedio*, *Placer máximo*, *Miseria mínima*, *El más respetado* y *El más popular*. Cabe señalar que estas últimas estrategias grupales requieren calcular el Confort Térmico individual de cada persona en un grupo. En ese sentido, se decidió incluir dos modelos de Confort Personal. El primero es el *modelo Tradicional Extendido (TE)*, que está basado en la forma como objetivamente se estudia el Confort Térmico en base al estándar ASHRAE55. El segundo es un modelo que denominamos *PSU*, que busca capturar las preferencias subjetivas de las personas respecto a su percepción térmica, lo que contrasta con el modelo Tradicional.

**Diseñar una arquitectura funcional para sistemas de AmI para el control del Confort Térmico Grupal** En la Figura 4.5 se presenta una arquitectura funcional diseñada para sistemas de AmI. Esta arquitectura considera los modelos grupales y personales descritos en el punto anterior. La arquitecta se compone de cinco capas, como se describe en la Sección 4.2 del Capítulo 4, la primera es *Recuperación de datos* y cuenta con las funcionalidades para rescatar, leer o consultar información sobre el ambiente, las personas y sus grupos, desde fuentes de datos heterogéneas como sensores, base de datos, entre otros proveedores. La segunda capa es *Gestión del Conocimiento*, que tiene los mecanismos necesarios para almacenar en una Ontología la información que se obtengan de la capa *Recuperación de datos*, modificar los datos contenidos en la propia Ontología y consultar a estos mismo. La tercer capa es *Control del Confort Grupal* y está conformada por funciones para calcular el Confort Térmico de un individuo o grupo y, si es necesario, proponer una configuración en los actuadores para generar un mejor estado de Confort Grupal. La cuarta capa es *Interacción con el usuario* que integra los elementos y operaciones que permiten a un usuario comunicarse con el sistema, ordenarle recuperar información sobre los usuarios o grupos, e iniciar con el cálculo del Confort Térmico Personal y Grupal. Finalmente, la quinta capa es *Interacción con los actuadores* y cuenta con la funcionalidad necesaria para entregar a los actuadores la configuración que deben adoptar.

## 7.2. Conclusiones

---

**Evaluar la propuesta en un caso de estudio** Para evaluar experimentalmente las estrategias de Confort Grupal y los modelos de Confort Personal, se construyó un sistema prototipo basado en la mencionada arquitectura funcional. Este prototipo hace posible simular situaciones en las que un grupo de personas se encuentra en un sitio cerrado bajo condiciones ambientales cambiantes en el tiempo. El prototipo calcula el Confort Térmico Grupal asociado a instantes discretos de tiempo con base en una estrategia grupal y un modelo personal seleccionados por el usuario. Con esta simulación, el usuario del sistema puede analizar, respecto a su selección, los cambios en el tiempo en cuanto al Confort Grupal. Este prototipo es un sistema web *Cliente - Servidor* que fue implementado utilizando Java y tecnologías de Web Semántica. El prototipo fue validado a través de pruebas de funcionalidad y un estudio de Usabilidad.

La experimentación en sí se dirigió a revisar el comportamiento y el tipo de resultados que se podrían obtener con nuestra propuesta. Para ello se diseñaron dos escenarios de prueba, considerando que el espacio cerrado de interés es un aula de clases. El *Escenario 1* consideró un grupo formado por cinco alumnos y un conjunto de condiciones ambientales cambiantes a lo largo de 5 iteraciones, iniciando con una temperatura de 15°C, humedad del 45 %, velocidad del aire de 1.1 m/s y concentración de gas de 300 ppm, e incrementando 3°C de temperatura, 5 % de humedad, 0.1 m/s de velocidad del aire y 20 ppm de concentración de gas, y terminando en una temperatura de 27°C, humedad del 65 %, velocidad del aire de 1.5 m/s y concentración de gas de 380 ppm. El *Escenario 2* consideró por su parte un grupo formado por diez alumnos y un docente y el mismo conjunto de condiciones ambientales. Para cada escenario, se calculó, utilizando el prototipo, el Confort Térmico Grupal con todas las posibles combinaciones de estrategia grupal y modelo de Confort Térmico Personal, excepto en el caso del cálculo del Confort Grupal según el estándar ASHRAE 55, dado que no requiere el cálculo del Confort Personal.

## 7.2. Conclusiones

En relación al resumen presentado, en esta Sección se presentan las principales conclusiones respecto a los aspectos conceptuales de este trabajos (modelos, estrategias y arquitectura funcional), al prototipo realizado, y a los resultados de la experimentación realizada.

## 7.2. Conclusiones

---

### **Conclusiones respecto a los modelos, estrategias y arquitectura funcional**

En el marco de la parte conceptual, encontramos que el estándar ASHRAE 55 dicta que para calcular el Confort Térmico de un grupo, se debe generar una representación uniforme de los individuos que forman a dicho grupo. Hacer esto para calcular el Confort Térmico Grupal provoca que se pierdan de vista aspectos individuales y de grupo, como es el rol que tiene una persona frente a un grupo. Las estrategias que este trabajo propone utilizar tratan con el Confort Térmico Grupal de forma diferente a la práctica tradicional.

Las estrategias utilizadas en el contexto del Confort Térmico Grupal son *El promedio*, *Placer máximo*, *Miseria mínima*, *El más respetado* y *El más popular*. Estas fueron importados de la teoría de Sistemas de Recomendación para Grupos y para su uso se utilizaron dos modelos de Confort Personal, los cuales permitieron definir el Confort Térmico de un grupo en términos del voto de sus integrantes. De esta forma, no se ignoraban cuestiones individuales o de grupo, sino que estos aspectos resultaban importantes al calcular el Confort Térmico de un grupo.

Estos modelos de confort y estrategias fueron el punto de partida para diseñar una arquitectura funcional que hiciera posible su implementación, y ayudara a encontrar las mejores condiciones de Confort Térmico para un grupo.

**Conclusiones respecto al prototipo realizado** El prototipo desarrollado permitió llevar a la práctica el uso de las distintas estrategias para el calcular el Confort Térmico de un grupo, en base a diferentes modelos de Confort Térmico Personal utilizados para entonces tener elementos con los que contrastar sus resultados. Este prototipo funciona como un sistema *Cliente - Servidor* de gran utilidad para las actividades planteadas en este trabajo y procesos de experimentación que supongan observar la evolución del Confort Térmico de un espacio cerrado ocupado por un grupo de personas.

Las principales tecnologías utilizadas en este prototipo pertenecen a la *Web Semántica*. Estas tecnologías son el *Framework Apache Jena*, *RDF* y *SPARQL*, las cuales resultaron interesantes al facilitar el integrar información heterogénea en un medio común y su consulta. No obstante, el uso de estructuras semánticas y la recuperación de datos en estos medios, supuso complicaciones en lo referente al diseño de este tipo de estructuras, el cuidado que se debe tener para modificar su información

## 7.2. Conclusiones

---

y mantener la integridad de sus datos, y la construcción de sentencias capaces recuperar información específica.

También, resulta interesante mencionar el uso de *Eclipse Mosquitto*, una popular implementación del protocolo de comunicación *MQTT* en aplicaciones del *IoT*, para comunicar a fuentes de datos heterogéneas, como sensores, actuadores o sistemas. *Eclipse Mosquitto* fue una tecnología difícil de implementar, ya que el abrir varios canales de comunicación desde un mismo sistema, tendía demandar un alto consumo de recursos en el Host hospedante, por lo que se tuvo cuidado en la cantidad de canales utilizados.

Por otro lado, cabe destacar en lo que respecta al resultado de la evaluación de Usabilidad realizada, que en general los usuarios expresaron que el sistema era práctico y fácil de utilizar. No obstante, mencionaron algunos puntos que podrían mejorarse en el prototipo, como es la descripción dada por las alertas que aparecen al llevar a cabo un acción, y además recomendaron entregar un manual de usuario a las personas que fueran ocupar el sistema, para ayudarles en el uso del mismo.

**Conclusiones respecto a los resultados de la experimentación** El proceso de experimentación realizado con el prototipo, en base a dos escenarios diferentes con grupos de prueba distintos, facilitaron observar lo siguiente:

- El *modelo TE* de Confort Personal, como se observó en el resumen de resultados expuesto por la Tabla 6.1 y 6.2, resultó efectivo para descubrir grupos de personas que se sientan cómodas en condiciones cálidas. Sin embargo, ante personas con gustos extremos o relativamente diferentes entre sí, este modelo es inadecuado.
- El *modelo PSU* de confort, como se observó en el resumen de resultados expuesto por la Tabla 6.1 y 6.2, resulta adecuado para tratar con grupos cuyos integrantes describan preferencias térmicas variadas. La versatilidad de este modelo permite su aplicación frente a diferentes tipos de contextos, con distintas personas.
- La estrategia *Placer máximo* para el Confort Grupal, como demuestra el resumen de resultados expuesto por la Tabla 6.1 y 6.2, parece ser la mejor estrategia en términos de ahorro energético, pues este método suscribe un rango de confort amplio y es rápido para encontrar condiciones bajo las que el grupo se sienta

## 7.2. Conclusiones

---

cómodo. No obstante, para términos de quien tiene mayor autoridad en un determinado espacio de trabajo, la estrategia *El más respetado* es la más efectiva, ya se se basa en la jerarquía de los usuarios dentro del grupo.

- La capacidad de las estrategias de Confort Grupal implementadas, dependen del modelo de confort utilizado, ya que, en pruebas con el *modelo TE*, el Confort Térmico definido como aceptable para el grupo, generalmente apunto a un mismo conjunto de condiciones ambientales, sin importar la estrategia utilizada; mientras que, bajo el *modelo PSU*, el conjunto de condiciones ambientales, en donde se encontró que el grupo estaba térmicamente cómodo, vario con algunas estrategias.

Los puntos anteriores dieron pie a revisar si existía evidencia que soportara la hipótesis planteada en este trabajo. Esta hipótesis se cuestiona si *En una solución de AmI para el control del Confort Térmico Grupal en espacios cerrados, considerar aspectos individuales de los usuarios de un grupo hace posible satisfacer de mejor manera al grupo que cuando no se consideran*. La búsqueda de evidencia se hizo a partir de las Tablas 6.1 y 6.2, que resumen los resultados del proceso de experimentación con el prototipo.

En la Tabla 6.1 observamos que durante el *Escenario 1*, con las estrategias para el manejo de grupos bajo el *modelo TE*, el número de personas conformes encontradas en el grupo fue similar a la cantidad de personas cómodas encontradas con *ASHRAE 55 (Tradicional)*, solo diferenciándose por una persona conforme en ambos. También, el Confort Térmico Grupal que se calculó fue similar en ambos casos, a excepción de las iteraciones 3 y 4, ya que con *ASHRAE 55 (Tradicional)* el Confort Grupal paso de *Muy frío* a *Neutral* marcando cambios a lo largo de todas las iteraciones, mientras que con el *modelo TE* el Confort Grupal se mantuvo como *Muy frío* hasta la última iteración, en donde se volvió *Neutral* para la mayoría de estrategias. En contraste, el Confort Térmico Grupal que se calculó bajo el *modelo PSU*, fue diferente a lo calculado utilizando el *modelo TE* y con *ASHRAE 55 (Tradicional)*, pues en la mayoría de estrategias paso de *Frío* a *Ligeramente cálido* cambiando a lo largo de todas las iteraciones, por ejemplo, esta diferencia se puede observar en las iteraciones 3 y 4, en donde con el *modelo PSU* la sensación térmica era *Neutral* y utilizando el *modelo TE* o *ASHRAE 55 (Tradicional)* la sensación térmica era desde *Ligeramente frío* hasta *Muy frío*. Aunque, pese a tener diferentes resultados de Confort Grupal en ambos modelos

## 7.2. Conclusiones

---

y con *ASHRAE 55 (Tradicional)*, el número de personas encontradas conformes con el *modelo PSU* resultó similar a la cantidad de personas cómodas encontradas con *ASHRAE 55 (Tradicional)* en las iteraciones 1, 2 y 5, mientras que bajo el *modelo TE* el resultado fue similar en las iteraciones 1 y 2.

Por otra parte, en la Tabla 6.2 observamos que durante el *Escenario 2*, el número de personas conformes encontradas fue similar con las estrategias para el manejo de grupos bajo el *modelo TE* y con *ASHRAE 55 (Tradicional)* como en el *Escenario 1*, a excepción de la cantidad de personas cómodas encontradas en la iteración 5, ya que la diferencia era del doble. También, como en el *Escenario 1* el Confort Térmico Grupal que se calculó resultó similar en este escenario para las estrategias bajo el *modelo TE* y con *ASHRAE 55 (Tradicional)*. Así mismo, como en el *Escenario 1*, el Confort Térmico Grupal que se calculó bajo el *modelo PSU* en este escenario pasó de *Frío* a *Ligeramente cálido* a lo largo de todas las iteraciones, en contraste a lo calculado utilizando el *modelo TE* y con *ASHRAE 55 (Tradicional)*, en donde se pasó de *Muy frío* a *Neutral*. Además, pese a conseguir resultados diferentes con ambos modelos y *ASHRAE 55 (Tradicional)*, la cantidad personas conformes encontradas en las iteraciones 3 y 4 con el *modelo PSU* resultó más del doble del número de personas cómodas encontradas utilizando el *modelo TE* y con *ASHRAE 55 (Tradicional)*, mientras que en la iteración 5 la cantidad de personas conformes encontradas utilizando el *modelo TE* fue el doble que con *ASHRAE 55 (Tradicional)* y más del triple respecto a lo obtenido utilizando el *modelo PSU*.

Los resultados obtenidos en este trabajo, aunque no es evidencia concluyente para poder aceptar o rechazar la hipótesis planteada, permiten observar datos que la soportan. No obstante, también deja en claro la necesidad de realizar más experimentos que puedan enriquecer la evidencia, especialmente frente a contextos reales.

En breve, la solución propuesta en este trabajo es un buen ejemplo de la viabilidad de analizar los factores que hacen cómodo a un espacio ocupado por múltiples personas, considerando sus características individuales, en contraste con la forma estándar de hacerlo. Así mismo, esta propuesta muestra la utilidad de incluir teoría y métodos de contextos ajenos al Confort Térmico y pone en evidencia que el desarrollo de espacios adecuados para la ocupación humana continúa siendo un área de estudio en constante cambio.

## 7.3. Trabajos futuros

En los párrafos anteriores se explicó el trabajo realizado, pero quedan abiertas varias vías para trabajos futuros, mismas que se describen a continuación.

Con respecto a la parte de modelos y estrategia, en este trabajo se consideró las cuestiones del modelo objetivo y subjetivo de manera independiente. Aunque, una posible vía de investigación sería juntar estos modelos, en donde al calcular un cierto Confort Térmico de forma objetiva, este pueda ser de alguna manera influenciado por cuestiones subjetivas, para en principio reflejar mejor la sensación térmica de un individuo o grupo.

También, es interesante la variedad de parámetros que pueden influir en el Confort Térmico, dando pie a la posibilidad de hacer uso de una gran variedad de modelos de confort y estrategias. De forma que, en futuros trabajos, se podría experimentar con otro tipo de modelos de confort y estrategias para el manejo de grupos, diferente a lo adoptado por la solución propuesta. Por ejemplo, en este trabajo consideramos que las condiciones ambientales son las mismas para todos los integrantes del grupo, independientemente de la posición específica en el que se encuentren en el espacio cerrado de interés. No obstante, en la realidad, una persona cerca de una puerta o de un aire acondicionado encendido puede experimentar condiciones térmicas diferentes a las de otra persona alejados de ellos. Sería interesante entonces contar con modelos que consideren las condiciones ambientales del espacio inmediato de cada individuo para calcular con mayor precisión su Confort Térmico. Sin embargo, su puesta en operación podría ser costosos en términos de recursos requeridos y consumo de energía.

Por otro lado, el prototipo que implementamos en este trabajo simuló diversos sensores en el ambiente, pero en cuanto a la simulación de los mecanismos de actuación solo se consideraron un aire acondicionado y un calefactor. En futuras versiones del sistema, se podrían integrar más elementos de confort como: ventiladores, ventanas automatizadas, etc. Lo que es más, resultaría provechoso implementarlo en un entorno real. Esto, con base en elementos de hardware como el *NodeMCU* (o placa ESP8266 v1.0/v2), para conectar diferentes tipos de sensores ambientales, por ejemplo: el *DHT 11* para medir la humedad y temperatura; y el *MQ 135* para medir la concentración de gas. Lo anterior en dirección a construir una infraestructura básica, tipo WSN, que

### 7.3. Trabajos futuros

---

permite sensar las condiciones del entorno y enviarlas al mecanismo central, para el procesamiento de la información y análisis Confort Térmico Grupal.

En lo referente a las pruebas de Usabilidad con el prototipo, los usuarios que participaron jugaron con una serie de condiciones descritas en un *Escenario 1* y *Escenario 2*, y lo que se pudo observar en este punto fue que cuando se pasaba al *Escenario 2*, el desempeño de los participantes era mejor que cuando hicieron el *Escenario 1*. Una de las posibles causas de esto supone que los participantes ya tenían experiencia con el sistema cuando pasaban al *Escenario 2*, así que sería interesante hacer esta misma prueba de Usabilidad con otro grupo de usuarios, empezando con el *Escenario 2* y luego el *Escenario 1*, para identificar si efectivamente el orden en que se ejecutan los escenarios, se relaciona con el desempeño del usuario en el sistema o no. Además, es evidente que hay múltiples posibilidades para seguir experimentando con el prototipo, como puede ser utilizando un valor diferente en sus parámetros, con otros grupos de mayor o menor número de personas, distintos cambios en el ambiente con respecto al tiempo, por mencionar algunas opciones.

Finalmente, en relación a los aspectos que definen un estado de Confort Grupal, resulta importante considerar que en este tipo de contextos, los resultados se pueden ver afectados por la forma en cómo convive el grupo. Esto de acuerdo a la psicología social, la cual dice que la satisfacción de todos los individuos en un grupo es consecuencia de los siguientes procesos (Masthoff, 2015):

- *Contagio emocional*: supone que la satisfacción e insatisfacción de los usuarios es consecuencia de la transmisión de emociones y sentimientos de una persona a otra. Lo que puede llevar a un estado de satisfacción simulada. Por ejemplo: si *X* persona es feliz, entonces una persona *Y* podría aparentar también estar feliz.
- *Conformidad*: Supone que la satisfacción e insatisfacción es un estado en el que puede influir la opinión de otros, lo cual es llamado proceso de conformidad y puede presentarse de dos maneras:
  - *Influencia normativa*: dada por el deseo de formar parte de un grupo, en donde los usuarios tenderán a expresar una opinión a acorde al grupo, independientemente si un usuario está o no de acuerdo.

### 7.3. Trabajos futuros

---

- *Influencia informativa:* basada en lo que cada usuario realmente cree, por lo cual se considera que es una opinión honesta, que no busca el agrado o la simpatía de otros.

Por lo tanto, sería interesante realizar estudios que hagan posible conocer si estos elementos y en qué medida aparecen en el ámbito del Confort Térmico Grupal.

El desarrollo de soluciones para el monitoreo, control y descubrimiento de las mejores condiciones térmicas que un entorno puede ofrecer a un grupo de personas, supone tratar con una amplia área de investigación. Esto, ya que el Confort Térmico es un estado subjetivo y particular de cada individuo, que puede ser afectado por múltiples factores ambientales y de la propia persona. De forma que lograr sistemas capaces de encontrar o ayudar a definir los elementos necesarios para que un grupo tenga un estado de Confort Grupal, continúa siendo un reto de investigación. La solución propuesta en este trabajo es un avance hacia los sistemas de control del Confort Térmico del futuro.



---

# Apéndice A

## Cuestionarios para el participante

**Cuestionario de control del participante**

A continuación, se lista una serie de preguntas de control, para conocer su perfil.

\*Obligatorio

¿Cuál es su edad? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Es usted una persona del sexo masculino o femenino? \*

Masculino  
 Femenino

¿Cuántos años tiene usted de experiencia utilizando equipos de cómputo? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Tiene usted conocimiento sobre el Confort Térmico? \*

Sí  
 No

Si respondió de manera afirmativa a la pregunta anterior, por favor, de forma breve escriba lo que conoce sobre el Confort Térmico

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Usted ha utilizado algunos de los siguientes sistemas de confort?

Aire acondicionado  
 Calefactor  
 Otros: \_\_\_\_\_

Figura A.1: Cuestionario de control del participante.

## Cuestionario de usabilidad (CSUQ) adaptado para la evaluación del Sistema ACTGU

\* Por favor, para cada pregunta indique con “1” si está totalmente en desacuerdo, o “7” si está totalmente de acuerdo; y si lo cree necesario, al final del cuestionario escriba un comentario u observación del Sistema ACTGU

\*Obligatorio

1.- En general, estoy satisfecho con lo fácil que es utilizar este sistema. \*

1      2      3      4      5      6      7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

2.- Este sistema fue simple de usar. \*

1      2      3      4      5      6      7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

3.- Soy capaz de completar mi trabajo rápidamente utilizando este sistema. \*

1      2      3      4      5      6      7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

4.- Me siento cómodo utilizando este sistema. \*

1      2      3      4      5      6      7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

5.- Fue fácil aprender a utilizar este sistema. \*

1      2      3      4      5      6      7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

Figura A.2: CSUQ adaptado para la evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 1.

6.- Creo que me volví experto rápidamente utilizando este sistema. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

7.- El sistema muestra mensajes de error que me dicen claramente cómo resolver los problemas. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

8.- Cada vez que cometo un error utilizando al sistema, lo resuelvo fácil y rápidamente. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

9.- La información (como mensajes en pantalla y otra documentación) que se provee con este sistema es clara. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

10.- Es fácil encontrar en el sistema la información que necesito. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

11.- La información que proporciona el sistema fue efectiva ayudándome a completar las tareas. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

Figura A.3: CSUQ adaptado para la evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 2.

12.- La organización de la información del sistema en la pantalla fue clara. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

13.- La interfaz del sistema fue placentera. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

14.- Me gustó utilizar este sistema. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

15.- El sistema tuvo todas las herramientas que esperaba que tuviera. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

16.- En general, estuve satisfecho con el sistema. \*

1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo					

¿Tiene algún comentario u observación?, escríbalo aquí por favor

Tu respuesta

---

Figura A.4: CSUQ adaptado para la evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 3.

## Apéndice B

# Tareas de evaluación del Escenario 1

**Escenario 1**

\* Por favor, realice las siguientes tareas con el Sistema ACTGU, e indique para cada una qué tan difícil fue, con "1" si fue muy difícil la tarea, o "7" si fue muy fácil la tarea.

Contexto: Imaginemos un aula de clases ocupada únicamente por un grupo de cinco alumnos, quienes están trabajando como equipo en un proyecto escolar. Se desea conocer el nivel de Confort Térmico del grupo.

Tarea 1: Configure en el sistema el grupo descrito por la siguiente tabla:

Etiqueta	Sexo	Edad <sub>años</sub>	Altura <sub>m<sup>2</sup></sub>	PESO <sub>kg</sub>	Rol	Tipo de ropa vestida	Preferencia en Temperatura <sub>fria</sub>	Preferencia en Temperatura <sub>cálida</sub>	Grupo
Alum001	Hombre	25	1.70	80	Alumno	Ropa neutral	+25	-35	Clase W
Alum002	Hombre	27	1.60	65	Alumno	Ropa normal para invierno	+35	-15	Clase W
Alum003	Mujer	30	1.55	55	Alumno	Ropa pesada para verano	+20	-12	Clase W
Alum004	Mujer	24	1.60	50	Alumno	Ropa pesada para verano	+18	-10	Clase W
Alum005	Mujer	30	1.63	65	Alumno	Ropa ligera para invierno	+30	-15	Clase W

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 1.\*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea                                           Fue muy fácil esta tarea

Figura B.1: Tareas del Escenario 1, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 1.

Tarea 2: Configure el proceso de simulación del sistema, conforme a los datos indicados en la siguiente tabla:

Control de la página	Valor a asignar
Estrategia de Confort para grupos:	ASHRAE 55 (Tradicional)
Utilizar modelo ACTGU:	Sin marcar
Número de iteraciones:	5
Duración de la iteración:	5 segundos
Temperatura – Inicial:	15°C
Temperatura – Incremento:	3°C
Humedad – Inicial:	45 %
Humedad – Incremento:	5 %
Concentración de gas – Inicial:	300 ppm
Concentración de gas – Incremento:	20 ppm
Velocidad del aire – Inicial:	1.1 m/s
Velocidad del aire – Incremento:	0.1 m/s
Grupo con el cual trabajar:	Clase W

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 2. \*



Figura B.2: Tareas del Escenario 1, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 2.

Tarea 3: Ejecute la simulación. Encuentre el nivel del Confort Térmico del grupo en la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 3. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Tarea 4: Determine el Confort Térmico del usuario “Alum005” durante la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 4. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Tarea 5: Cambie la estrategia de confort para grupos por la estrategia “Promedio” e indique que se hará uso del “Modelo PSU”.

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 5. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Figura B.3: Tareas del Escenario 1, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 3.

Tarea 6: Ejecute la simulación. Encuentra el nivel del Confort Térmico del grupo en la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto.\*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 6.\*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Tarea 7: Determine el Confort Térmico del usuario “Alum005” durante la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto.\*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 7.\*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Figura B.4: Tareas del Escenario 1, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 4.



## Apéndice C

# Tareas de evaluación del Escenario 2

**Escenario 2**

\* Por favor, realice las siguientes tareas con el Sistema ACTGU, e indique para cada una qué tan difícil fue, con “1” si fue muy difícil la tarea, o “7” si fue muy fácil la tarea.

Contexto: Imaginemos un aula de clases ocupada por un grupo de diez alumnos y un docente, quienes están en medio de un examen. Se desea conocer el nivel de Confort Térmico del grupo, para evitar condiciones térmicas incomodas durante el test aplicado.

Tarea 1: Agregue en el sistema a seis nuevos usuarios junto a los que ya tiene, para formar al grupo descrito por la siguiente tabla:

Etiqueta	Sexo	Edad_dios	Altura_m <sup>2</sup>	PESO_kg	Rol	Tipo de ropa vestida	Preferencia en Temperatura_fria	Preferencia en Temperatura_cálida	Grupo
Alum001	Hombre	25	1.70	80	Alumno	Ropa neutral	+25	-35	Clase W
Alum002	Hombre	27	1.60	65	Alumno	Ropa normal para invierno	+35	-15	Clase W
Alum003	Mujer	30	1.55	55	Alumno	Ropa pesada para verano	+20	-12	Clase W
Alum004	Mujer	24	1.60	50	Alumno	Ropa pesada para verano	+18	-10	Clase W
Alum005	Mujer	30	1.63	65	Alumno	Ropa ligera para invierno	+30	-15	Clase W
Alum006	Hombre	26	1.66	70	Alumno	Ropa pesada para invierno	+40	-5	Clase W
Alum007	Hombre	31	1.73	75	Alumno	Ropa normal para verano	+13	-30	Clase W
Alum008	Mujer	32	1.60	65	Alumno	Ropa pesada para verano	+20	-22	Clase W
Alum009	Mujer	29	1.50	60	Alumno	Ropa neutral	+33	-15	Clase W
Alum010	Mujer	25	1.49	55	Alumno	Ropa neutral	+20	-15	Clase W
Docn011	Hombre	55	1.75	95	Docente	Ropa normal para verano	+16	-21	Clase W

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 1. \*

1    2    3    4    5    6    7

Fue muy difícil esta tarea        Fue muy fácil esta tarea

Figura C.1: Tareas del Escenario 2, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 1.

Tarea 2: Configure el proceso de simulación del sistema, conforme a los datos indicados en la siguiente tabla:

Control de la página	Valor a asignar
Estrategia de Confort para grupos:	El más popular
Utilizar modelo ACTGU:	Marcado
Número de iteraciones:	5
Duración de la iteración:	5 segundos
Temperatura – Inicial:	15°C
Temperatura – Incremento:	3°C
Humedad – Inicial:	45 %
Humedad – Incremento:	5 %
Concentración de gas – Inicial:	300 ppm
Concentración de gas – Incremento:	20 ppm
Velocidad del aire – Inicial:	1.1 m/s
Velocidad del aire – Incremento:	0.1 m/s
Grupo con el cual trabajar:	Clase W

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 2.\*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea

Fue muy fácil esta tarea

Figura C.2: Tareas del Escenario 2, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 2.

Tarea 3: Ejecute la simulación. Encuentre el nivel del Confort Térmico del grupo en la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 3. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea                                           Fue muy fácil esta tarea

Tarea 4: Determine el Confort Térmico del usuario “Docn011” durante la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 4. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea                                           Fue muy fácil esta tarea

Tarea 5: Cambie la estrategia de confort para grupos por la estrategia “El más respetado” e indique que se hará uso del “Modelo PSU”.

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 5. \*

1      2      3      4      5      6      7

Fue muy difícil esta tarea                                           Fue muy fácil esta tarea

Figura C.3: Tareas del Escenario 2, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 3.

Tarea 6: Ejecute la simulación. Encuentra el nivel del Confort Térmico del grupo en la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 6. \*

1    2    3    4    5    6    7

Fue muy difícil esta tarea                             Fue muy fácil esta tarea

Tarea 7: Determine el Confort Térmico del usuario “Docn011” durante la iteración “3”, y anote el valor obtenido en el siguiente cuadro de texto. \*

Tu respuesta

Por favor, indique qué tan difícil fue realizar la tarea 7. \*

1    2    3    4    5    6    7

Fue muy difícil esta tarea                             Fue muy fácil esta tarea

Figura C.4: Tareas del Escenario 2, para evaluación del *Sistema ACTGU*, parte 4.



---

## Apéndice D

# Cartas de consentimiento informado



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana

Facultad de Estadística e Informática

Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario



### Consentimiento informado

**Proyecto:** Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios.

**Objetivo:** Evaluar los resultados que entrega el prototipo de Confort Térmico Grupal.

**Justificación:** En dirección a conocer la usabilidad de la propuesta presentada en el trabajo de investigación “Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios”, se realizarán una serie de pruebas sobre el prototipo web ACTGU, producto de este trabajo de investigación.

**Procedimiento:** Durante el tiempo que dure esta prueba, usted será video grabado. En esta evaluación, usted deberá completar una lista específica de tareas con el sistema web ACTGU a través de TeamViewer y, posteriormente, tendrá que responder un cuestionario de usabilidad sobre este mismo sistema.

**Tratamiento de la información.** La información recabada será tratada confidencialmente por los miembros del equipo a cargo de esta investigación. También, será utilizada para generar estadísticas que permitan sintetizar los resultados de la evaluación. Además, cabe aclarar que en ningún momento se solicitará información sensible y su rostro será censurado en el video final de la grabación realizada.

---

Al firmar, acepto participar en el estudio.

Xalapa, Ver., a \_\_\_\_\_

Figura D.1: Carta de consentimiento informado.



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana

Facultad de Estadística e Informática

Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario



#### **Consentimiento informado**

**Proyecto:** Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios.

**Objetivo:** Evaluar los resultados que entrega el prototipo de Confort Térmico Grupal.

**Justificación:** En dirección a conocer la usabilidad de la propuesta presentada en el trabajo de investigación “Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios”, se realizarán una serie de pruebas sobre el prototipo web ACTGU, producto de este trabajo de investigación.

**Procedimiento:** Durante el tiempo que dure esta prueba, usted será video grabado. En esta evaluación, usted deberá completar una lista específica de tareas con el sistema web ACTGU a través de TeamViewer y, posteriormente, tendrá que responder un cuestionario de usabilidad sobre este mismo sistema.

**Tratamiento de la información.** La información recabada será tratada confidencialmente por los miembros del equipo a cargo de esta investigación. También, será utilizada para generar estadísticas que permitan sintetizar los resultados de la evaluación. Además, cabe aclarar que en ningún momento se solicitará información sensible y su rostro será censurado en el video final de la grabación realizada.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be a stylized 'X' or a similar mark.

Al firmar, acepto participar en el estudio.

Xalapa, Ver., a \_\_\_\_\_  
10/12/20

Figura D.2: Carta de consentimiento informado firmada por el participante 1.



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana  
Facultad de Estadística e Informática  
Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario



#### **Consentimiento informado**

**Proyecto:** Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios.

**Objetivo:** Evaluar los resultados que entrega el prototipo de Confort Térmico Grupal.

**Justificación:** En dirección a conocer la usabilidad de la propuesta presentada en el trabajo de investigación “Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios”, se realizarán una serie de pruebas sobre el prototipo web ACTGU, producto de este trabajo de investigación.

**Procedimiento:** Durante el tiempo que dure esta prueba, usted será video grabado. En esta evaluación, usted deberá completar una lista específica de tareas con el sistema web ACTGU a través de TeamViewer y, posteriormente, tendrá que responder un cuestionario de usabilidad sobre este mismo sistema.

**Tratamiento de la información.** La información recabada será tratada confidencialmente por los miembros del equipo a cargo de esta investigación. También, será utilizada para generar estadísticas que permitan sintetizar los resultados de la evaluación. Además, cabe aclarar que en ningún momento se solicitará información sensible y su rostro será censurado en el video final de la grabación realizada.

  
Al firmar, acepto participar en el estudio.

Xalapa, Ver., a \_\_\_\_\_

Figura D.3: Carta de consentimiento informado firmada por el participante 2.



Universidad Veracruzana  
Facultad de Estadística e Informática  
Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario



#### Consentimiento informado

**Proyecto:** Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios.

**Objetivo:** Evaluar los resultados que entrega el prototipo de Confort Térmico Grupal.

**Justificación:** En dirección a conocer la usabilidad de la propuesta presentada en el trabajo de investigación “Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios”, se realizarán una serie de pruebas sobre el prototipo web ACTGU, producto de este trabajo de investigación.

**Procedimiento:** Durante el tiempo que dure esta prueba, usted será video grabado. En esta evaluación, usted deberá completar una lista específica de tareas con el sistema web ACTGU a través de TeamViewer y, posteriormente, tendrá que responder un cuestionario de usabilidad sobre este mismo sistema.

**Tratamiento de la información.** La información recabada será tratada confidencialmente por los miembros del equipo a cargo de esta investigación. También, será utilizada para generar estadísticas que permitan sintetizar los resultados de la evaluación. Además, cabe aclarar que en ningún momento se solicitará información sensible y su rostro será censurado en el video final de la grabación realizada.



Al firmar, acepto participar en el estudio.

Xalapa, Ver., a 13 de Diciembre de 2020

Figura D.4: Carta de consentimiento informado firmada por el participante 3.



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana

Facultad de Estadística e Informática

Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario



#### **Consentimiento informado**

**Proyecto:** Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios.

**Objetivo:** Evaluar los resultados que entrega el prototipo de Confort Térmico Grupal.

**Justificación:** En dirección a conocer la usabilidad de la propuesta presentada en el trabajo de investigación “Adaptación del Confort Térmico para Grupos de Usuarios”, se realizarán una serie de pruebas sobre el prototipo web ACTGU, producto de este trabajo de investigación.

**Procedimiento:** Durante el tiempo que dure esta prueba, usted será video grabado. En esta evaluación, usted deberá completar una lista específica de tareas con el sistema web ACTGU a través de TeamViewer y, posteriormente, tendrá que responder un cuestionario de usabilidad sobre este mismo sistema.

**Tratamiento de la información.** La información recabada será tratada confidencialmente por los miembros del equipo a cargo de esta investigación. También, será utilizada para generar estadísticas que permitan sintetizar los resultados de la evaluación. Además, cabe aclarar que en ningún momento se solicitará información sensible y su rostro será censurado en el video final de la grabación realizada.



Al firmar, acepto participar en el estudio.

Xalapa, Ver., a 14 diciembre 2020

Figura D.5: Carta de consentimiento informado firmada por el participante 4.



Figura D.6: Carta de consentimiento informado firmada por el participante 5.

# Bibliografía

- Aarts, E., y Wichert, R. (2009). Ambient intelligence. En H.-J. Bullinger (Ed.), *Technology guide: Principles – applications – trends* (pp. 244–249). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-3-540-88546-7\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-540-88546-7_47) doi: 10.1007/978-3-540-88546-7\_47
- Acerbi, F., Nicolao, G., y Rampazzo, M. (2019, 05). Thermal comfort control in air-conditioned buildings: new data-driven approaches to neutral temperature estimation.. doi: 10.23919/ECC.2019.8795672
- Adeleke, J. A., y Moodley, D. (2015). An ontology for proactive indoor environmental quality monitoring and control. En *Proceedings of the 2015 annual research conference on south african institute of computer scientists and information technologists* (pp. 2:1–2:10). New York, NY, USA: ACM. Descargado de <http://doi.acm.org/10.1145/2815782.2815816> doi: 10.1145/2815782.2815816
- Aguilera, J. J., Kazanci, O. B., y Toftum, J. (2019). Thermal adaptation in occupant-driven hvac control. *Journal of Building Engineering*, 25, 100846. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219303237> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100846>
- Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., y Moghtaderi, B. (2019, 01). The significance of the adaptive thermal comfort limits on the air-conditioning loads in a temperate climate. *Sustainability*, 11, 328. Descargado de <https://www.researchgate.net/>

## BIBLIOGRAFÍA

---

[publication/330314299\\_The\\_Significance\\_of\\_the\\_Adaptive\\_Thermal  
\\_Comfort\\_Limits\\_on\\_the\\_Air-Conditioning\\_Loads\\_in\\_a\\_Temperate\\_Climate](https://www.researchgate.net/publication/330314299_The_Significance_of_the_Adaptive_Thermal_Comfort_Limits_on_the_Air-Conditioning_Loads_in_a_Temperate_Climate)  
doi: 10.3390/su11020328

Aouedi, O., Bach-Tobji, M., y Abraham, A. (2018, 10). Internet of things and ambient intelligence for mobile health monitoring: A review of a decade of research. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 10, 261-271. Descargado de [http://www.mirlabs.org/ijcisim/  
regular\\_papers\\_2018/IJCISIM\\_26.pdf](http://www.mirlabs.org/ijcisim/regular_papers_2018/IJCISIM_26.pdf)

Arballo, B., Kuchen, E., Alamino Naranjo, Y., y Alonso Frank, A. (2016, 10). Evaluación de modelos de confort térmico para interiores. En (p. 10).

ASHRAE. (2017). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Autor. Descargado de [https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%  
20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/  
55\\_2017\\_a\\_20181002.pdf](https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/55_2017_a_20181002.pdf)

Augusto, J. C. (2007). Ambient intelligence : the confluence of ubiquitous / pervasive computing and artificial intelligence.

Augusto, J. C., Callaghan, V., Cook, D., Kameas, A., y Satoh, I. (2013, 15 de Jun). intelligent environments: a manifesto: *Human-centric Computing and Information Sciences*, 3(1), 12. Descargado de <https://doi.org/10.1186/2192-1962-3-12> doi: 10.1186/2192-1962-3-12

Becerril-García, A., Lozano-Espinosa, R., y Molina Espinosa, J. (2014). Modelo para consultas semánticas sensibles al contexto sobre recursos educativos estructurados con oai-pmh. En *Encuentro nacional de ciencias de la computación 2014*. Descargado de [http://enc2014.cicese.mx/Memorias/paper\\_49.pdf](http://enc2014.cicese.mx/Memorias/paper_49.pdf)

Bibri, S. E. (2018). Big data analytics and context-aware computing: Core enabling technologies, techniques, processes, and systems. En *Smart sustainable cities of the future: The untapped potential of big data analytics and context-aware computing for advancing sustainability* (p. 133-188). Cham: Springer International Publishing. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73981-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73981-6_3) doi: 10.1007/978-3-319-73981-6\_3

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Bravo-Morales, G. (2014). *Temperaturas de confort e implicaciones energéticas en viviendas climatizadas mecánicamente estudio en clima cálido y húmedo.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Departamento Mecánica y Fabricación. Descargado de [http://oa.upm.es/32901/1/GAUDY\\_CLARET\\_BRAVO\\_MORALES.pdf](http://oa.upm.es/32901/1/GAUDY_CLARET_BRAVO_MORALES.pdf)
- Cao, S.-J., y Deng, H.-Y. (2019). Investigation of temperature regulation effects on indoor thermal comfort, air quality, and energy savings toward green residential buildings. *Science and Technology for the Built Environment*, 0(0), 1-13. Descargado de <https://doi.org/10.1080/23744731.2018.1526016> doi: 10.1080/23744731.2018.1526016
- Casillas-Santillán, L., Ginestá, M., y Pérez Mora, Óscar. (2014). *Bases de datos en mysql.* Descargado de [http://informatica.gonzalonazareno.org/plataforma/pluginfile.php/243/mod\\_resource/content/0/Apuntes/UOC\\_SQL.pdf](http://informatica.gonzalonazareno.org/plataforma/pluginfile.php/243/mod_resource/content/0/Apuntes/UOC_SQL.pdf)
- Che Bin, F., y Hang-See, O. (2016, 04). A review on smart home based on ambient intelligence, contextual awareness and internet of things (iot) in constructing thermally comfortable and energy aware house. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 12, 764-781. doi: 10.19026/rjaset.12.2752
- Chun, C., Kwok, A., Mitamura, T., Miwa, N., y Tamura, A. (2008). Thermal diary: Connecting temperature history to indoor comfort. *Building and Environment*, 43(5), 877 - 885. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132307000315> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.031>
- Cook, D. J., Augusto, J. C., y Jakkula, V. R. (2009, agosto). Review: Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive Mob. Comput.*, 5(4), 277–298. Descargado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.04.001> doi: 10.1016/j.pmcj.2009.04.001
- De-Dear, R., y Brager, G. (2002, 07). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ashrae standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549-561. Descargado de [http://www.sysecol2.ethz.ch/OptiControl/LiteratureOC/Dear\\_02\\_EB\\_34\\_549.pdf](http://www.sysecol2.ethz.ch/OptiControl/LiteratureOC/Dear_02_EB_34_549.pdf) doi: 10.1016/S0378-7788(02)00005-1
- De-Vecchi, R., Sorgato, M., Pacheco, M., Cândido, C., y Lamberts, R. (2015). Ashrae 55 adaptive model application in hot and humid climates: the brazilian

## BIBLIOGRAFÍA

---

- case. *Architectural Science Review*, 58(1), 93-101. Descargado de <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.981145> doi: 10.1080/00038628.2014.981145
- Delic, A., Neidhardt, J., y Werthner, H. (2018, July). Group decision making and group recommendations. En *2018 ieee 20th conference on business informatics (cbi)* (Vol. 01, p. 79-88). doi: 10.1109/CBI.2018.00018
- de Sousa e Silva, G., Guimarães, A. P. N., de Oliveira, H. N., Tavares, T. A., y dos Anjos, E. G. (2013). Systematic mapping of architectures for telemedicine systems. En B. Murgante y cols. (Eds.), *Computational science and its applications – iccsa 2013* (pp. 214–229). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Doan, A., Halevy, A., y Ives, Z. (2012). *Principles of data integration* (1st ed.). San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- E., G., Á., N., L., R., C., Z., y G., D. (2010). Sistema mayordomo : Uso de un entorno de inteligencia ambiental a través de un sistema de diálogo multimodal. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 309-310. Descargado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515751745047>
- Ebisu, T., y Ichise, R. (2018). Toruse: Knowledge graph embedding on a lie group. En *The thirty-second aaai conference on artificial intelligence (aaai-18)*. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/321095460\\_TorusE\\_Knowledge\\_Graph\\_EMBEDDING\\_on\\_a\\_Lie\\_Group](https://www.researchgate.net/publication/321095460_TorusE_Knowledge_Graph_EMBEDDING_on_a_Lie_Group)
- Ehrlinger, L., y WöB, W. (2016, 09). Towards a definition of knowledge graphs. En *Posters and demos track of 12th international conference on semantic systems* (Vol. 1695). Leipzig, Germany. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/323316736\\_Towards\\_a\\_Definition\\_of\\_Knowledge\\_Graphs](https://www.researchgate.net/publication/323316736_Towards_a_Definition_of_Knowledge_Graphs)
- Emmanuel-Abiodun, O. (2014). Investigating the applicability of adaptive comfort model in a naturally ventilated student housing in nigeria. *Global Journal of Human Social Science*, 14(4), 43-52. Descargado de [https://globaljournals.org/GJHSS\\_Volume14/4-Investigating-the-Applicability.pdf](https://globaljournals.org/GJHSS_Volume14/4-Investigating-the-Applicability.pdf)
- Ernst, P., Siu, A., y Weikum, G. (2015, 14 de 05). Knowlife: a versatile approach for constructing a large knowledge graph for biomedical sciences. *BMC Bioinformatics*,

## BIBLIOGRAFÍA

---

- 16(1), 157. Descargado de <https://doi.org/10.1186/s12859-015-0549-5> doi: 10.1186/s12859-015-0549-5
- Escandón, R., Ascione, F., Bianco, N., Mauro, G. M., Suárez, R., y Sendra, J. J. (2019). Thermal comfort prediction in a building category: Artificial neural network generation from calibrated models for a social housing stock in southern europe. *Applied Thermal Engineering*, 150, 492-505. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118360617> doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.01.013>
- Fathalla, S., Vahdati, S., Auer, S., y Lange, C. (2017). Towards a knowledge graph representing research findings by semantifying survey articles. *Lecture Notes in Computer Science*, 10450. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67008-9\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67008-9_25)
- Forgiarini-Rupp, R., Kim, J., De-Dear, R., y Ghisi, E. (2018). Associations of occupant demographics, thermal history and obesity variables with their thermal comfort in air-conditioned and mixed-mode ventilation office buildings. *Building and Environment*, 135, 1-9. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301215> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.049>
- Fuentes, R., y Aguado, D. (2016). *Inteligencia ambiental en el internet de las cosas*. Universidad Complutense de Madrid. Descargado de <https://eprints.ucm.es/38509/1/Memoria%20TFG.pdf>
- Gallego-Maya, I. (2017, Jul). *Análisis de la influencia de los modelos de confort adaptativo en los costos de ejecución para mejoramientos de la envolvente térmica de viviendas sociales en concepción, chile*. Universidad del Bío-Bío y Universidad de Sevilla. Descargado de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/65567/aopfgetsis128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gao, P. X., y Keshav, S. (2013). Optimal personal comfort management using spot+. En *Proceedings of the 5th acm workshop on embedded systems for energy-efficient buildings* (pp. 22:1–22:8). New York, NY, USA: ACM. Descargado de <http://doi.acm.org/10.1145/2528282.2528297> doi: 10.1145/2528282.2528297
- Garcia, I., Sebastia, L., y Onaindia, E. (2011). On the design of individual and group recommender systems for tourism. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7683

## BIBLIOGRAFÍA

---

- 7692. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741741001506X> doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.143>
- Ghaffarianhoseini, A., AlWaer, H., Omrany, H., Ghaffarianhoseini, A., Alalouch, C., Clements-Croome, D., y Tookey, J. (2018). Sick building syndrome: are we doing enough? *Architectural Science Review*, 61(3), 99-121. Descargado de <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1461060> doi: <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1461060>
- Gim, J., Lee, S., y Joo, W. (2018). A study of prescriptive analysis framework for human care services based on ckan cloud. *Journal of Sensors*, 2018, 10. (Art. ID 6167385) doi: <https://doi.org/10.1155/2018/6167385>
- Gomes, L., Ramos, C., Jozi, A., Serra, B., Paiva, L., y Vale, Z. (2019). Ioh: A platform for the intelligence of home with a context awareness and ambient intelligence approach. *Future Internet*, 11(3). Descargado de <http://www.mdpi.com/1999-5903/11/3/58> doi: 10.3390/fi11030058
- Gómez-Romero, J., Molina-Solana, M., Ros, M., Ruiz, M., y Martin-Bautista, M. (2018). Comfort as a service: A new paradigm for residential environmental quality control. *Sustainability*, 10(9). Descargado de <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3053> doi: 10.3390/su10093053
- González-Palacio, L. (2011, jul.). Método para generar casos de prueba funcional en el desarrollo de software. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15 Sup. 1), 29-36.
- Hedlefs Aguilar, M. I. (2017, dic.). Evaluación de usabilidad a través del seguidor ocular, eus y csuq en plataforma educativa / evaluation of usability with eye tracking, sus and csuq in educational platform. *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 6(12), 140 - 159. doi: 10.23913/reci.v6i12.71
- Heebøll, A., Wargocki, P., y Toftum, J. (2018). Window and door opening behavior, carbon dioxide concentration, temperature, and energy use during the heating season in classrooms with different ventilation retrofits-ashrae rp1624. *Science and Technology for the Built Environment*, 24(6), 626-637. Descargado de <https://doi.org/10.1080/23744731.2018.1432938> doi: 10.1080/23744731.2018.1432938

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Heidarieh-Sorosh, K. (2018). *Sistema de sensorización para el control de clima en cultivos* [Thesis]. Universidad de Valladolid, Escuela de Ingeniería Informática de Valladolid. Descargado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/33121>
- Hu, H., Huang, Y., Milenkovic, M., Miller, C., y Hanebutte, U. (2014, July). Personalized sensing towards building energy efficiency and thermal comfort. En *2014 international joint conference on neural networks (ijcnn)* (p. 1963-1969). doi: 10.1109/IJCNN.2014.6889970
- Iglesias Vázquez, F., y Kastner, W. (2012, 01). Thermal comfort support application for smart home control. En (Vol. 153, p. 109-118). doi: 10.1007/978-3-642-28783-1\_14
- Irizarry, J., Gheisari, M., Williams, G., y Roper, K. (2014, 02). Ambient intelligence environments for accessing building information: A healthcare facility management scenario. *Facilities*, 32. doi: 10.1108/F-05-2012-0034
- Jafari, M., Khajevandi, A., Karamali, F., y Zabeti, F. (2018, 01). Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in office workers of petroleum industry health organization. *International Archives of Health Sciences*, 5, 82. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/327439721\\_Indoor\\_carbon\\_dioxide\\_concentrations\\_and\\_sick\\_building\\_syndrome\\_symptoms\\_in\\_office\\_workers\\_of\\_petroleum\\_industry\\_health\\_organization](https://www.researchgate.net/publication/327439721_Indoor_carbon_dioxide_concentrations_and_sick_building_syndrome_symptoms_in_office_workers_of_petroleum_industry_health_organization) doi: 10.4103/iahs.iahs\_27\_18
- Jazizadeh, F., Ghahramani, A., Becerik-Gerber, B., Kichkaylo, T., y Orosz, M. (2013, 02). A human-building interaction framework for personalized thermal comfort driven systems in office buildings. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000300
- Jazizadeh, F., y Jung, W. (2018). Personalized thermal comfort inference using rgb video images for distributed hvac control. *Applied Energy*, 220, 829 - 841. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918301740> doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.049>
- Karahodza, B., Supic, H., y Donko, D. (2014, Oct). An approach to design of time-aware recommender system based on changes in group user's preferences.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- En *2014 x international symposium on telecommunications (bihtel)* (p. 1-4). doi: 10.1109/BIHTEL.2014.6987639
- Karmann, C., Schiavon, S., y Arens, E. (2018, 04). Percentage of commercial buildings showing at least 80comfort. En *Proceedings of 10th windsor conference*. Windsor, UK. Descargado de <https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt89m0z34x/qt89m0z34x.pdf?t=p9m07w>
- Kim, J., y De-Dear, R. (2018). Thermal comfort expectations and adaptive behavioural characteristics of primary and secondary school students. *Building and Environment*, 127, 13-22. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317304900> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.031>
- Kim, J., De-Dear, R., Tartarini, F., Parkinson, T., y Cooper, P. (2019). *Ventilation mode effect on thermal comfort in a mixed mode building*. Descargado de <https://www.iaqvec2019.org/wp-content/uploads/2019/09/Experienced-Researcher-Best-Paper-Award.pdf>
- Kim, J., Schiavon, S., y Brager, G. (2018, 01). Personal comfort models - a new paradigm in thermal comfort for occupant - centric environmental control. *Building and Environment*, 132, 114-124. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318300350>, [https://www.researchgate.net/publication/322460080\\_Personal\\_comfort\\_models\\_-\\_A\\_new\\_paradigm\\_in\\_thermal\\_comfort\\_for\\_occupant-centric\\_environmental\\_control](https://www.researchgate.net/publication/322460080_Personal_comfort_models_-_A_new_paradigm_in_thermal_comfort_for_occupant-centric_environmental_control) doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.023>
- Laftchiev, E., y Nikovski, D. (2016, Dec). An iot system to estimate personal thermal comfort. En *2016 ieee 3rd world forum on internet of things (wf-IoT)* (p. 672-677). doi: 10.1109/WF-IoT.2016.7845401
- Lam, A. H.-y., Yuan, Y., y Wang, D. (2014). An occupant-participatory approach for thermal comfort enhancement and energy conservation in buildings. En *Proceedings of the 5th international conference on future energy systems* (pp. 133–143). New York, NY, USA: ACM. Descargado de <http://doi.acm.org/10.1145/2602044.2602067> doi: 10.1145/2602044.2602067

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Lam, C. K. C. (2017, Mar). *Landscape variability of melbourne's botanic gardens and visitor thermal comfort*. figshare. Descargado de [https://monash.figshare.com/articles/Landscape\\_variability\\_of\\_Melbourne\\_s\\_botanic\\_gardens\\_and\\_visitor\\_thermal\\_comfort/4757113/1](https://monash.figshare.com/articles/Landscape_variability_of_Melbourne_s_botanic_gardens_and_visitor_thermal_comfort/4757113/1) doi: 10.4225/03/58c9e6a205326
- Le-Phuoc, D., y Hauswirth, M. (2009, 01). Linked open data in sensor data mashups. En *Web semantics: Science, services and agents on the world wide web* (Vol. 522).
- Le-Phuoc, D., Mau-Quoc, H., Ngo-Quoc, H., Tran-Nhat, T., y Hauswirth, M. (2016). The graph of things: A step towards the live knowledge graph of connected things. *Journal of Web Semantics*, 37-38, 25-35. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570826816000196> doi: <https://doi.org/10.1016/j.websem.2016.02.003>
- Liu, S., Schiavon, S., Das, H. P., Jin, M., y Spanos, C. J. (2019). Personal thermal comfort models with wearable sensors. *Building and Environment*, 162, 106281. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319304913> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106281>
- Lopez, L., Jassón, J., Prieto, F., y Rojas, C. (2017, 10). Modelo de confort térmico adaptativo en tuxtla gutiérrez. En *Semana nacional de energía solar 2017*.
- Lozano-Feliú, M. (2017). *Aplicación de la tecnología wi-fi en dispositivos iot* [Thesis]. Universidad Politécnica de Madrid. Descargado de <http://oa.upm.es/48740/>
- Lu, C.-Y., Tsai, M.-C., Muo, C.-H., Kuo, Y.-H., Sung, F.-C., y Wu, C. (2017, 12). Personal, psychosocial and environmental factors related to sick building syndrome in official employees of taiwan. En *International journal of environmental research and public health* (p. 7). Descargado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Personal%2C-Psychosocial-and-Environmental-Factors-to-Lu-Tsai/3e76dc405cc32a54e3f5ad495b67e7483006bb89> doi: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph15010007>
- Madrigal, J., Cabello, J., Sagastume, A., y Balbis, M. (2018, 08). Evaluación de la climatización en locales comerciales, integrando técnicas de termografía, simulación y modelado por elementos finitos. *Información tecnológica*, 29(4), 179-188. Descargado de <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci>

## BIBLIOGRAFÍA

---

- \_arttext&pid=S0718-07642018000400179&nrm=iso      doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400179>
- Malla Sánchez, J., Ordoñez-Ordoñez, P., y Torres-Carrión, H. (2016, 05). Publicación de datos enlazados para el ámbito de los trabajos de titulación universitarios.. doi: 10.17993/1Abstracts1CongresoTIC
- Marinakis, V., y Doukas, H. (2018). An advanced iot-based system for intelligent energy management in buildings. *Sensors*, 18(2). Descargado de <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/610> doi: 10.3390/s18020610
- Marriaga-Barroso, A. (2018). *Sistema de monitoreo para equipos de refrigeración orientado a internet de las cosas* [Thesis]. Universidad de la Costa, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica. Descargado de <http://hdl.handle.net/11323/2267>
- Martinez, D., Teixido, M., Font, D., Javier Moreno, J., Tresanchez, M., Marco, S., y Palacín, J. (2014, 04). Ambient intelligence application based on environmental measurements performed with an assistant mobile robot. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 14, 6045-6055. doi: 10.3390/s140406045
- Masthoff, J. (2005). The pursuit of satisfaction: Affective state in group recommender systems. En L. Ardissono, P. Brna, y A. Mitrovic (Eds.), *User modeling 2005* (pp. 297–306). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Masthoff, J. (2015). Group recommender systems: Aggregation, satisfaction and group attributes. En F. Ricci, L. Rokach, y B. Shapira (Eds.), *Recommender systems handbook* (p. 743-776). Boston, MA: Springer US. Descargado de [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7637-6_22) doi: 10.1007/978-1-4899-7637-6\_22
- Merabet, G. H., Essaaidi, M., Benhaddou, D., Khalil, N., y Chilela, J. (2018). Measuring human comfort for smart building application: Experimental set-up using wsn. En *Proceedings of the 2nd international conference on smart digital environment* (pp. 56–63). New York, NY, USA: ACM. Descargado de <http://doi.acm.org/10.1145/3289100.3289110> doi: 10.1145/3289100.3289110
- Miraoui, M. (2018, 06). A context-aware smart office for improved comfort and energy saving. En *Intelligence and smart environments* (Vol. 23, p. 455-465). IOS

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Press. Descargado de <http://ebooks-iospress.nl/volumearticle/49396> doi: 10.3233/978-1-61499-874-7-455
- Mohamed-Rawi, M. (2013). *Sensor network embedded intelligence: Human comfort ambient intelligence* (PhD Doctor of Philosophy). School of Engineering Auckland, New Zealand.
- N., M. G. (2011). Inteligencia ambiental: entornos inteligentes ante el desafío de los procesos inferenciales. *Eidos: Revista de Filosofía de la Universidad del Norte*, 184-205. Descargado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85420750009>
- Nikolopoulou, M., Baker, N., y Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy*, 70(3), 227 - 235. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X00000931> (Urban Environment) doi: [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00093-1)
- Nkurikiyeyezu, K., y Lopez, G. (2018). Toward a real-time and physiologically controlled thermal comfort provision in office buildings. En *Ambient intelligence and smart environments* (Vol. 23, p. 168-177). IOS Press. Descargado de <http://ebooks-iospress.nl/volumearticle/49360> doi: 10.3233/978-1-61499-874-7-168
- Nolich, M., Spoladore, D., Carciotti, S., Buqi, R., y Sacco, M. (2019). Cabin as a home: A novel comfort optimization framework for iot equipped smart environments and applications on cruise ships. *Sensors*, 19(5). Descargado de <http://www.mdpi.com/1424-8220/19/5/1060> doi: 10.3390/s19051060
- Nweke, H. F., Teh, Y. W., Mujtaba, G., y Al-garadi, M. A. (2019). Data fusion and multiple classifier systems for human activity detection and health monitoring: Review and open research directions. *Information Fusion*, 46, 147-170. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253518304135> doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.06.002>
- Ortiz-Cabañas, S. (2014). *Integración de ssn con una ontología de servicios* [Thesis]. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación. Descargado de <http://hdl.handle.net/11323/2267>

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Pancardo-García, P. (2016). *Personalización basada en sensores para la estimación del estrés por calor en ambientes laborales* (PhD Doctor en ciencias de la computación). Universida Autónoma de Aguascalientes, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Veracruzana.
- Parkinson, T., Parkinson, A., y De-Dear, R. (2019). Continuous ieq monitoring system: Performance specifications and thermal comfort classification. *Building and Environment*, 149, 241-252. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318307522> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.016>
- Patel, H., Paraskevopoulos, P., y Renz, M. (2018, 08). Geotegra: A system for the creation of knowledge graph based on social network data with geographical and temporal information. En *2018 ieee/acm international conference on advances in social networks analysis and mining (asonam)* (p. 617-620). doi: 10.1109/ASONAM.2018.8508674
- Paulheim, H. (2016, 12). Knowledge graph refinement: A survey of approaches and evaluation methods. *Semantic Web*, 8, 489-508. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/311479070\\_Knowledge\\_graph\\_refinement\\_A\\_survey\\_of\\_approaches\\_and\\_evaluation\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/311479070_Knowledge_graph_refinement_A_survey_of_approaches_and_evaluation_methods) doi: 10.3233/SW-160218
- Peng, Y., Nagy, Z., y Schlueter, A. (2019). Temperature-preference learning with neural networks for occupant-centric building indoor climate controls. *Building and Environment*. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319300460> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.036>
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., y Mattsson, M. (2008, 06). Systematic mapping studies in software engineering. *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 17.
- Ploennigs, J., Clement, J., Wollschlaeger, B., y Kabitzsch, K. (2016, June). Semantic models for physical processes in cps at the example of occupant thermal comfort. En *2016 ieee 25th international symposium on industrial electronics (isie)* (p. 1061-1066). doi: 10.1109/ISIE.2016.7745039

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Pulido, J., Contreras-Castillo, J., Gallardo, A., Andrade-Arechiga, M., Gilberto, L., y López-Morteo, G. (2009). *Tópicos selectos de tecnologías de información con aplicaciones prácticas*. Universidad de Colima. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/235354675\\_Topicos\\_selectos\\_de\\_tecnologias\\_de\\_informacion\\_con\\_aplicaciones\\_practicas](https://www.researchgate.net/publication/235354675_Topicos_selectos_de_tecnologias_de_informacion_con_aplicaciones_practicas)
- Quinde, M., Khan, N., Augusto, J., Van-Wyk, A., y Stewart, J. (2018). Context-aware solutions for asthma condition management: a survey. *Universal Access in the Information Society*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0641-5>
- Raish, J. (2018). *Thermal comfort: Designing for people*. University of Texas. Descargado de <https://docplayer.net/39315867-Thermal-comfort-designing-for-people.html>
- Ramanujam, S., Gupta, A., Khan, L., Seida, S., y Thuraisingham, B. (2009). A relational wrapper for rdf reification. En E. Ferrari, N. Li, E. Bertino, y Y. Karabulut (Eds.), *Trust management iii* (pp. 196–214). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ramli, N., Rawi, M., Hijazi, A., y Mohammed, A. (2018, 1 de 01). Investigating thermal comfort for the classroom environment using iot. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 9(1), 157-163. doi: [10.11591/ijeecs.v9.i1.pp157-163](https://doi.org/10.11591/ijeecs.v9.i1.pp157-163)
- Ricciardi, P., Ziletti, A., y Buratti, C. (2016). Evaluation of thermal comfort in an historical italian opera theatre by the calculation of the neutral comfort temperature. *Building and Environment*, 102, 116 - 127. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316300889> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.011>
- Rosillo-Peña, M., y Herrera-Cáceres, C. (2019). Confort y eficiencia energética en el diseño de edificaciones. un enfoque práctico. En *Confort y eficiencia energética en el diseño de edificaciones. un enfoque práctico* (Vol. 1, p. 12-196). Universidad del Valle, Porgrama Editorial. Descargado de <http://revistas.univalle.edu.co/omp/index.php/programaeditorial/catalog/book/163>

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Roux-Gutiérrez, R., y García-Izaguirre, V. (2014). Confort térmico versus consumo energético en viviendas de interés social en clima cálido húmedo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 0(16), 123-140. Descargado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947304009>
- Ruiz-Ariza, J. (2019). *Sistema de control y monitoreo de consumo energético para equipos de climatización orientado a internet de las cosas (iot)* [Thesis]. Universidad de la Costa, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica. Descargado de <http://hdl.handle.net/11323/3285>
- Salamone, F., Belussi, L., Curró, C., Danza, L., Ghellere, M., Guazzi, G., ... Meroni, I. (2018). Integrated method for personal thermal comfort assessment and optimization through usersfeedback, iot and machine learning: A case study +. *Sensors*, 18(5). Descargado de <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/5/1602> doi: 10.3390/s18051602
- Shaabana, A., Zheng, R., y Xu, Z. (2015, Dec). Sicilia: A smart sensor system for clothing insulation inference. En *2015 ieee global communications conference (gloecom)* (p. 1-6). doi: 10.1109/GLOCOM.2015.7417054
- Shao, L., Duan, Y., Sun, X., Gao, H., Zhu, D., y Miao, W. (2017). Answering who/when, what, how, why through constructing data graph, information graph, knowledge graph and wisdom graph. En *Seke*.
- Shao, L., Duan, Y., Sun, X., Zou, Q., Jing, R., y Lin, J. (2017, 06). Bidirectional value driven design between economical planning and technical implementation based on data graph, information graph and knowledge graph. En *2017 ieee 15th international conference on software engineering research, management and applications (sera)* (p. 339-344). doi: 10.1109/SERA.2017.7965749
- Sharif, M., y Alesheikh, A. (2018, 01). Context-aware movement analytics: Implications, taxonomy, and design framework. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8, 1-19. Descargado de [https://www.researchgate.net/publication/320711765\\_Context-Aware\\_Movement\\_Analytics\\_Implications\\_Taxonomy\\_and\\_Design\\_Framework](https://www.researchgate.net/publication/320711765_Context-Aware_Movement_Analytics_Implications_Taxonomy_and_Design_Framework) doi: 10.1002/widm.1233

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Shi, L., Li, S., Yang, X., Qi, J., Pan, G., y Zhou, B. (2017, 01). Semantic health knowledge graph: Semantic integration of heterogeneous medical knowledge and services. *BioMed Research International*, 2017, 1-12. doi: 10.1155/2017/2858423
- Solano-García, L. (2015, Nov). *Definición de una ontología integrada de procesos y recursos, para el desarrollo colaborativo de planes de proceso* [Thesis]. Universitat Politècnica de Valéncia. Descargado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58266/Solano%20-%20Definici%C3%B3n%20de%20una%20ontolog%C3%A9tica%20integrada%20de%20procesos%20y%20recursos%2C%20para%20el%20desarrollo%20colabor...pdf?sequence=1>
- Soto-Estrada, E., Alvarez-Carrascal, M. F., Gomez-Lizarazo, J., y Valencia-Montoya, D. (2019, dic.). Confort térmico en viviendas de medellín. *REVISTA INGENIERÍAS UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN*, 18(35), 51-68. Descargado de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/2456> doi: 10.22395/rium.v18n35a4
- Spoladore, D., Arlati, S., Carciotti, S., Nolich, M., y Sacco, M. (2018). Roomfort: An ontology-based comfort management application for hotels. *Electronics*, 7(12). Descargado de <http://www.mdpi.com/2079-9292/7/12/345> doi: 10.3390/electronics7120345
- Tapia Martínez, D. (2009). *Arquitectura multiagente para entornos de inteligencia ambiental* (PhD Doctor, Universidad de Salamanca, España). Descargado de <http://hdl.handle.net/10366/76358>
- Tartarini, F., Cooper, P., y Fleming, R. (2018). Thermal perceptions, preferences and adaptive behaviours of occupants of nursing homes. *Building and Environment*, 132, 57-69. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318300246> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.018>
- THIBAUD, C. (2006). *Mysql 5 instalación implementación administración programación*. P. Ferrocarriles Catalanes, 97-117, 2do pl de 1808940: ENI. Descargado de <https://www.casadellibro.com/libro-my-sql-5-instalacion-implementacion-administracion-programacion-recursos-informaticos/9782746030695/1090423>

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Udayraj, Li, Z., Ke, Y., Wang, F., y Yang, B. (2018). A study of thermal comfort enhancement using three energy-efficient personalized heating strategies at two low indoor temperatures. *Building and Environment*, 143, 1 - 14. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318303925> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.049>
- W3C. (2014). *Resource description framework (rdf)*. <https://www.w3.org/RDF/>. Semantic Web Standards. Descargado de <https://www.w3.org/RDF/>
- Wang, C., Gao, M., He, X., y Zhang, R. (2015, April). Challenges in chinese knowledge graph construction. En *2015 31st ieee international conference on data engineering workshops* (p. 59-61). doi: 10.1109/ICDEW.2015.7129545
- Wang, X., Ma, C., Liu, P., Pan, B., y Kang, Z. (2018, 05). A potential solution for intelligent energy management - knowledge graph. En *2018 ieee international conference on energy internet (icei)* (p. 281-286). doi: 10.1109/ICEI.2018.00058
- Wang, Z., de Dear, R., Luo, M., Lin, B., He, Y., Ghahramani, A., y Zhu, Y. (2018). Individual difference in thermal comfort: A literature review. *Building and Environment*, 138, 181 - 193. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318302518> doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.040>
- Wilson, N. (2015, Nov). Approaches and properties for aggregating occupant preferences. En *2015 ieee 27th international conference on tools with artificial intelligence (ictai)* (p. 558-565). doi: 10.1109/ICTAI.2015.87
- Yau, Y., y Chew, B. (2016). A review on predicted mean vote and adaptive thermal comfort models. *Journal of Building Services Engineering Research & Technology*, 35(1), 23-35. Descargado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1018.9030&rep=rep1&type=pdf> doi: 10.1177/0143624412465200
- Yin, H., Wang, Q., Zheng, K., Li, Z., Yang, J., y Zhou, X. (2019, April). Social influence-based group representation learning for group recommendation. En *2019 ieee 35th international conference on data engineering (icde)* (p. 566-577). doi: 10.1109/ICDE.2019.00057

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Younis, O., Al-Nuaimy, W., Rowe, F., y Alomari, M. H. (2019). A smart context-aware hazard attention system to help people with peripheral vision loss. *Sensors*, 19(7). Descargado de <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/7/1630> doi: 10.3390/s19071630
- Yu, T., Li, J., Yu, Q., Tian, Y., Shun, X., Xu, L., ... Gao, H. (2017, 04). Knowledge graph for tcm health preservation: Design, construction, and applications. *Artificial Intelligence in Medicine*, 77, 48-52. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365717301355> doi: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2017.04.001>
- Zhao, Qian, Li, Qing, y Wen, Jingqian. (2018). Construction and application research of knowledge graph in aviation risk field. *MATEC Web Conf.*, 151, 05003. Descargado de <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815105003> doi: 10.1051/matecconf/201815105003
- Zhu, Y., Zhou, W., Xu, Y., Li, J., y Tan, Y. (2017). Intelligent learning for knowledge graph towards geological data. *Scientific Programming*, 2017, 13. (Art. ID 5072427) doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5072427>