



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DEL SISTEMA DE  
CLIMATIZACIÓN AUTOMOTRIZ EN EL CONFORT DEL  
OPERARIO DENTRO DEL HABITÁCULO DE UNA  
EXCAVADORA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**MORENO GUEVARA CARLOS EMANUEL**

**ROJAS SÁNCHEZ BRYAN JOEL**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DEL SISTEMA DE  
CLIMATIZACIÓN AUTOMOTRIZ EN EL CONFORT DEL  
OPERARIO DENTRO DEL HABITÁCULO DE UNA  
EXCAVADORA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** MORENO GUEVARA CARLOS EMANUEL

ROJAS SÁNCHEZ BRYAN JOEL

**DIRECTOR:** Ing. PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Carlos Emanuel Moreno Guevara & Bryan Joel Rojas Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, CARLOS EMANUEL MORENO GUEVARA y BRYAN JOEL ROJAS SÁNCHEZ, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de julio del 2022



**Carlos Emanuel Moreno Guevara**  
**060425668-5**



**Bryan Joel Rojas Sánchez**  
**070614800-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Trabajo de Investigación, **ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN AUTOMOTRIZ EN EL CONFORT DEL OPERARIO DENTRO DEL HABITÁCULO DE UNA EXCAVADORA**, realizado por los señores **CARLOS EMANUEL MORENO GUEVARA** y **BRYAN JOEL ROJAS SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Elvis Enrique Argüello MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-11
Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-07-11
Ing. Javier José Gavilanes Carrión MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-11

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y la obtención del título a mi madre, a mi padre y a toda mi familia, los cuales han sido un pilar esencial durante este proceso académico para obtener un logro más en mi vida.

***Bryan***

Este trabajo de titulación lo dedico a mis padres, Carlos Moreno y Gladiz Guevara, a mis hermanos quienes fueron un apoyo importante durante mi formación académica.

***Carlos***

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría para poder enfrentar el día a día que se me ha presentado, de igual manera un agradecimiento total e infinito a mis padres, mi familia por nunca darme las espaldas y estar siempre ahí en cada cosa que he pasado durante este proceso universitario. El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser un politécnico, de la misma manera a la carrera de ingeniería automotriz por abrirme las puertas, sin dejar atrás a todo el personal que rige esta prestigiosa escuela como lo son los profesores, decano, los señores de limpieza, y de más personal que hacen de ella una excelente escuela. Agradezco a Dios por brindarme salud y vida para poder hacer posible este logro, de mismo modo a mis hermanos y hermanas, que con su apoyo y consejos hicieron posible que en cualquier tropiezo me levante y pueda salir adelante y alcanzar este objetivo.

*Carlos y Bryan*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	XIII
SUMMARY.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1.	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	3
1.1.	<b>Antecedentes.....</b>	3
1.2.	<b>Planteamiento del Problema.....</b>	3
1.3.	<b>Justificación.....</b>	4
1.3.1	<i>Justificación teórica.....</i>	4
1.3.2	<i>Justificación metodológica.....</i>	4
1.3.3	<i>Justificación práctica.....</i>	6
1.4.	<b>Objetivos.....</b>	6
1.4.1	<i>Objetivo general.....</i>	6
1.4.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	6
1.5.	<b>Hipótesis.....</b>	6
1.6.	<b>Resumen de la propuesta del trabajo de investigación.....</b>	7
1.7.	<b>Confort dentro del Habitáculo.....</b>	8
1.8.	<b>Sistema de climatización automotriz.....</b>	8
1.8.1.	<i>Funcionamiento básico.....</i>	10
1.9.	<b>Ventilación del compartimiento de los pasajeros.....</b>	11
1.10.	<b>Confort térmico.....</b>	11
1.11.	<b>Ventilación del compartimiento de los pasajeros.....</b>	12
1.12.	<b>Confort térmico en el entorno laboral.....</b>	13
1.12.1.	<i>Ergonomía.....</i>	13
1.12.2.	<i>Factor Hombre.....</i>	14
1.12.3.	<i>Factor máquina.....</i>	15
1.12.3.1.	<i>Maquinaria pesada.....</i>	15



1.12.3.2.	<i>Excavadora</i> .....	16
1.12.4.	<i>Factor entorno</i> .....	16

## CAPÍTULO II

2.	<b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	211
2.1.	<b>Método deductivo</b> .....	21
2.2.	<b>Método científico</b> .....	21
2.2.1.	<i>Método empírico de medición</i> .....	21
2.3.	<b>Metodología de investigación</b> .....	22
2.3.1.	<i>Metodología Cuantitativa</i> .....	22
2.4.	<b>Diagrama de actividades propuestas en el método de investigación.</b> .....	23
2.5.	<b>Método de Fanger</b> .....	24
2.6.	<b>Limitaciones</b> .....	24
2.7.	<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b> .....	24
2.7.1.	<i>Temperatura del aire</i> .....	26
2.7.2.	<i>Humedad relativa del aire</i> .....	26
2.7.3.	<i>Movimiento del aire</i> .....	26
2.7.4.	<i>Temperatura media Radiante</i> .....	26
2.7.5.	<i>Factor Personal</i> .....	27
2.7.6.	<i>Vestimenta de la persona</i> .....	27
2.8.	<b>Equipos de Medición</b> .....	27
2.9.	<b>Certificaciones de calibración</b> .....	30
2.10.	<b>Mediciones</b> .....	32
2.10.1.	<i>Selección del lugar y maquinaria</i> .....	32
2.10.1.1.	<i>Lugar</i> .....	32
2.11.	<b>Condiciones de recolección de datos</b> .....	34
2.11.1.	<i>Condiciones ambientales</i> .....	34
2.11.2.	<i>Condiciones de medición</i> .....	34
2.12.	<b>Criterios de selección de los puntos de medida</b> .....	34
2.13.	<b>Obtención e interpretación de resultados</b> .....	34
2.14.	<b>Método de cálculo de resultados mediante el software</b> .....	36

## CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	44
----	---	----

<b>3.1.</b>	<b>Resultados del operador 1 .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.</b>	<b>Resultados del operador 2.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.</b>	<b>Resultados del operador 3.....</b>	<b>48</b>
<b>3.4.</b>	<b>Resultados del operador 4.....</b>	<b>49</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>556</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Valores del aislamiento de la ropa en clo. ....	25
<b>Tabla 2-2:</b>	Tasas metabólicas medias según actividad desarrollada. ....	25
<b>Tabla 3-2:</b>	Especificaciones y características técnicas del instrumento de medida. ....	27
<b>Tabla 4-2:</b>	Especificaciones y características técnicas del instrumento de medida. ....	29
<b>Tabla 5-2:</b>	Información de maquinaria utilizada para la recolección de datos.....	33
<b>Tabla 6-2:</b>	Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 1. ....	40
<b>Tabla 7-2:</b>	Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 2.....	40
<b>Tabla 8-2:</b>	Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 3.....	42
<b>Tabla 9-2:</b>	Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 4. ....	42
<b>Tabla 1-3:</b>	Criterios de valorización del voto medio estimado. ....	44
<b>Tabla 2-3:</b>	Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) del operador 1. ....	45
<b>Tabla 3-3:</b>	Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) del operador 2 .....	46
<b>Tabla 4-3:</b>	Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) operador 3. ....	47
<b>Tabla 7-3:</b>	Resultados del PPD del operador 2.....	50
<b>Tabla 8-3:</b>	Resultados del PPD del operador 3.....	51
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados del PPD del operador 4.....	52
<b>Tabla 10-3:</b>	Resultados PPD generales .....	53
<b>Tabla 11-3:</b>	Valores para el análisis estadístico.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Funcionamiento básico del sistema de climatización automotriz.....	9
<b>Figura 2-1:</b>	Circuito del aire acondicionado .....	9
<b>Figura 3-1:</b>	Panel de control.....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Diagrama eléctrico del sistema de aire acondicionado. ....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Trinomio hombre-máquina-entorno.....	13
<b>Figura 6-1:</b>	Sistema hombre-máquina-ambiente.....	14
<b>Figura 7-1:</b>	Estrés térmico.....	17
<b>Figura 8-1:</b>	Esquema de maniquí en cabina del vehículo para pruebas de confort.....	18
<b>Figura 9-1:</b>	Variación de temperatura en función del cuerpo con diferentes niveles de HR. .	20
<b>Figura 1-2:</b>	Instrumentos a utilizar en la recolección de datos. ....	29
<b>Figura 3-2:</b>	Certificado de calibración del instrumento para medir el estrés térmico.....	31
<b>Figura 4-2:</b>	Ubicación geográfica del sitio a llevar a cabo el estudio.....	32
<b>Figura 5-2:</b>	Zona de trabajo de obrador CVA, sector Piedra Fina, San Luis.....	32
<b>Figura 6-2:</b>	Ventana de ingreso de datos iniciales del software.....	36
<b>Figura 7-2:</b>	Datos a ingresar para el cálculo de clo. ....	37
<b>Figura 8-2:</b>	Operador 1 y obtención de datos durante su trabajo .....	40
<b>Figura 9-2:</b>	Operador 2 y obtención de datos durante su trabajo.....	41
<b>Figura 10-2:</b>	Operador 3 y obtención de datos durante su trabajo.....	42
<b>Figura 11-2:</b>	Operador 4 y obtención de datos durante su trabajo.....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Resumen de la propuesta de investigación.....	7
<b>Gráfico 1-2:</b>	Diagrama de actividades propuestas en el método de investigación.....	23
<b>Gráfico 1-3:</b>	Voto medio estimado del operador 1. ....	45
<b>Gráfico 2-3:</b>	Voto medio estimado del operador 2. ....	46
<b>Gráfico 3-3:</b>	Voto medio estimado del operador 3. ....	47
<b>Gráfico 4-3:</b>	Voto medio estimado del operador 4. ....	48
<b>Gráfico 5-3:</b>	Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 1. ....	49
<b>Gráfico 6-3:</b>	Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 2. ....	50
<b>Gráfico 7-3:</b>	Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 4. ....	52
<b>Gráfico 8-3:</b>	Diagrama de cajas y bigotes del estudio para el PPD.....	54

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DIÁLOGO CON OPERADOR DE MAQUINARIA ANTES DE REALIZAR LAS MEDICIONES

**ANEXO B:** TRABAJO DE OPERADOR Y MAQUINARIA EN EL SECTOR

**ANEXO C:** SELECCIÓN DE LA MAQUINARIA QUE VA A LABORAR

**ANEXO D:** INGRESO A LA CABINA PARA TOMA DE MEDICIONES

**ANEXO E:** TRABAJOS DE LA MAQUINARIA EN EL LUGAR

## RESUMEN

El trabajo de investigación realizado tiene por objetivo demostrar cómo el sistema de climatización automotriz incide en el confort del operador que se encuentra laborando dentro de la cabina de la excavadora, se consideró un sector en donde el clima es caluroso, por lo que el estudio fue aplicado en el sector de Piedra fina, ubicada a 45 minutos del cantón el Chaco perteneciente a la provincia de Napo, mediante la empresa CVA (Constructora Villacreces Andrade) se pudo hacer uso de su maquinaria y operadores para la realización del estudio. Se aplicó el método de Fanger, para evaluar el confort térmico en campos laborales, teniendo presente el nivel de actividad, características de indumentaria, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media, y velocidad del aire, basados en el voto medio estimado y el porcentaje de personas insatisfechas, para poder determinar la sensación térmica que presenta una persona en su entorno laboral. Los resultados mostraron un valor de mediana del 14,33% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que permitió entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 85,67%, un valor del 29,54% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C, lo que determinó un 70,46% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición. Se concluye que, el accionamiento del sistema de climatización automotriz dentro de la cabina de las maquinarias utilizadas propone una solución para los operadores, es así que en el estudio realizado se verificó los niveles de confort térmico dentro del ambiente cerrado, durante su jornada de trabajo. Se recomienda continuar con estudios y evaluaciones sobre el confort no solo de operadores de maquinaria pesada, sino de todos los choferes profesionales y flotas de maquinaria en empresas.

**Palabras clave:** <SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN> <MÉTODO DE FANGER> <CONFORT TÉRMICO> <ENTORNO LABORAL> <EXCAVADORA> <VOTO MEDIO ESTIMADO>.

1672-DBRA-UTP-2022



## SUMMARY

The target of this research was to demonstrate how the automotive air conditioning system affects the comfort of the operator working inside the excavator cabin. It was considered a sector where the climate is hot, so the study was applied in the Piedrafina sector, located 45 minutes from the Chaco Canton belonging to the province of Napo. Through the company, CVA (Constructora Villacreces Andrade) was possible to use its machinery and operators to carry out the study. The Fanger method was applied to evaluate thermal comfort in work fields. The level of activity, clothing characteristics, dry temperature, relative humidity, mean radiant temperature, and air speed, based on the estimated mean vote and the percentage of dissatisfied people, were taken into account to determine the thermal sensation that a person presents in their work environment. Results showed a median value of 14.33% as a percentage of operators dissatisfied in the A/C condition, which allowed us to understand that the satisfaction of the operators when working with A/C is 85.67%, a value of 29.54% of dissatisfied operators under the condition of without A/C. It determined 70.46% dissatisfaction of the operators when working in this condition. It is concluded that the activation of the automotive air conditioning system inside the cabin of the machinery used proposes a solution for the operators, so in the study carried out, the thermal comfort levels were verified within the closed environment during their workday. It is recommended to continue with studies and evaluations on the comfort not only of heavy machinery operators but of all professional drivers and fleets of machinery in companies.

**Keywords:** <AIR CONDITIONING SYSTEM> <FANGER METHOD> <THERMAL COMFORT> <WORK ENVIRONMENT> <EXCAVATOR> <ESTIMATE AVERAGE VOTE>.



Lcda. Sandra Leticia Guijarro P. Mgs  
C.I.: 0603366113



## INTRODUCCIÓN

Los trabajos de maquinaria pesada son procesos de lenta ejecución, bajo condiciones climáticas de mucho calor, por ende la idea de bajar los vidrios para obtener una brisa refrescante del ambiente es una de las mayores acciones que se realizan pero no es una opción aceptable, muchos de los trabajos de maquinaria pesada se hacen en ambientes contaminados por polvos y otras circunstancias como es en el caso de los trabajos en las minas, al encontrarse bajo una condición de calor en el ambiente y un aire contaminado, el operador se ve obligado a mantener totalmente cerrada la cabina de su maquinaria, bajo todas estas condiciones se genera un ambiente térmico inadecuado (Zona Zero Chile, 2015). Un trabajador está expuesto a distintos casos de riesgos, pero en este caso la situación ambiental lo expone a riesgos físicos que están relacionados con las condiciones climáticas (FPRL, 2016).

Bajo toda esta situación en la que se encuentra trae consigo varios efectos negativos como los son la reducción del rendimiento mental y físico, que a su vez va a generar una baja en la productividad del operador como también el indicio de distracciones y que por ende las mismas pueden causar algún accidente dentro del campo laboral (Iberley, 2021). Una de las acciones que toma el operador bajo estas circunstancias es hidratarse, pero cabe recalcar que no es un método completo ante una situación de este tipo (Zona Zero Chile, 2015).

El cuerpo humano es un organismo el cual tiene una temperatura promedio que le permite trabajar de manera correcta, por este motivo internamente el cuerpo debe estar aproximadamente por los 37 °C, sin importar las condiciones externas en las que se encuentre el mismo, en el punto que el individuo logra mantener esta temperatura sin la realización de algún actividad fisiológica, se dice que el ser humano ha encontrado su zona de confort térmico (Ordoñez García, 2021). Pero en el caso contrario cuando el ser humano presenta insatisfacción bajo ciertas condiciones ambientales ya sea frío o calor y el aparato somático termorregulador por sí solo no puede mantener el equilibrio térmico es cuando ha llegado al punto de desconfort térmico (Ávila Roque et al., 2013).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), hace referencia al confort térmico como un factor clave dentro del ámbito laboral, ya que le brinda al trabajador comodidad, salud y bienestar, cualidades necesarias para crear un espacio rentable para el desarrollo de sus actividades, por otro lado está la falta de confort térmico la misma que desencadena ciertas condiciones desfavorables para el trabajador como la pérdida de fuerza, desconcentración, fatiga, cansancio, problemas en el aparato respiratorio entre otros casos negativos (Parra, 2003).

El aire acondicionado automotriz es considerado un sistema que influye en la seguridad y confort del operario que labora en las excavadoras, el mismo que está expuesto a diferentes condiciones climatológicas y de condiciones laborales en diferentes terrenos donde el uso del mismo es de mucha importancia porque al tratarse de un lugar cerrado y al tomar en cuenta las

horas de trabajo que el operario se encuentra dentro pueden influir a molestias, por eso es que los fabricantes han visto necesario implementar éste sistema como finalidad para mejorar las condiciones de confort al operario.

Por lo antes mencionado se considera importante el estudio del confort del operador en situaciones que está expuesto en el día a día en su ámbito laboral, la recolección de datos servirá para dar una respuesta a cómo contribuye el sistema de climatización automotriz a la salud del trabajador, y a su condición térmica estable o confort térmico.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

En el desarrollo de la prueba automovilística del Rally de Montecarlo en los años 20, uno de sus participantes ante la situación de padecer de frío en el transcurso de la misma, decidió hacer un agujero en el salpicadero de su auto para poder recibir un poco de calor que irradiaba el motor; se puede decir que esta es la acción que da inicio a una rudimentaria idea del sistema de climatización y posteriormente a su nacimiento (AUTOTEST, 2020).

Los avances y evolución del sistema de climatización automotriz, C&C Kelvinator en la década de los treinta marca la historia como la primera firma en incorporar un básico sistema de aire acondicionado en un Cadillac; para que dos años más tarde el Laboratorio de Estudios y Desarrollo de General Motors se habrá paso y revolucione el modelo anterior con el uso del refrigerante R-12; seguidamente en el año de 1939 la marca estadounidense Packard lanza un sistema de aire acondicionado al cual se le conoce por tener más similitud con los equipos actuales ya presentaba un evaporador el cual se distribuía para toda la cabina del vehículo, a partir de estas bases de ingenio y evolución, el mundo de la climatización automotriz se enfocó en mejorar los sistemas(AUTOTEST, 2020).

El sistema de climatización automotriz no fue considerado algo importante desde hace décadas, se tenía una falsa idea que iba a ser un accesorio que solo las personas que poseían autos nuevos lo podían tener, con el aumento del mercado automotriz en los años 70 y 80 y la gran demanda en unidades automotrices para transporte, y considerando que las personas comenzaban a trasladarse a lugares donde las condiciones ambientales eran calurosas, lo vieron una necesidad poseer éste sistema dentro del habitáculo para mejorar el confort al momento de su uso (Tixce, 2017).

#### 1.2. Planteamiento del Problema

El uso del sistema de climatización automotriz incidirá en el confort del operario en el habitáculo de una excavadora.

La medición del estrés térmico es el pilar fundamental que permite evaluar el ambiente térmico laboral, aunque no dictamina de manera precisa las circunstancias en las cuales se encuentra trabajando un individuo si son o no un peligro para la salud. Con esto se puede entender que el análisis del estrés térmico no es suficiente para poder evaluar de manera precisa la respuesta

fisiológica que tendrá un trabajador, ya que el sobrecargo térmico también se asocia a otros factores personales de cada individuo.

El acondicionamiento climático se centra en ajustar de manera gradual el cuerpo a las condiciones de calor en las que se va a desenvolver su actividad para tolerar de mejor manera sus efectos. Dicho procedimiento favorece a los mecanismos de termorregulación fisiológica al aumentar la producción del sudor y la vasodilatación periférica, lo que evita que el ritmo cardíaco y la temperatura del cuerpo llega a niveles altos, se admitirán mejor los efectos del calor y se disminuye la presencia de una sobrecarga térmica.

La actividad física es mayor o si las circunstancias ambientales cambian, ya sea por el aumento de la temperatura o la humedad, la climatización en los obreros se perderá y será necesario otro periodo de adaptación a las nuevas circunstancias. De manera general, se puede concluir que un trabajador aclimatado puede desarrollar sus actividades en condiciones más calurosas y durante más tiempo que un trabajador que no haya pasado por ese periodo de aclimatación (FPRL, 2016).

### **1.3. Justificación**

#### ***1.3.1 Justificación teórica***

El trabajo de titulación presentado es basado en conocimientos adquiridos durante la formación académica de la carrera de ingeniería automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se trata del estudio del sistema de climatización automotriz, el motivo es dar a conocer su importancia mediante un estudio investigativo, cómo puede involucrar este sistema a mejorar la condición de confort en el operario de la excavadora en condiciones de trabajo dentro de la cabina o habitáculo que ocupa para realizar diversas actividades.

#### ***1.3.2 Justificación metodológica***

El trabajo de titulación va a comenzar con recopilar datos acerca de las variables que son objeto de estudio para determinar el grado de estrés térmico del operador de la maquinaria, se utilizará el método de Fanger para el análisis para medir los parámetros necesitados según el nivel de actividad, las características de la ropa, la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media, y la velocidad del aire, basándose además en la normativa ISO 7730, la cual hace mención a la ergonomía del ambiente térmico.

La recopilación de la información relevante nuestro tema en los métodos que se puede utilizar para nuestro estudio relacionado con la manera de elaborar la evaluación del confort térmico y el estrés térmico, se encontraron los siguientes métodos:

- Método de Fanger (Castejón, 1983).
- Método del índice de sobrecarga calórica (ISC) (INSHT, 2005).
- Método del índice de temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1991).
- Método del índice del aislamiento del vestido requerido (IREQ) (NTP 462: Estrés por frío, 1995).
- Estrés por frío (Monroy Martí, 2015).

Luego de revisar detalladamente los métodos de evaluación se ha encontrado información muy interesante en cuanto al método de Fanger, el cual se considera como el método a utilizar para nuestro trabajo de investigación, mediante el uso del mismo nos permite tomar en consideración las variables climáticas internas y externas como lo manifiesta en la NTP 922, para analizar los valores de las variables se procede a la utilización de la evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrado mediante los índices térmicos PMV y PPD (7730, 2014; CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO, 2007).

Dentro de la información, la facilidad de usar un software online de ergonautas para la aplicación del método de Fanger de la Universidad Politécnica de Valencia (Mas, 2015). La aplicación online se basa en cuatro pasos de trabajo los cuales se subdividen según el caso, como primera parte tenemos a la recopilación de la información sobre el entorno la misma que se basa en:

- Recopilación de información sobre el entorno:
  - Aislamiento de la ropa de los trabajadores en el entorno.
  - Tasa metabólica de la actividad desarrollada.
- Características ambientales del entorno, dentro de las características del entorno tenemos: Temperatura del aire, Temperatura radiante, Humedad relativa o presión parcial del vapor de agua, Velocidad del aire.

Como segunda parte se tiene el cálculo del voto medio estimado (PMV), como tercera parte cálculo del porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV; y como último paso tenemos al análisis de resultados el mismo que se subdivide en:

- Valoración de la situación (satisfactoria o no adecuada) en función del valor del PMV y del PPD.
- Análisis del balance térmico correspondiente a las condiciones evaluadas.

De esta manera es el proceso que sigue el software para determinar un resultado mediante el método de Fanger.

### ***1.3.3 Justificación práctica***

La investigación consiste en analizar el índice de satisfacción térmica que va a sentir el operador si dentro de su lugar de trabajo como es el habitáculo de la excavadora no posee el sistema de climatización automotriz, para lo cual se realiza pruebas con un medidor de estrés térmico el cual permite medir los parámetros requeridos para utilizar el análisis del método de Fanger, y hacer una comparación con pruebas reales como mejora el confort térmico del operador al accionar y desactivar el sistema de climatización.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

- Analizar y estudiar los factores que inciden al confort del operario de una excavadora dentro de la cabina de la misma, haciendo uso del sistema de climatización automotriz.

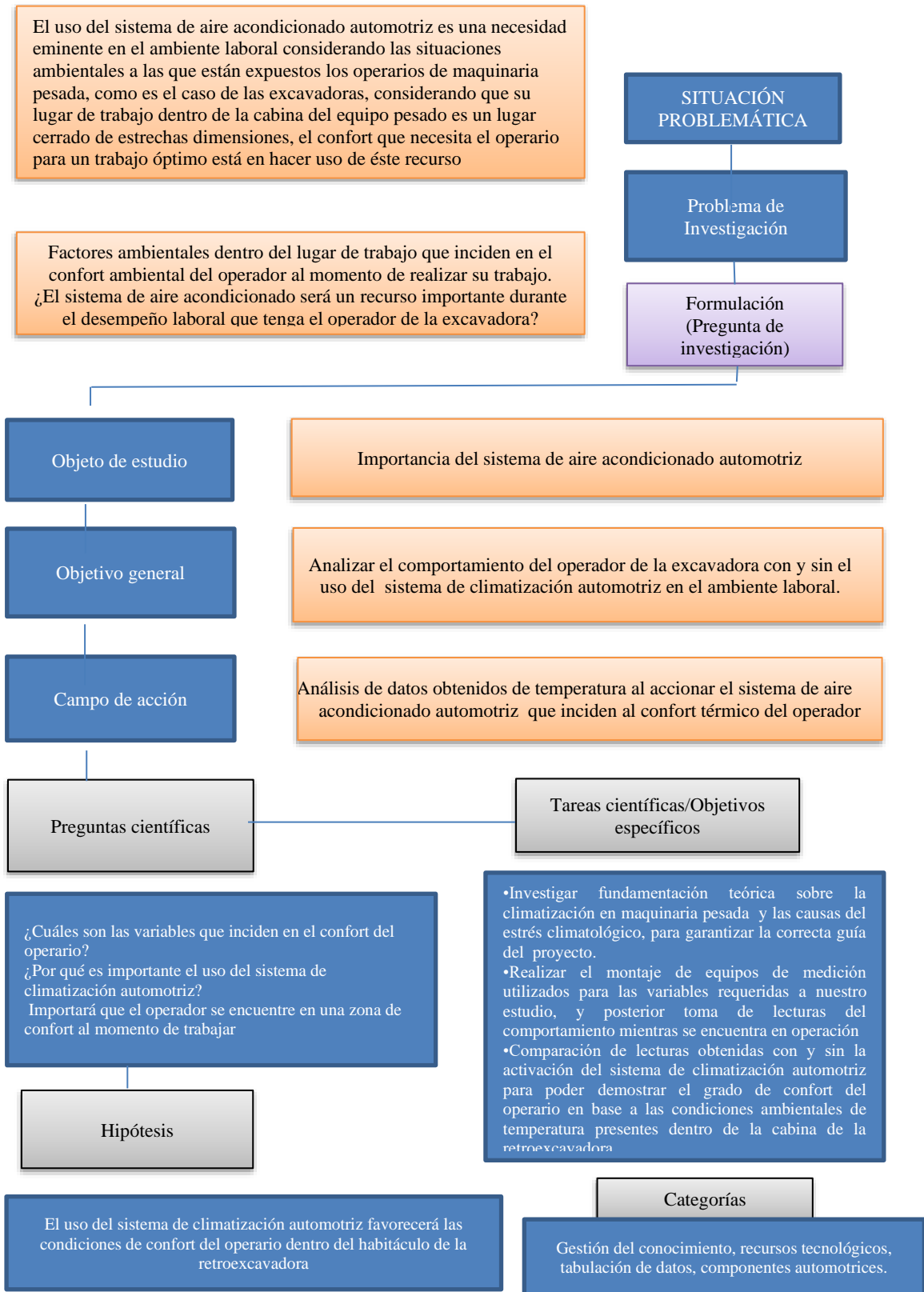
### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Investigar fundamentación teórica sobre la climatización en maquinaria pesada y las causas del estrés climatológico, para garantizar la correcta guía del proyecto.
- Realizar el montaje de equipos de medición utilizados para las variables requeridas a nuestro estudio, y posterior toma de lecturas del comportamiento mientras se encuentra en operación.
- Comparación de lecturas obtenidas con y sin la activación del sistema de climatización automotriz para poder demostrar el grado de confort del operario en base a las condiciones ambientales de temperatura presentes dentro de la cabina de la excavadora.

## **1.5. Hipótesis**

El uso del sistema de climatización automotriz favorecerá a las condiciones de confort del operario dentro del habitáculo de la excavadora.

## 1.6. Resumen de la propuesta del trabajo de investigación



**Gráfico 1-1:** Resumen de la propuesta de investigación.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

### **1.7. Confort dentro del Habitáculo**

La acumulación de calor provoca una sensación de malestar en el ocupante del vehículo, produce somnolencia, producto de esto una disminución de reflejos. Es evidente que estas circunstancias no se producen confort en el interior del habitáculo e introducen un riesgo añadido, en numerosos casos críticos, en la conducción del automóvil. Es por eso que, el mantenimiento de la temperatura interior entorno a los 20 °C se convierte en un criterio de diseño más, junto con las prestaciones mecánicas, la fiabilidad o la estética.

Presentadas las características particulares de los automóviles, que cuentan con zonas especialmente críticas, como el alojamiento del motor, donde se alcanzan temperaturas elevadas, el estudio térmico es complejo y exige aplicar criterios de diseño específicos. El grado de confortabilidad necesario en el interior del habitáculo, tanto por razones de comodidad e higiénicas (salud de los ocupantes) como por razones de seguridad vial hacen imprescindible disponer los materiales aislantes adecuados (Mata Cabrera, 2005).

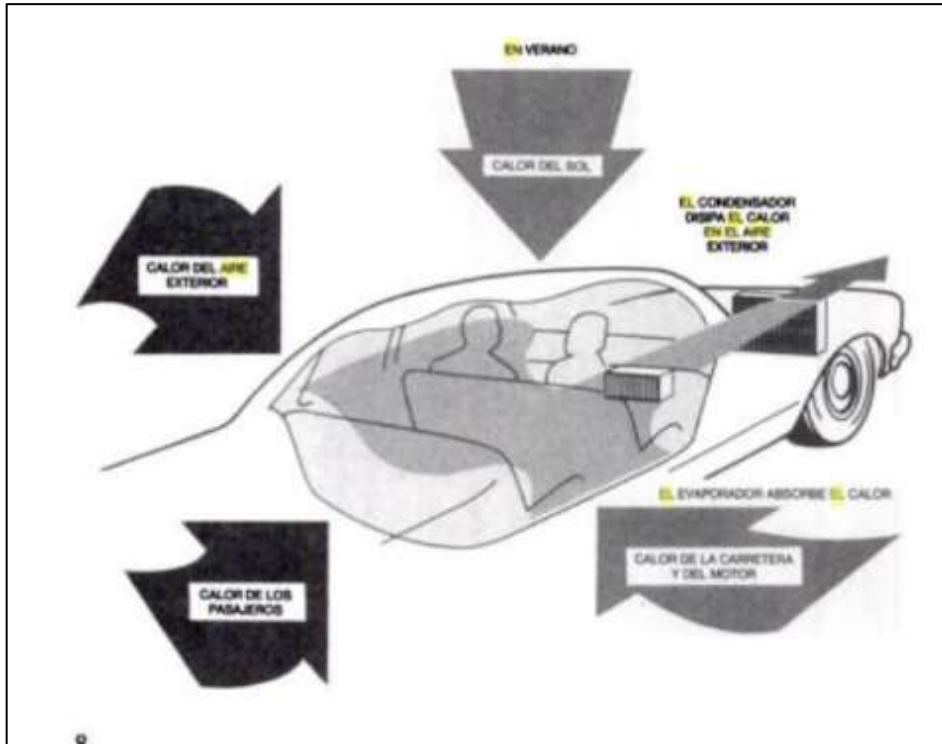
### **1.8. Sistema de climatización automotriz**

Al igual que otros ciclos de refrigeración, en el caso de los sistemas de climatización de automóviles, la refrigeración se produce cuando el gas licuado se expande a una cierta presión, y la temperatura aumenta durante el funcionamiento normal del ciclo del gas de refrigeración. El líquido refrigerante que ha sido enfriado por el condensador instalado y pasado a través de la válvula de expansión es guiado al evaporador y absorbe el calor del interior del habitáculo, el mismo que se evapora (Martí Parera, 2000).

La meta que tiene el sistema de climatización es lograr una temperatura adecuada dentro de la cabina, brindando confort para los ocupantes (Ramírez Bunster, 2012). El funcionamiento del aire acondicionado se da mediante un circuito cerrado que se basa en los procesos de compresión y descompresión de un gas refrigerante o freón, el mismo pasa por varios elementos donde se modifica su estructura y condiciones.

El sistema de aire acondicionado automotriz se muestra en la Figura 1-1 y Figura 2-1, Los tres componentes fundamentales son el condensador, el compresor y el evaporador. El evaporador capta el calor que se encuentra en el interior del vehículo, el condensador libera el calor en el exterior. El compresor libera un fluido presurizado llamado refrigerante, el mismo que circula por el sistema, transfiriendo reiteradamente el calor desde el evaporador hasta el condensador (Crouse H y Anglin L, 1988).

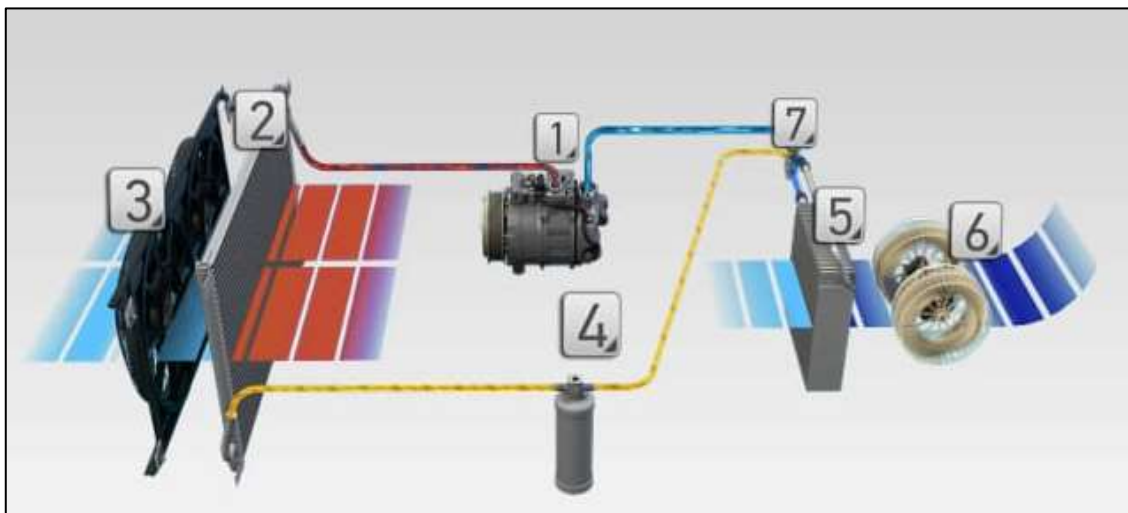




**Figura 1-1:** Funcionamiento básico del sistema de climatización automotriz.

Fuente: (Crouse H y Anglin L, 1988).

Se menciona que, en verano, el calor que entra en el habitáculo procede del sol, del aire exterior, de la carretera y del motor, los mismos ocupantes también generan calor, por otro lado, el evaporador absorbe el mencionado calor y lo transporta al condensador, y lo libera en el aire exterior (Crouse H y Anglin L, 1988).



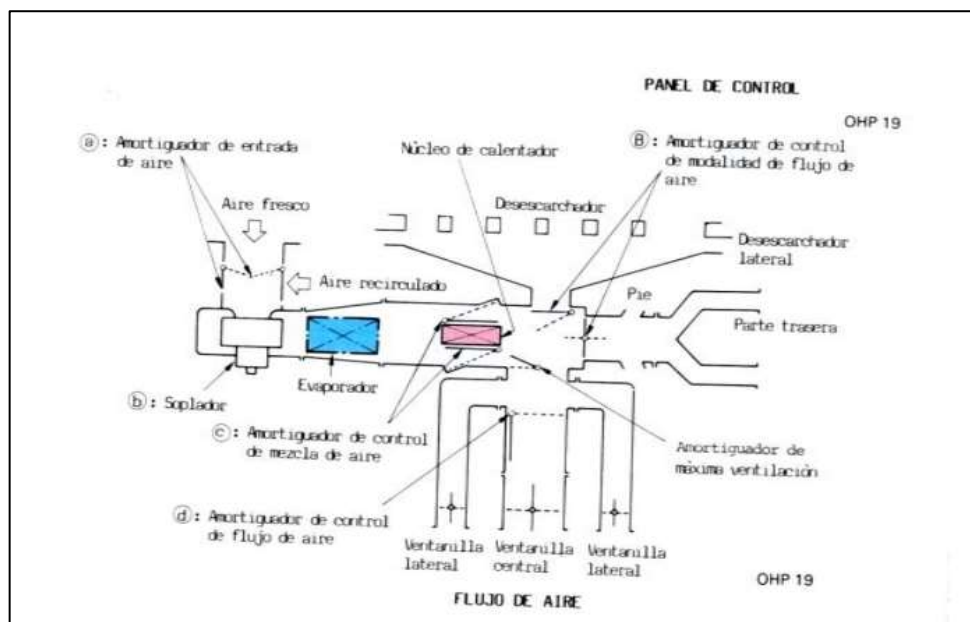
**Figura 2-1:** Circuito del aire acondicionado.

Fuente:(HELLA, 2019).

### 1.8.1. Funcionamiento básico

La regulación de la temperatura y el cambio de las entradas y salidas de aire en su interior se ejecutan mediante palancas ubicadas en el panel de control y se representan en la Figura 3-1 y Figura4-1:

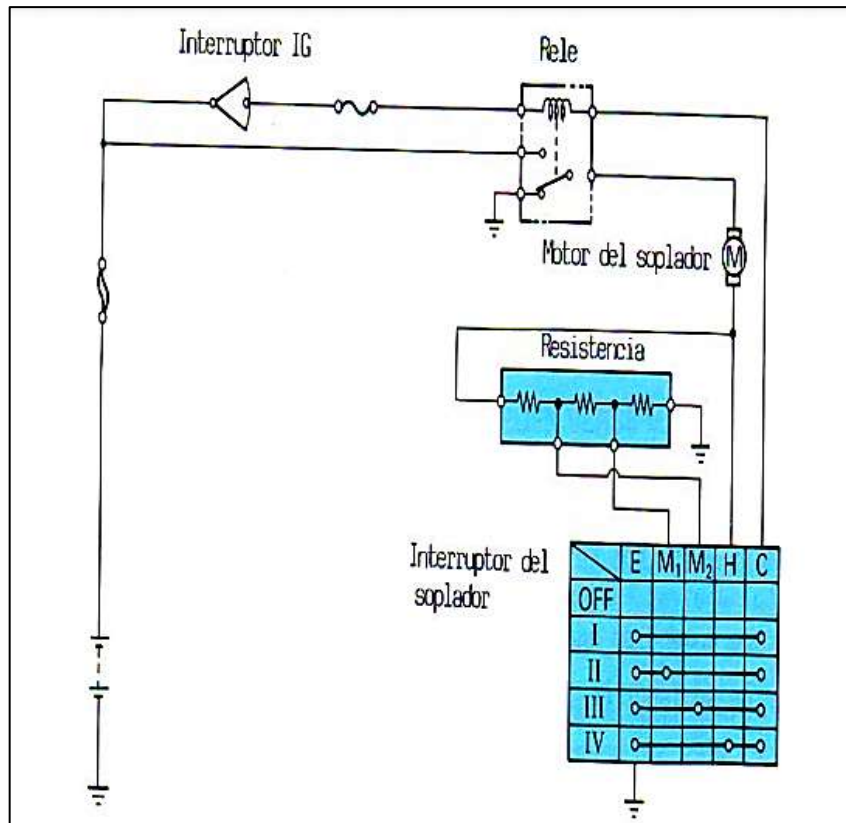
- (a) El amortiguador de ingreso de aire es operado por la palanca de control de entrada de aire y determina si aire fresco es introducido ó si el aire existente es recirculado (Orozco Alarcón, 2011).
- (b) El soplador es operado por la palanca de control de velocidad del soplador para controlar el volumen de aire ingresado (Orozco Alarcón, 2011).
- (c) El amortiguador del control de mezcla de aire operado por la palanca de control de temperatura, divide el aire introducido de manera que fluya a través del núcleo del calentador o por un conducto que divide el núcleo del calefactor, controlando así la temperatura por la proporción de aire soplada a través del núcleo del calefactor (Orozco Alarcón, 2011).
- (d) Luego, el amortiguador de control de flujo de aire operará por la palanca de control de flujo de aire, establece la salida donde el aire es soplado a la cara, en dos niveles a los pies, Pies/desescarchador ó desescarchador cambiando la salida según convenga (Orozco Alarcón, 2011).



**Figura 3-1:** Panel de control.

Fuente: (Orozco Alarcón, 2011).

La velocidad del soplador es controlada permitiendo el paso de corriente por resistores con distintos valores de resistencia para cambiar el voltaje del motor del soplador, variando así la velocidad del soplador (Orozco Alarcón, 2011).



**Figura 4-1:** Diagrama eléctrico del sistema de aire acondicionado.

**Fuente:** (Orozco Alarcón, 2011).

## 1.9. Ventilación del compartimiento de los pasajeros

Por motivos de salud y comodidad, es importante que aire fresco llegue al habitáculo o cabina donde los ocupantes del vehículo se encuentran, sustituyendo aire contaminado que se encuentra en el interior del coche, dicho proceso es llamado ventilación, existen dos tipos de ventilación, controlada y no controlada, la controlada es la que el ocupante del vehículo abre las ventanas permitiendo que aire del exterior ingrese, tiene ventajas como proveer de una manera rápida el ingreso de aire fresco y recirculación de aire dentro de la cabina y desventajas como el ingreso de lluvia, polvo, insectos y otras partículas arrastradas por el viento.

La ventilación controlada es la accionada manualmente por el ocupante del vehículo la cual dispone el ingreso de aire fresco por los conductos de ventilación, la misma que proviene netamente del circuito climatizador del vehículo (Crouse H y Anglin L, 1988).

## 1.10. Confort térmico

El confort térmico es la percepción neutral de un individuo en razón de un ambiente térmico específico (Construmática, 2008). Según la normativa ISO 7730 el confort térmico se defina como

la “condición mental en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico” (7730, 2014). El objetivo del confort es proveer las pautas pertinentes que permitan analizar la situación micro climática de un lugar establecido y a su vez determinar si térmicamente son aptas para el ser humano, por lo cual se necesita varios factores y parámetro de confort (Pesántes Moyano, 2012).

La acumulación de calor provoca una sensación de malestar en el ocupante del vehículo, produce somnolencia, producto de esto una disminución de reflejos. Es eminente que estas circunstancias no se producen confort en el interior del habitáculo e introducen un riesgo añadido, en numerosos casos críticos, en la conducción del automóvil. Es por eso que, el mantenimiento de la temperatura interior entorno a los 20 °C se convierte en un criterio de diseño más, junto con las prestaciones mecánicas, la fiabilidad o la estética.

Presentadas las características particulares de los automóviles, que cuentan con zonas especialmente críticas, como el alojamiento del motor, donde se alcanzan temperaturas elevadas, el estudio térmico es complejo y exige aplicar criterios de diseño específicos. El grado de confortabilidad necesario en el interior del habitáculo, tanto por razones de comodidad e higiénicas (salud de los ocupantes) como por razones de seguridad vial hacen imprescindible disponer los materiales aislantes adecuados (Mata Cabrera, 2005).

Normalmente el ser humano califica un lugar como confortable si éste no presenta ninguna incomodidad térmica, ya que la principal característica del confort es la neutralidad térmica, donde no se manifieste una sensación calurosa o fría (Chávez Del Valle, 2012). Por otro lado, al confort térmico lo definen como la relación entra la situación climática y una capacidad termorreguladora del ser humano ante esas condiciones (Noya Zambrano, 2019). A partir de los varios puntos de vista que se tiene del confort térmico, se detallará varias de las condiciones que se presentan dentro de este campo.

### **1.11. Ventilación del compartimiento de los pasajeros**

Por motivos de salud y comodidad, es importante que aire fresco llegue al habitáculo o cabina donde los ocupantes del vehículo se encuentran, sustituyendo aire contaminado que se encuentra en el interior del coche, dicho proceso es llamado ventilación, existen dos tipos de ventilación, controlada y no controlada, la controlada es la que el ocupante del vehículo abre las ventanas permitiendo que aire del exterior ingrese, tiene ventajas como proveer de una manera rápida el ingreso de aire fresco y recirculación de aire dentro de la cabina y desventajas como el ingreso de lluvia, polvo, insectos y otras partículas arrastradas por el viento.

La ventilación controlada es la accionada manualmente por el ocupante del vehículo la cual dispone el ingreso de aire fresco por los conductos de ventilación, la misma que proviene netamente del circuito climatizador del vehículo (Crouse H y Anglin L, 1988).

## 1.12. Confort térmico en el entorno laboral

### 1.12.1. Ergonomía

Es el conjunto de conocimientos que tienen como meta el mejoramiento del entorno de trabajo para que puedan acoplarse a las aptitudes y limitantes ya sean físicas como mentales del ser humano (Cuídate Plus, 2018). La Asociación Española de Ergonomía dentro de sus lineamientos nos manifiesta que el objetivo de la ergonomía es poder adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano (Asociación española de Ergonomía, 2009).

Desglosando cada parte o concepto podemos ver que ya estamos en un entorno donde se ve la influencia del hombre, el entorno donde se desenvuelve y la maquinaria con la que lo hace, por eso es necesario tomar un tema que se denomina: Sistema hombre-máquina-entorno el mismo que abarca el factor humano, organizacional, informativo y territorial, en los cuales se puede entender que en el factor organizacional hace referencia a la estructura, por el lado del factor informativo hace mención en la comunicación y de igual manera el factor territorial nos hace hincapié en el espacio de trabajo, de igual manera la participación o parte de cada factor, por el lado del hombre lo hace mediante la demostración de las habilidades, conocimientos que el posee y conlleva para desarrollar alguna actividad, por el lado de la máquina da su entrada en el modo de trabajo y buen desempeño conforme a las aptitudes que posee el individuo y por último el entorno hace énfasis a las condiciones físicas donde se desarrolla el labor (Obregón, 2016).

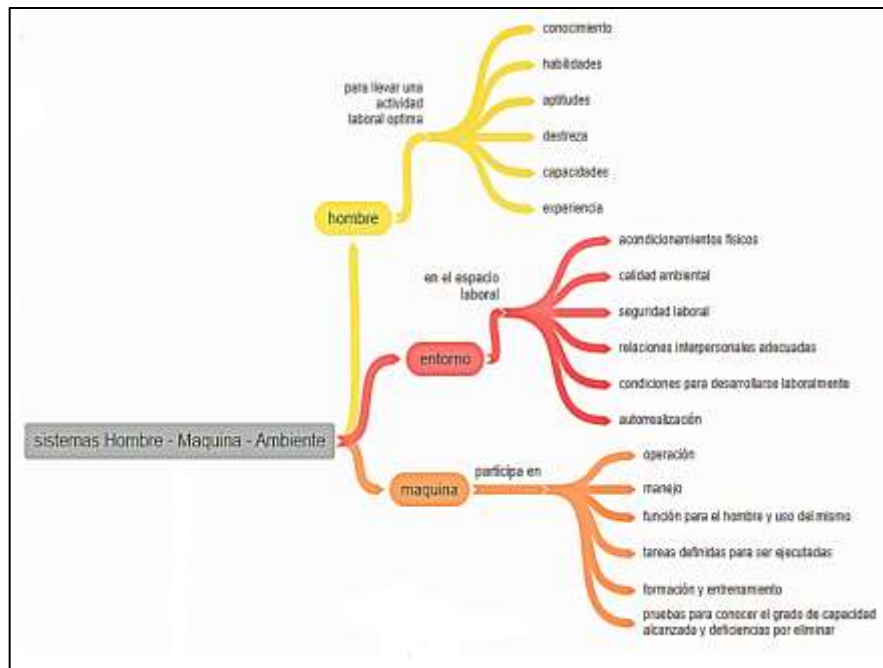
A continuación, se detalla de manera gráfica en la Figura 5-1.



**Figura 5-1:** Trinomio hombre-máquina-entorno.

Fuente: (Obregón, 2016).

Como se puede apreciar en la Figura 6-1, se menciona cada una de las subdivisiones que tiene cada uno de los factores que conforman este sistema, y se puede resaltar que cada uno de los factores no puede actuar de manera independiente ya que no se alcanzaría la meta propuesta (Obregón, 2016).



**Figura 6-1:** Sistema Hombre-Máquina-Ambiente

Fuente:(Briñez, 2020).

### 1.12.2. Factor hombre

El hombre hace mención a la etapa de la vida en que se encuentre ya sea niño, joven, adulto o anciano dependiendo de su género, del mismo modo es el conjunto de habilidades y limitaciones las cuales lo transforman en alguien distintivo dentro de una población, tampoco se puede dejar atrás que es la fusión de factores socioculturales, éticos, morales entre otros (Nuñez Montenegro y Hernán, 2011).

La persona que opera o maneja un vehículo del tipo de maquinaria pesada ya sea una excavadora, palas cargadoras, gallinetas, motoniveladoras entre otros tipos, se lo conoce como un operador de maquinaria pesada de manera general y cuando es de manera específica como en nuestro caso de estudio se lo llama operador de excavadora (Neuvoo, 2019).

Dentro de las actividades principales que debe desarrollar un operador de maquinaria pesada se encuentran:

- Inspección previa de los equipos a utilizar y comprobar que se les ha realizado el debido mantenimiento.

- Identificar el lugar de trabajo para evitar cualquier accidente en elementos externos como puede dar el caso de alguna tubería.
- Operar de manera segura y eficiente el equipo que este asignado y correspondiente para esa actividad.
- Realizar las continuas inspecciones a la maquinaria ya sea como la revisión de combustible o de alguna falla, de igual manera en la zona de trabajo durante los tiempos en que la maquinaria no está operando.
- En caso de encontrar una situación de reparación de la maquinaria, proceder a informar a el jefe de obra que se encuentre asignado

Actividades diarias que debe realizar el operador de maquinaria pesada:

- Inspección del equipo en general antes de proceder a operarlo, pueden ser actividades como el funcionamiento de los frenos, nivel del combustible o descartar alguna otra falla dentro del equipo.
- Realizar los respectivos manteamientos preventivos como puede ser la limpieza y engrase o desengrase de piezas.
- Al momento de encender como apagar el equipo pues hacerlo de amañera correcta.

### ***1.12.3. Factor máquina***

#### ***1.12.3.1. Maquinaria pesada***

Es una maquina en la cual destaca su lenta capacidad de operación y efectividad para llevar a cabo trabajos que presentan cierto grado de dificultad, son equipos que están destinados para los trabajos pesados, obras públicas, excavaciones, demoliciones, trabajos en minas, agricultura, silvicultura, reciclaje y entro otros muchos más.

Dependiendo de la función y especialización estas pueden dividirse en maquinaria pesada universal la cual se conoce porque pueden realizar dos o más necesidades, dentro de ellas están los bulldozers, elevadores, tractores; por otra parte, está la maquinaria pesada especializada la que se caracteriza porque solo puede cumplir con una necesidad de trabajo como son maquinarias para agregados, trabajos forestales, tratamientos de maderera entre otros (Newman, 2020). Como podemos ver a continuación en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1:** Tipos de maquinaria pesada

Compactadores	Pala cargadora mecánica	Motoniveladora	Volqueta
			
Recicladora de pavimentos	Tractor	Mototraila	Excavadora
			

**Fuente:**(OVACEN, 2016; Rumbo Minero, 2020).

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

A continuación, se detalla sobre la excavadora la misma que será trascendental en nuestro trabajo de investigación.

#### *1.12.3.2. Excavadora*

Su campo de aplicación está destinado a la excavación y al movimiento de tierras o algún otro tipo de material, tiene la capacidad de moverse de un lugar a otro pero esta no es ocupación principal, además su posición de trabajo es invariable (helloauto, 2020).

#### *1.12.4. Factor entorno*

Pueden estar edificadas o no, en los cuales el trabajador debe permanecer o acceder (INSST, 2020). Un Ambiente térmico que no esté dentro de los parámetros de confort llega a ocasionar una disminución en el rendimiento tanto físico como mental del obrero, produciendo distracciones los cuales pueden convertirse en acciones que provoquen accidentes laborales (Iberley, 2021).



En los lugares de trabajo existen condiciones ambientales como la temperatura del aire, humedad y velocidad del aire, radiación térmica; junta con otros parámetros que inciden el equilibrio térmico del cuerpo humano como lo son la actividad física realizada, aislamiento térmico de la ropa; todas estas condiciones fuera de sus límites pueden resultar un riesgo para la salud del obrero

Cuando el trabajador comienza a realizar una actividad, internamente el organismo empieza a generar calor, la misma que dependerá de la intensidad de la actividad; al mismo tiempo existente factores fisiológicos encargados de disminuir esta generación de calor y poder mantener una neutralidad térmica en el organismo, ya que mediante la termorregulación se conocen dos mecanismos:

- Frente al frío: los vasos sanguíneos tienen la capacidad de realizar la constricción que consiste en reducir su diámetro para disminuir el flujo sanguíneo a la superficie corporal y evitar la pérdida de calor (FPRL, 2016).
- Frente al calor: se produce el efecto contrario que se da frente al frío, en este caso los vasos sanguíneos tienden a dilatarse para poder aumentar el flujo sanguíneo a la superficie de la piel (FPRL, 2016).

A partir de estos casos se generan dos términos nuevos los cuales son el estrés térmico y la sobrecarga térmica, como podemos ver en la Figura 7-1, la carga térmica es la carga total de calor a lo que los obreros están expuestos a la que se lo debe combinar con otras condiciones ambientales ya antes mencionadas; por la otra parte está la sobrecarga térmica que es la respuesta fisiológica del cuerpo frente al estrés térmico (FPRL, 2016).



**Figura 7-1:** Estrés térmico.

Fuente: (FPRL, 2016).

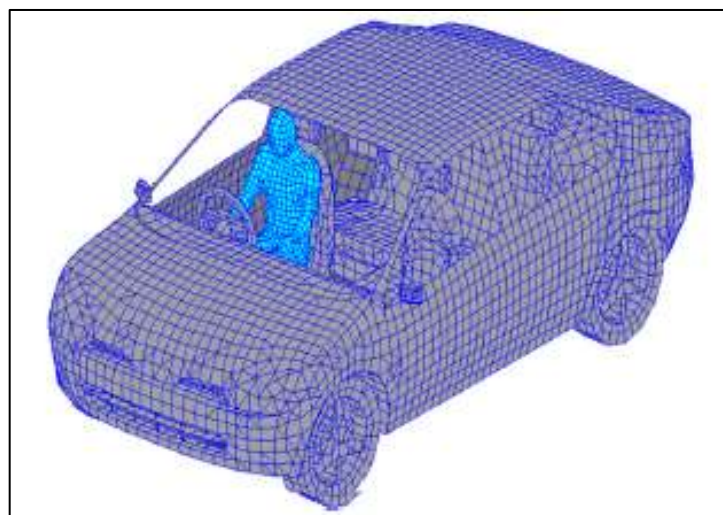
Se ha revisado cada uno de los factores del sistema hombre-máquina-entorno ahora toca ver cómo se puede realizar una evaluación de todo esto mediante un método, con el pasar del

tiempo fueron inventando nuevas formas de acondicionamiento de aire, lo cual tenía como meta poder lograr que las personas se sintieran una sensación agradable, pero para poder saber que tan factible o confortable eran estos equipos aparecieron los métodos de evaluación del confort entre uno de los primeros se encuentra el método de Fanger (Noya Zambrano, 2019).

En su estudio realizado haciendo uso de un maniquí térmico virtual de Berkeley para simular el confort térmico en distintos entornos del habitáculo de un auto, el maniquí añade una técnica fisiológica térmica humana la misma que sirve como una muestra para predecir la temperatura corporal y de la piel, el modelo de confort de Berkeley y el modelo Fanger se toman en consideración para describir el análisis de los votos y sensación térmica que informa sobre la sensación y la comodidad, la escala de Berkeley de nueve puntos para el modelo de Berkeley y la escala de siete puntos, en la escala de sensación térmica para el modelo Fanger basada en el PMV (Alahmer et al., 2012).

En las escalas se indica los valores de sensación más alta positiva y sensación negativa, además de un nivel de sensación fresca, así también si se considera un valor de cero, quiere decir que se encuentra en una sensación cómoda neutral.

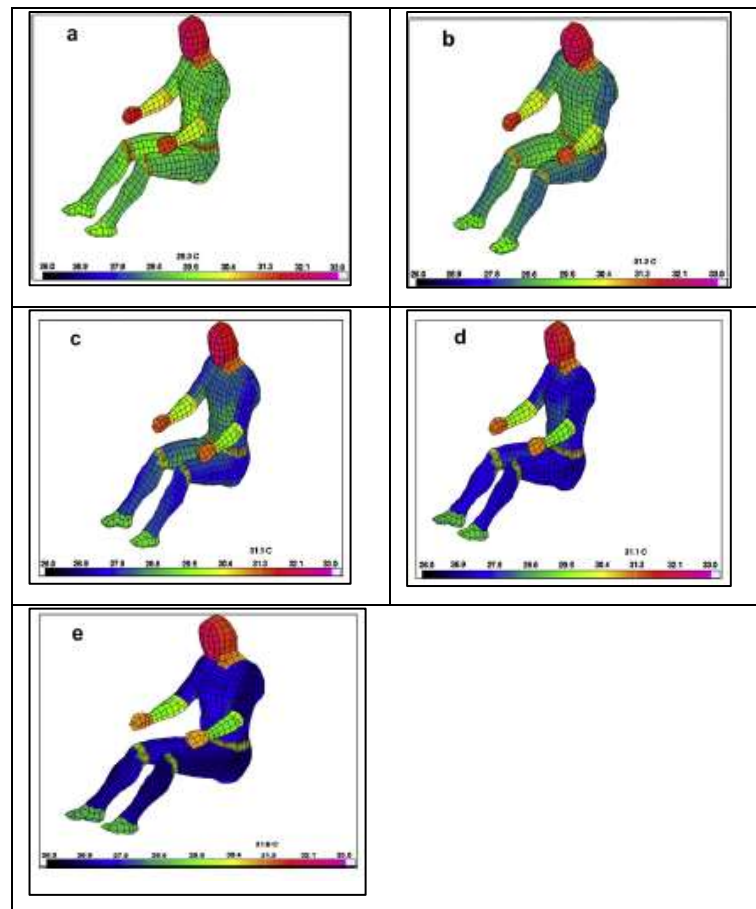
El maniquí de confort Berkeley se coloca dentro de la cabina de un vehículo con un ambiente homogéneo en un rango de humedad relativa de (20e60%) como se muestra en la Fig. 8.1. Para la simulación los niveles de clo estimados para el estudio considerando la ropa del maniquí son de 0.5 clo o  $0.078 \text{ m}^2\text{k/w}$  en niveles de ambiente en verano, y otra consideración utilizando ropa más gruesa que da un valor estimado de clo de 1 clo ( $0,155 \text{ m}^2\text{k/w}$ ) para el período invernal (Alahmer et al., 2012).



**Figura 8-1:** Esquema de maniquí ubicado dentro de la cabina del vehículo para las pruebas de confort

**Fuente:** (Alahmer et al., 2012).

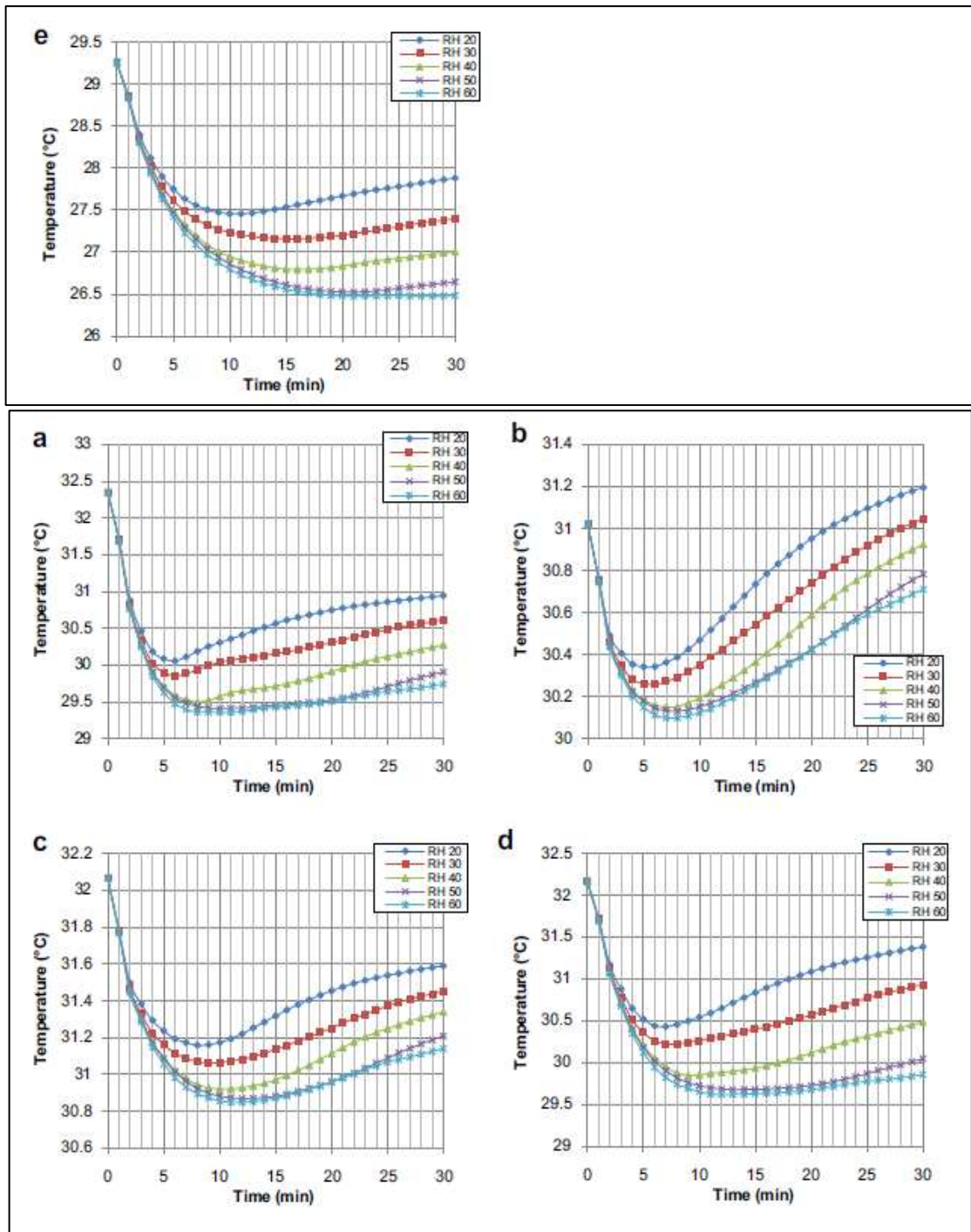
Otra variable a considerar en el estudio es la variación de la temperatura de la piel en diferentes segmentos corporales como son la cabeza, el pecho, la espalda, la mano y el pie al transcurso del tiempo, en la Fig. 9-1 muestra el comportamiento del maniquí en diferentes zonas corporales es así que la Fig. 9-1 a. señala el comienzo de enfriamiento dentro de la cabina del automóvil, donde su nivel de temperatura está en un rango medio-alto, al transcurso de 18 minutos aproximadamente, en la Fig. 9-1 e. se muestra el índice de temperatura corporal del maniquí que ante las consideraciones expuestas anteriormente se encuentra en niveles de temperatura corporal, haciendo uso del enfriamiento dentro de la cabina (Alahmer et al., 2012).



**Figura 9-1:** Esquema de maniquí ubicado dentro de la cabina del vehículo para las pruebas de confort

**Fuente:** (Alahmer et al., 2012).

El efecto de la Humedad relativa sobre la temperatura presente en la piel mediante la acción de calentamiento, medidos en los segmentos del cuerpo como se observa en la Fig 10-1. Se debe a que para diferentes HR existe una diferencia en la temperatura corporal, entonces la temperatura de la piel está relacionado a la temperatura que rodea al cuerpo del ocupante dentro de la cabina del vehículo.



**Figura 10-1:** Variación de temperatura en función del cuerpo con diferentes niveles de HR.

Fuente: (Alahmer et al., 2012).

## CAPÍTULO II

### 2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Método deductivo

La metodología es una parte fundamental del trabajo de investigación debido a que en ella se va a detallar de manera clara el procedimiento que se lleva ejecutando durante su realización hasta llegar a la culminación del estudio (Carrasquilla, 2017).

Según la historia el método deductivo es identificado como el primer método científico, esto se debe a que fue usado por los antiguos griegos, así como un importante apogeo entre la edad media y edad moderna (Leon y Garrido, 2006).

El método deductivo tiene sus bases lingüísticas como conducir o extraer ideas centrándose en el razonamiento, esto quiere decir que se estudia los principios generales de algún tema en específico, ya sea comprobado o verificado su principio dado como válido se procede a aplicarlo en ambientes particulares (Bernal Torres, 2016).

Por otra parte, permite determinar las características de alguna realidad en específico la cual se analiza por derivación o resultado de los enunciados o contenidos que ya han sido formulados con anterioridad, de manera simplificada se refiere a que mediante la deducción se pueden derivar consecuencias particulares de las conclusiones generales aceptadas (Abreu, 2014).

En sí el método nos quiere decir que algún hecho en específico puede tener un sentido lógico desde el punto de vista de la palabra, pero esto no quiere decir que sea veras en la realidad (Prieto Castellanos, 2018).

En la investigación planteada al tema propuesto se utiliza el método deductivo, esto debido a que el sistema de climatización automotriz es implementado en el sector automovilístico, de forma pasiva como un mecanismo de seguridad, ayudando al usuario en la conducción de manera positiva, con base a estos principios se busca llegar a ideas que fundamenten o aporten a la afirmación de la importancia que tiene a lo que se refiere al confort de carácter térmico.

#### 2.2. Método científico

##### 2.2.1. *Método empírico de medición*

Los métodos empíricos son dedicados a la parte investigativa mediante un estudio de fenómenos, objetos y procesos, dados de manera que se pueda llegar a una respuesta mediante el uso de hipótesis y teorías (Medina, 2016).

Para el proyecto se escoge en método empírico de medición debido a que los procesos se enfocan a precisar una información numérica, tomado previamente de la recopilación de variables necesarias para interpretar los resultados que quieren llegar a demostrar de los objetivos e hipótesis planteados (Medina, 2016).

## **2.3. Metodología de investigación**

### **2.3.1. Metodología Cuantitativa**

También conocida como investigación cuantitativa a la metodología que se basa en la utilización de los números para poder analizar datos los cuales le permitirán investigar un fenómeno y adquirir una conclusión, en otras palabras, es el conjunto de estrategias que proporcionan la información mediante la estadística y técnicas numéricas dentro de una relación causa efecto (Amaya, 2020).

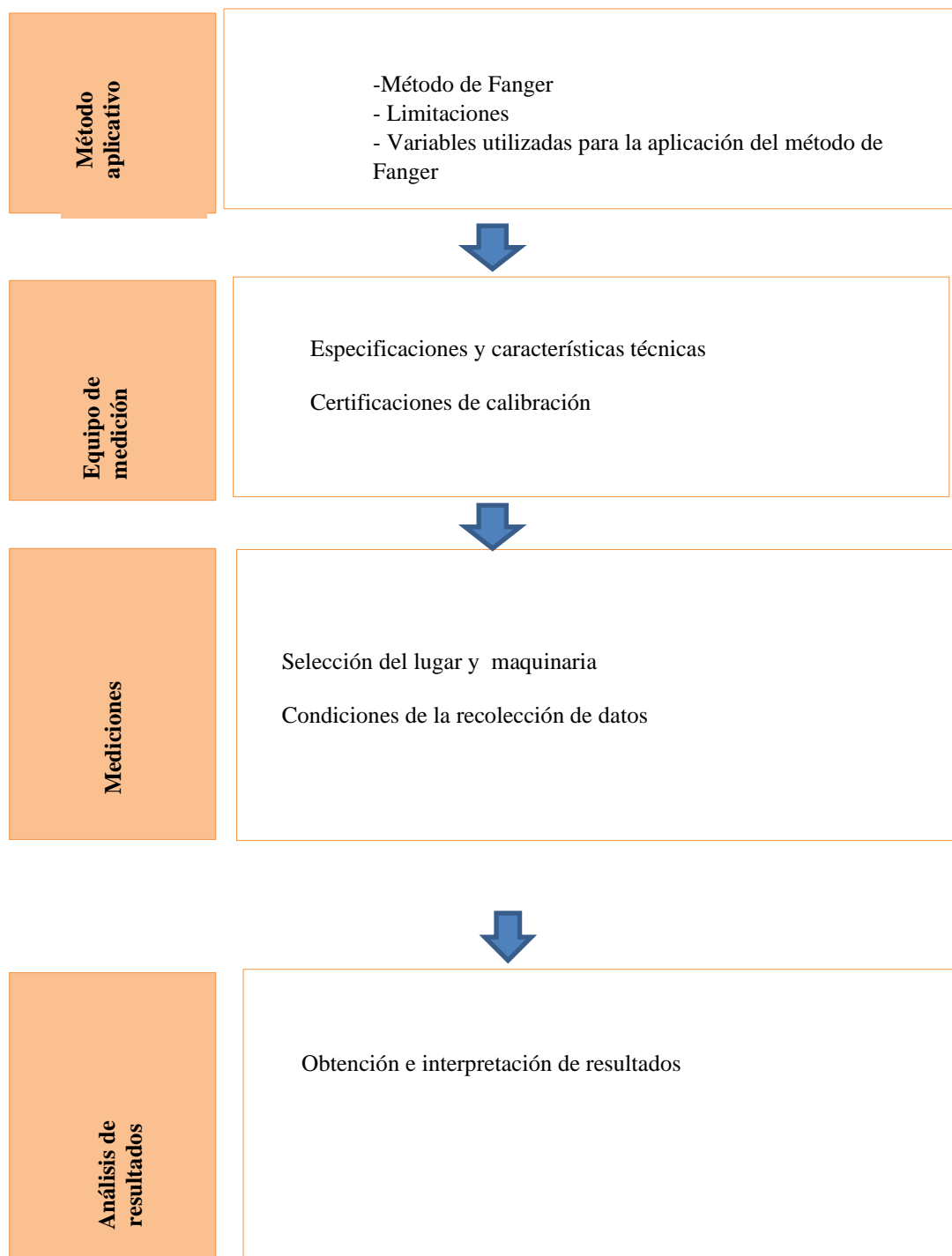
Entendiéndose de manera más simplificada como el uso de valores numéricos que nos permitan estudiar un fenómeno (Raffino, 2020).

Referente con la adquisición de datos es importante la relación que existe entre la investigación cuantitativa y la observación empírica, en pocas palabras representar con números y gráficos lo que se ha observado (Amaya, 2020). Algunas de las características de esta metodología que son:

- Necesidad de una relación numérica entre las variables de investigación.
- Los valores analizados deben ser cuantificables.
- Se basa en una causa y efecto.
- Permite estudiar conductas humanas, así como los comportamientos de una muestra poblacional.
- Su naturaleza es confirmatoria y deductiva.
- Se basa en teorías para saber qué datos van a ser recogidos.
- Permite verificar hipótesis y teorías.

La relación de emplear esta metodología cuantitativa al trabajo de investigación es importante porque mediante esto se procede a la adquisición o toma de datos en el lugar de estudio, lo que quiere decir a los valores que se obtienen con los equipos de medición de las variables como lo son la velocidad del aire, la temperatura del globo, la temperatura radiante, las mismas que son analizadas mediante técnicas numéricas para poder obtener una conclusión del estudio.

## 2.4. Diagrama de actividades propuestas en el método de investigación.



**Gráfico 1-2:** Diagrama de actividades propuestas en el método de investigación.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

## 2.5. Método de Fanger

El método de Fanger se propuso en el año de 1973 el cual desarrolló un recurso el que abarcaba ciertas variables que tienen una participación directa para poder evaluar el confort térmico dentro de un campo laboral; dicho método estima los factores como el nivel de actividad, características de indumentaria, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y la velocidad del aire.

Las variables antes mencionadas influyen en los diferentes cambios térmicos entre hombre-entorno, interviniendo en la sensación del confort y su aplicación directa en la incidencia del sistema de climatización automotriz (Mas, 2015; Gelman, 2017).

En la actualidad es uno de los métodos más utilizados para la evaluación del confort térmico, el mismo que se basa en el uso de dos factores los cuales son: el voto medio estimado (PMV) y el porcentaje de personas insatisfechas (PPD), estos factores permiten determinar la sensación térmica del lugar y a su vez el número de personas insatisfechas en el mismo; la confiabilidad y el respaldo de usar este método es que está patentado por la norma ISO 7730 que se basa en la evaluación del ambiente térmico (Mas, 2015; Gelman, 2017).

## 2.6. Limitaciones

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

## 2.7. Variables de estudio

Estimación del aislamiento de la ropa: para este punto se requiere saber el grado de aislamiento que la ropa de trabajo, pero es difícil saber con exactitud dicho valor, por eso una opción es la guía con las normas ISO 7730, ISO 9920. Este valor está notado por la unidad clo (1 clo. = 0,155 m<sup>2</sup>K/W) (Mas, 2015; 7730, 2014).

En la Tabla 1-2, se muestra valores de aislamiento según el tipo de vestimenta.



**Tabla 1-2:** Valores del aislamiento de la ropa en clo.

<i>Tipo de ropa</i>	<i>Aislamiento (clo.)</i>
<i>Desnudo</i>	0
<i>Ropa ligera (ropa de verano)</i>	0.5
<i>Ropa media (traje completo)</i>	1
<i>Ropa pesada (uniforme militar de invierno)</i>	1.5

**Fuente:** (Mas, 2015; 7730, 2014)

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Tasa metabólica: es el factor que permite medir el gasto muscular que experimenta un trabajador al momento de ejercer un oficio. Cabe recalcar que la energía producida es transformada en calor. Para obtener dicho valor, el mismo que debe estar expresado en  $W/m^2$ , se emplean lo que son tablas basadas en la norma ISO 8996 (Mas, 2015; 8996, 2014). Los valores de Tasa metabólica se muestran en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Tasas metabólicas medias según actividad desarrollada.

Clase	Tasa ( $W/m^2$ )	Ejemplos
<b>Descanso</b>	65	Descansando, sentado cómodamente
<b>Tasa metabólica baja</b>	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h)

**Fuente:** (Mas, 2015; 8996, 2014).

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Caracterización térmica del entorno: para poder establecer dicha caracterización se debe hacer mediante el valor de otras variables, comenzando por la temperatura del aire la cual se debe estar en grados Celsius, la temperatura media radiante que no es nada más ni nada menos que el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y las superficies que lo rodean, de igual manera debe estar en grados Celsius. La humedad relativa medida en porcentaje y la velocidad relativa del aire (Mas, 2015).

Para la temperatura media radiante se tiene una ecuación la cual es:

$$T_{mr} = T_g + 1.9\sqrt{V_a} * (T_g - T_s)$$

Donde:

T<sub>mr</sub>: temperatura media radiante.

V<sub>a</sub>: Velocidad del aire.

T<sub>g</sub>: Temperatura del globo.

T<sub>s</sub>: Temperatura del termómetro seco.

Factores que intervienen dentro del confort térmico: temperatura del aire, humedad relativa del aire, movimiento del aire, temperatura media radiante, factores personales, vestimenta de la persona (Blender María, 2015).

#### ***2.7.1. Temperatura del aire***

Es la pérdida de calor que sufre el cuerpo humano hacia el exterior. Como la manera en que el cuerpo pueda dar o recibir calor dentro de un lugar específico (Blender María, 2015; Sales, 2019).

#### ***2.7.2. Humedad relativa del aire***

Es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y lo máxima cantidad que el aire puede contener a dicha temperatura (S&P, 2018).

#### ***2.7.3. Movimiento del aire***

Es un fenómeno que se da en la tropósfera, en donde el aire se mueve por las diferencias de calor que están presentes (CK-12, 2021).

#### ***2.7.4. Temperatura media radiante***

Es el calor que se emite en forma de radiación por los elementos en un entorno (Blender María, 2015).

### **2.7.5. Factor personal**

Se conoce como las habilidades, destrezas, conocimientos, situaciones sociales, todo lo que abone para caracterizar a un individuo.

### **2.7.6. Vestimenta de la persona**

Son todas las prendas de ropa al que el ser humano recurre para poder cubrir su cuerpo en función del clima (Bembibre, 2010).

Ahora vamos a ver el rol que tiene el confort térmico en el campo laboral ya que un lugar de trabajo que brinde un ambiente con condiciones de confort será de mejor acogida para los ocupantes, si no se encuentra dentro de un ambiente cómodo este repercutirá en la salud de los individuos como un riesgo, por estas razones ha surgido la necesidad de analizar los ambientes laborales y las condiciones en las que se encuentran he aquí el estudio de confort térmico en el entorno laboral (Noya Zambrano, 2019).

Ya que estudios realizados han arrojados resultados en los cuales se manifiesta que el 5% de los grupos de trabajo muestran inconformidad respecto a sus entornos laborales (Pérez Salinas, 2014).

## **2.8. Equipos de medición**

**Tabla 3-2:** Especificaciones y características técnicas del instrumento de medida para recolección de datos.

### ***Instrumentación de medida***

***Medidor de estrés térmico por calor***



***Equipo: Medidor ET***

***Marca: Termars***

***Modelo: 3 x***

***Número de serie equipo: 80037***

***Características técnicas***

*El medidor WBGT de estrés térmico Tenmars TM-188 tiene una respuesta rápida que produce mediciones precisas de los efectos de la temperatura, la humedad y la luz solar directa o radiante.*

*Este medidor es el equipo perfecto para entrenadores atléticos, militares, higienistas ocupacionales (industriales), trabajadores al aire libre y especialistas en medicina deportiva.*

*Sensor de capacitancia de respuesta rápida, medición precisa de la temperatura del globo de bulbo húmedo (WBGT), la temperatura del globo negro (TG), la humedad (% RH), la temperatura del aire (TA), el bulbo húmedo (WET) y el punto de rocío (DEW).*

*temperatura del aire (TA), el bulbo húmedo (WET) y el punto de rocío (DEW)*

*Max / Min y retención de datos*

*Indicación de batería baja.*

### **CARACTERÍSTICAS**

*Sensor de capacitancia de respuesta rápida, medición precisa de la temperatura del globo de bulbo húmedo (WBGT), la temperatura del globo negro (TG), la humedad (% RH), la temperatura del aire (TA), el bulbo húmedo (WET) y el punto de rocío (DEW)*

*Max / Min y retención de datos*

*Indicación de batería baja*

*Pantalla LCD con retroiluminación LED*

*Visualización de registros de datos*

*Cambie la unidad de temperatura a oC o ?*

*Bola negra de latón en 50 mm de diámetro*

*Ajuste de alarma WBGT*

*Apagado automático con función de desactivación*

### **FICHA TÉCNICA**

*Dimensiones: 300 x 70 x 50 mm (largo x ancho x alto)*

*Peso: 220 g. (Sin pilas).*

*Fuente de alimentación: 006P 9V, o AC100 ~ 240V DC 9V / 0.5A (9 mm).*

*Duración de la batería: 200 horas.*

*Temperatura y humedad de funcionamiento: 0 ° C a + 50 ° C.*

*Temperatura y humedad de almacenamiento: -10 ° C a + 50 ° C.*

*Salida de datos: Interfaz serial USB PC, 12000 registros. (TM-188D)*

*LCD: LCD monocromático de 52 mm (W) x36 mm (L) y retroiluminación.*

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

**Tabla 4-2:** Especificaciones y características técnicas del instrumento de medida para recolección de datos.

*Instrumentación de medida*

*Velocidad del viento*



**Equipo:** Medidor

**Marca:** Casella

**Modelo:** CEL 120

**Número de serie equipo:** 020243567

**Características técnicas**

Versiones clase 1 ó clase 2 según UNE-EN 60942.

Aprobación de modelo según OM29920/ITC2845.

Nivel de calibración de 114 dB (CEL-110/2) y de 94 y 114 dB (CEL-110/1).

Pantalla LCD con indicación de nivel de calibración, estado de la batería y ajuste correcto del micrófono.

Comprobación y especificaciones según UNE-EN60942/2005

Verificación periódica según ITC/2845/207


**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Figura 1-2.** Instrumentos a utilizar en la recolección de datos.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

## 2.9. Certificaciones de calibración

<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>	
NÚMERO: 95/04762	
<hr/>	
<b>BRUNTON</b> Laboratorio de metrología	
Maracalbo,6 08030 BARCELONA ESPAÑA Teléfono 934 335 2401 Fax 933 479 310	
<hr/>	
La verificación se ha efectuado siguiendo el procedimiento P028 (Revisión 02), basado en la norma IEC 60942:2003.	
<hr/>	
INSTRUMENTO:	Medidor de velocidad del aire
MARCA:	BRUNTON
MODELO:	ADG
NÚMERO DE SERIE:	CR2032
TIPO:	1
FECHA DE CALIBRACION:	2020-12-13
FECHA DE EMISIÓN:	2020-12-17
RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:	Dentro de especificaciones en los valores medidos
<hr/>	
SUBJEFE DEL LABORATORIO	
 Rubén Gutiérrez Bajo	

**Figura 2-2:** Certificado de calibración del instrumento para medir la velocidad del aire.

Realizado por: BRUNTON, 2020.

# CERTIFICADO DE CALIBRACION<sup>3</sup>

NÚMERO: 25/04762

---

## SPER SC IENTIFIC

Laboratorio de metrología

Maracibo, 8  
08030 BARCELONA  
ESPAÑA  
Teléfono 934 335 2401 Fax 933 470 310

---

La verificación se ha efectuado siguiendo el procedimiento P028 (Revisión 02), basado en la norma IEC 60942-2003.

---

INSTRUMENTO:	Medidor de estrés térmico
MARCA:	SC
MODELO:	ARTCB
NÚMERO DE SERIE:	80037
TIPO:	1
FECHA DE CALIBRACION:	2020-09-24
FECHA DE EMISION:	2020-10-01
RESULTADO DE LA CALIBRACION:	Dentro de especificaciones en los valores medidos.

---

SUBJEFE DEL LABORATORIO

  
CESVA   
Rubén Gutiérrez Baja

**Figura 3-2:** Certificado de calibración del instrumento de medida para medir el estrés térmico.

Realizado por: BRUNTON, 2020.

## 2.10. Mediciones

### 2.10.1. Selección del lugar y maquinaria

#### 2.10.1.1. Lugar

La ubicación donde se realizaron las mediciones se encuentra en el sector llamado Piedra Fina de la parroquia Manuel Galindo perteneciente a la provincia del Napo, con maquinaria de la subcontratista CVA perteneciente a la empresa OCP (Oleoductos de Crudos Pesados).



**Figura 4-2:** Ubicación geográfica del sitio a llevar a cabo el estudio.

**Fuente:** GOOGLE Maps, 2021.



**Figura 5-2:** Zona de trabajo de obrador CVA, sector Piedra Fina, San Luis.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



2.10.1.2. Maquinaria

**Tabla 5-2:** Información de maquinaria utilizada para la recolección de datos.

Maquinaria/Tipo	Marca	Modelo	Condición de climatización
Excavadora 1	XCMG	<p style="text-align: center;">XE 305 D</p> 	Si cuenta
Excavadora 2	XCMG	<p style="text-align: center;">XE 215 C</p> 	Si cuenta
Excavadora 3	XCMG	<p style="text-align: center;">XE 305 D</p> 	Si cuenta
Excavadora 4	XCMG	<p style="text-align: center;">XE 400 A</p> 	Si cuenta

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

En la Tabla 5-2. Muestra las diferentes excavadoras utilizadas para las mediciones, se especifica la marca, modelo y si la maquinaria cuenta o no con sistema de climatización.

## **2.11. Condiciones de recolección de datos**

### **2.11.1. Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales el día de monitoreo en la empresa oscilaron entre la Temperatura Max. 27.3 °C, HR% 34.5 y Temperatura Min. 14°C HR% 52.6.

### **2.11.2. Condiciones de medición**

Las mediciones se realizaron cuando lo procesos operativos de la empresa se encontraban desarrollando sus actividades rutinarias y cíclicas.

## **2.12. Criterios de selección de los puntos de medida**

Para la selección de los puntos de medida en la empresa se tomó en cuenta los siguientes factores:

- a. Exista una distancia mínima entre los puntos elegidos de 1 metro.
- b. Exista, al menos, 1 metro de distancia con las paredes y otras superficies susceptibles de generar reflexiones y falsear la medida.
- c. Exista una altura de entre 1,2 y 1,5 metros sobre el suelo.
- d. Exista una distancia de al menos 1,5 metros respecto ventanas o aberturas de admisión de aire.

## **2.13. Obtención e interpretación de resultados**

Cálculo del voto medio estimado: es uno de los pasos finales ya que se puede obtener un índice que es el reflejo de los votos emitidos por un grupo de personas bajo una circunstancia de sensación térmica, este puede expresarse en 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso); este valor se puede obtener de dos maneras: la primera es empleando la ecuación de confort de Fanger la misma que es de tipo paramétrica y que su resolución es mediante cálculos iterativos; y la segunda mediante un software (Mas, 2015; Gelman, 2017). De igual manera podemos utilizar la ecuación 2:

$$PMV = [0.303 * e^{-0.036M} + 0.028] * \{(M - V) - 3.05 * 10^{-3} * [5733 - 6.99 * (M - V) - P_a] - 0.42$$

$$* [(M - V) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} * M * (5867 - P_a) - 0.0014 * M * (34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\}$$

En la que:

$$t_{cl} = -35.7 - 0.028 * (M - V) - l_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c *$$

$$(t_{cl} - t_a)h_{cl} = -\{2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} \text{ si } 2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12.1\sqrt{V_{ar}} \}$$

$$h_{cl} = -\{12.1\sqrt{V_{ar}} \text{ si } 2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12.1\sqrt{V_{ar}} \}$$

$$f_{cl} = \{1.00 + 1.290 * l_{cl} \text{ si } l_{cl} \leq 0.078 \frac{m^2}{W} \}$$

$$f_{cl} = \{1.05 + 0.645 * l_{cl} \text{ si } l_{cl} > 0.078 \frac{m^2}{W} \}$$

En donde:

M = es la tasa metabólica en W/m<sup>2</sup>.

V = es la potencia mecánica efectiva en W/m<sup>2</sup>. (puede estimarse en 0).

l<sub>cl</sub> = es el aislamiento de la ropa en m<sup>2</sup>K/W.

f<sub>cl</sub> = es el factor de superficie de la ropa.

t<sub>a</sub> = es la temperatura del aire en °C.

t<sub>r</sub> = es la temperatura media radiante en °C.

var = es la velocidad relativa del aire en m/s.

p<sub>a</sub> = RH/10\*exp(16.6536-4030.183)/(t<sub>a</sub>+235) ); donde RH es la humedad relativa del aire en porcentaje.

h<sub>c</sub> = es el coeficiente de transmisión del calor por convección en W/m<sup>2</sup>K.

t<sub>cl</sub> = es la temperatura de la superficie de la ropa en °C.

Cálculo del porcentaje de personas insatisfechas: este factor estima la dispersión de los votos de las personas alrededor del voto medio estimado obtenido, este proceso se da mediante el uso de una ecuación:

$$PPD = 100 - 95 * e^{-0.03353PMV^4 - 0.2179PMV^2}$$

En la que:

PPD= Porcentaje de Personas Insatisfechas

PMV= Voto Medio Estimado

Análisis de los resultados: si obtenemos un valor de PMV entre -0.5 y 0.5 quiere decir que estamos en una situación térmica satisfactoria y confortable, pero al no estar entre estos rangos se estima que será una situación térmica inadecuada. En cambio, sí tenemos un valor de hasta el 10% de PPD quiere decir que estamos en una situación satisfactoria ya que quiere decir que el

90% está satisfecho; pero si tenemos un valor de PPD mayor al 10% ya estaríamos en una situación de in confort (Mas, 2015; Gelman, 2017).

A continuación, en la Tabla 5-2. Se muestran las mediciones obtenidas por cada operador en su respectiva excavadora en función de su actividad de trabajo, cada medición se lo realizó dentro de la cabina del operador desde las 10 am hasta las 12 pm, donde las condiciones ambientales de temperatura oscilaron entre una temperatura Max. 27.3 °C, HR (Humedad relativa) de 34.5% y temperatura Min. 14°C HR (Humedad relativa) de 52.6%, se utilizó instrumentos de medida para obtener todos los parámetros necesarios para el respectivo análisis, además el tiempo de cada medición fue realizada con un lapso de 15 minutos, es decir 15 minutos los operadores ejercen su actividad de trabajo sin el uso del sistema de climatización automotriz posterior a eso se realiza otra medición de 15 minutos con el sistema de climatización activo.

#### 2.14. Método de cálculo de resultados mediante el software

El software como tal utilizado es de un portal web creado por la Universidad Politécnica de Valencia con sede en España dicho portal es especializado en medir la ergonomía presente en los puestos de trabajo es así que en una de sus funciones del portal, en un apartado para medir ambientes térmicos, utiliza el método de Fanger para el cálculo de todas las variables que necesitan para el respectivo análisis, acerca del portal de Ergonautas quienes lo conforman son un numeroso equipo humano, compuestos de técnicos y programadores, así como investigadores y profesores de la Universidad Politécnica de Valencia, lo cual da fiabilidad del estudio realizado por los autores de éste trabajo de investigación.

Para los cálculos que se presenta en la Tabla 6-2. Los datos se obtienen a partir del ingreso de datos de las mediciones obtenidas en el lugar y puestos de trabajo en las diferentes excavadoras utilizadas es así que como primer paso se ingresa los datos iniciales descritos en la Fig 4-2.

Fanger-Evaluación de la sensación térmica					
Archivos	Datos	Evaluación	Resultado	Informe	
Evaluación					
introduce los datos necesarios para realizar la evaluación					
Condiciones ambientales					
Temperatura del aire	19	°C	Velocidad del aire	0.1	m/s
Temperatura radiante media	18	°C	Humedad relativa	40	%
Medidas medidas en el termostato de cabina					

**Figura 6-2:** Ventana de ingreso de datos iniciales del software.

Fuente: (Politécnica de Valencia, 2008)

Para valores de aislamiento de la ropa clo, se considera el tipo de ropa que el operador posee durante la jornada de trabajo, los niveles considerados para este valor están estipulados bajo la normativa ISO 7730 e ISO 9920, dichos valores se muestran en la Tabla1-2, ahora bien la función que el software realiza para calcular este valor es de la siguiente manera, el programa calcula este valor a partir de un ingreso de las condiciones de vestimenta que posee el operador de la maquinaria como se indica en la Figura 7-2. Se debe ir seleccionando toda la indumentaria que se crea conveniente.

The figure shows a software interface for selecting clothing items. It is organized into several sections, each with a title and a list of items with checkboxes:

- Pantalones:**
  - Cortos
  - Ligeros
  - Normales
  - De franela
- Vestidos/Faldas:**
  - Faldas ligeras (verano)
  - Faldas gruesas (invierno)
  - Vestidos ligeros, mangas cortas
  - Vestidos de invierno, mangas largas
  - Monos
- Jersey:**
  - Chalecos
  - Jersey fino
  - Jersey
  - Jersey grueso
- Chaquetas:**
  - Ligeras, de verano
  - Chaquetas
  - Sitas
- Combinaciones de prendas:**

Selecciona las prendas vestidas por el trabajador

  - Ropa interior:**
    - Bragas
    - Calzoncillos de cintura larga
    - Camiseta sin mangas
    - Camiseta de manga corta
    - Camiseta de manga larga
    - Bragas y sujetador
  - Camisas/Blusas:**
    - Mangas cortas
    - Ligeras, mangas largas
    - Normales, mangas largas
    - De franela, mangas largas
    - Blusa ligera, mangas largas

**Figura 7-2:** Datos a ingresar para el cálculo de clo.

**Fuente:** (Politécnica de Valencia, 2008).

A partir de los datos que se ingrese el programa calcula el valor de clo, para nuestro caso una vez ingresada la indumentaria que vestían ese momento de la recolección de datos, se considera un valor de 0,97 clo, la cual se representa en la tabla 1-2.

Para el valor de la Tasa metabólica el software lo calcula a partir de la normativa española ISO 8996 la cuál trata de la ergonomía del ambiente térmico, específicamente en la determinación de la tasa metabólica, se lo calcula según el tipo de profesión, por lo que el proceso que se sigue es ubicando la profesión en este caso Transporte y a continuación en la opción de conductor de grúa, así como lo indica en la Figura 8-2.

**Figura 8-2:** Datos a ingresar para el cálculo de clo.

**Fuente:** (Politécnica de Valencia, 2008).

Posterior a los datos ingresados en el software que se explica en el apartado anterior, calculamos el valor que nos da el programa el cuál es de 1,81 met, que realizando un valor de conversión de  $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$  da un valor de  $105,34 \text{ W/m}^2$  como lo indica la Fig 9-2. Según el programa.

**Figura 9-2:** Valor calculado de la Tasa metabólica según el programa.

Fuente: (Politécnica de Valencia, 2008)

Es importante conocer que este dato de 1,81 met es calculado a través del programa elegido para el estudio, otra opción que se podía considerar es sacando directamente de la normativa mencionada la que trata de valores de tasa metabólica según el tipo de profesión como se indica en la Figura 10-2. Esta tabla en la sección de profesión, en conductor de grúa nos da un rango de 65 a 145  $W/m^2$ , que, si comparamos con el valor que nos dio el software que era de 105,34  $W/m^2$ , podemos afirmar que nos encontramos dentro del rango establecido en la normativa ISO 8996.

Profesión	Metabolismo $W/m^2$	Profesión	Metabolismo $W/m^2$	Profesión	Metabolismo $W/m^2$
<b>ARTESANOS</b>		<b>INDUSTRIA SIDERÚRGICA</b>		<b>IMPRENTA</b>	
Albañil .....	110 a 160	Obrero de altos hornos .....	170 a 220	Compositor manual .....	70 a 95
Carpintero .....	110 a 175	Obrero de horno eléctrico .....	125 a 145	Encuadernador .....	75 a 100
Vidriero .....	90 a 125	Moldeador a mano .....	140 a 240	<b>AGRICULTURA</b>	
Pintor .....	100 a 130	Moldeador a máquina .....	105 a 165	Jardinero .....	115 a 190
Panadero .....	110 a 140	Fundidor .....	140 a 240	Conductor de tractor .....	85 a 110
Carnicero .....	105 a 140	<b>FERRERÍA Y CERRAJERÍA</b>		<b>CIRCULACIÓN</b>	
Relojero .....	55 a 70	Herrero forjador .....	90 a 200	Conductor de coche .....	70 a 90
<b>INDUSTRIA MINERA</b>		Soldador .....	75 a 125	Conductor de autocar .....	75 a 125
Empujador de vagonetas .....	70 a 85	Tornero .....	75 a 125	Conductor de tranvía .....	80 a 115
Picador de hulla (estratificación base) .....	140 a 240	Fresador .....	80 a 140	Conductor de trolebús .....	80 a 125
Obrero de horno de coque .....	115 a 175	Mecánico de precisión .....	70 a 110	Conductor de grúa .....	65 a 145
				<b>PROFESIONES DIVERSAS</b>	
				Laborante .....	85 a 100
				Profesor .....	85 a 100
				Vendedora .....	100 a 120
				Secretaría .....	70 a 85

**Figura 10-2:** Rangos de valores de la tasa metabólica según la actividad a realizar.

Fuente: (Nogareda y Luna, 1991).

**Tabla 6-2:** Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 1.

Operador N° 1							
Nombre: Juan Carlos Cahuatijo Urcuango							
Variable	Velocidad del aire	Temperatura del globo	Temperatura del termómetro seco	Temperatura media radiante	Tasa Metabólica	Aislam. de la ropa	
Símbolos	Va	Tg	Ts	Tmr	mets	Clo	
Unidades	m/s	°C	°C	°C	mets	Clo	
M-1	con A/C	0,1	22,1	21,6	22,40	1,81	0,97
	sin A/C	0,1	25	24,3	25,42		
M-2	con A/C	0,1	22,2	21,8	22,44		
	sin A/C	0,1	24	23,5	24,30		
M-3	con A/C	0,1	23	22,2	23,48		
	sin A/C	0,1	24,8	23,7	25,46		
M-4	con A/C	0,1	23	21,8	23,72		
	sin A/C	0,1	25,1	24,4	25,52		

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Figura 11-2:** Operador 1 y obtención de datos durante su trabajo.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Tabla 7-2:** Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 2.

Operador N° 2							
Nombre: Henry Magos Cedeño Licui							
Variable	Velocidad del aire	Temperatura del globo	Temperatura del termómetro seco	Temperatura media radiante	Tasa Metabólica	Aislam. de la ropa	
<b>Símbolos</b>	Va	Tg	Ts	Tmr	mets	clo	
<b>Unidades</b>	m/s	°C	°C	°C	mets	Clo	
<b>M- 1</b>	con A/C	0,1	22	21,7	22,18	1,81	0,97
	sin A/C	0,1	26	24,2	27,08		
<b>M- 2</b>	con A/C	0,1	23	22,7	23,18		
	sin A/C	0,1	25,2	23,9	25,98		
<b>M- 3</b>	con A/C	0,1	24,6	23,2	25,44		
	sin A/C	0,1	26	24,8	26,72		
<b>M- 4</b>	con A/C	0,1	23	22,2	23,48		
	sin A/C	0,1	25,9	24,3	26,86		

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Figura 12-2:** Operador 2 y obtención de datos durante su trabajo.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

**Tabla 8-2:** Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 3.

Operador N° 3							
Nombre: José Miguel Vega Troya							
Variable	Velocidad del aire	Temperatura del globo	Temperatura del termómetro seco	Temperatura media radiante	Tasa Metabólica	Aislam. de la ropa	
Símbolos	Va	Tg	Ts	Tmr	mets	clo	
Unidades	m/s	°C	°C	°C	mets	clo	
M- 1	con A/C	0,1	22,2	21,8	22,44	1,81	0,97
	sin A/C	0,1	26	25,6	26,24		
M- 2	con A/C	0,1	23,2	22,6	23,56		
	sin A/C	0,1	25,6	24,9	26,02		
M- 3	con A/C	0,1	22,5	22,1	22,74		
	sin A/C	0,1	26,3	25,1	27,02		
M- 4	con A/C	0,1	23	21,9	23,66		
	sin A/C	0,1	25,8	24,6	26,52		

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Figura 13-2:** Operador 3 y obtención de datos durante su trabajo.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

**Tabla 9-2:** Datos obtenidos durante las mediciones dentro de la cabina operador 4.

Operador N° 4							
Nombre: Guido Ernesto Romero Pacheco							
Variable		Velocidad del aire	Temperatura del globo	Temperatura del termómetro seco	Temperatura media radiante	Tasa Metabólica	Aislam. de la ropa
Símbolos		Va	Tg	Ts	Tmr	mets	clo
Unidades		m/s	°C	°C	°C	mets	clo
M- 1	con A/C	0,1	22,1	21,6	22,40	1,81	0,97
	sin A/C	0,1	24,6	22,3	25,98		
M- 2	con A/C	0,1	22,9	22,4	23,20		
	sin A/C	0,1	24	23,2	24,48		
M- 3	con A/C	0,1	22	21,4	22,36		
	sin A/C	0,1	23,5	22,8	23,92		
M- 4	con A/C	0,1	23	22,2	23,48		
	sin A/C	0,1	25,2	23,9	25,98		

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Figura 14-2:** Operador 4 y obtención de datos durante su trabajo.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

### CAPÍTULO III

#### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En las gráficas 1-3, 2-3, 3-3, 4-3; Se muestra un gráfico de barras sobrepuestas las cuales permiten representar los rangos del Voto Medio Estimado para cada una de las cuatro mediciones que se hizo por cada operador, cabe recalcar que se ha asignado abreviaturas para cada medición (Medición número 1 = M-1, sucesivamente), de igual manera mediante el uso de la gráfica de dispersión con puntos se marca los valores obtenidos del PMV de las cuatro mediciones que se han realizado con la activación y sin la activación del sistema de climatización automotriz, a sí mismo se ha utilizado abreviaturas para cada condición (con A/C = climatización automotriz activado; sin A/C = climatización automotriz desactivado).

En la Tabla 1-3. Se presentan las denominaciones que se utilizan para la clasificación o valorización de los resultados obtenidos mediante la aplicación del Voto Medio Estimado. En este caso se utilizan el total de siete valoraciones que son: muy frío (-3), frío (-2), ligeramente frío (-1), confortable (-0.5), confortable (0), confortable (0.5), ligeramente caluroso (1), caluroso (2), muy caluroso (3).

**Tabla 1- 3:** Criterios de valorización del Voto Medio Estimado.

muy frío	
Frío	
ligeramente frío	
Confortable	
Confortable	
Confortable	
ligeramente caluroso	
Caluroso	
muy caluroso	

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

En las Tablas 2-3, Se muestran los resultados del Voto Medio Estimado (PMV) obtenidos mediante el uso de la ecuación 2. De igual manera en la Grafica 1-3. se representa los valores de PMV de la condición con A/C y sin A/C en los rangos de valorización del PMV, en la M – 1 con A/C se presenta un resultado que se considera confortable para el operador pero para la condición sin A/C tiende a incrementar, lo que ya cuenta como una sensación ligeramente calurosa para el operador, esta fenómeno de incremento se da en las cuatro mediciones del Operador 1, los valores de PMV con mayor notoriedad se presentan en la M – 4 ya que tenemos en la condición de con

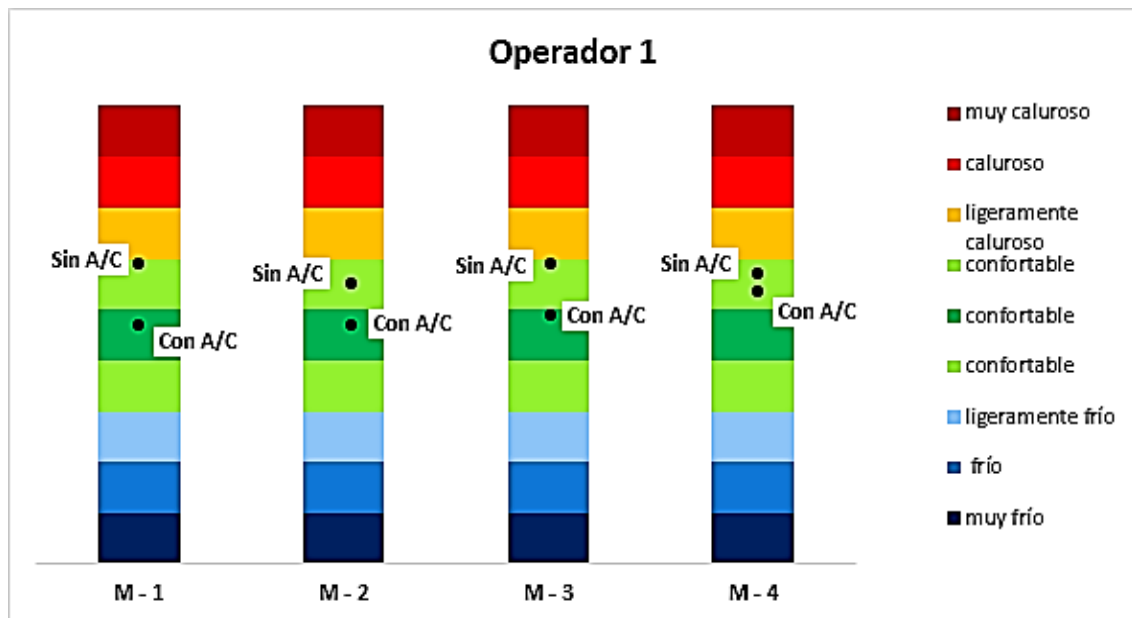
A/C un valor de 0,62 considerado ligeramente caluroso y sin A/C un valor de 0,9 considerado ligeramente caluroso, ya que no existe una sensación confortable.

### 3.1. Resultados del operador 1

**Tabla 1-3:** Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) de las mediciones del operador 1.

		MEDICIÓN -1		MEDICIÓN - 2		MEDICIÓN -3		MEDICIÓN - 4	
		con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C
Operador 1	P								
	M	0,45	0,91	0,45	0,72	0,55	0,91	0,62	0,9
	V								

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Gráfico 1-3:** Voto medio estimado del operador 1.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

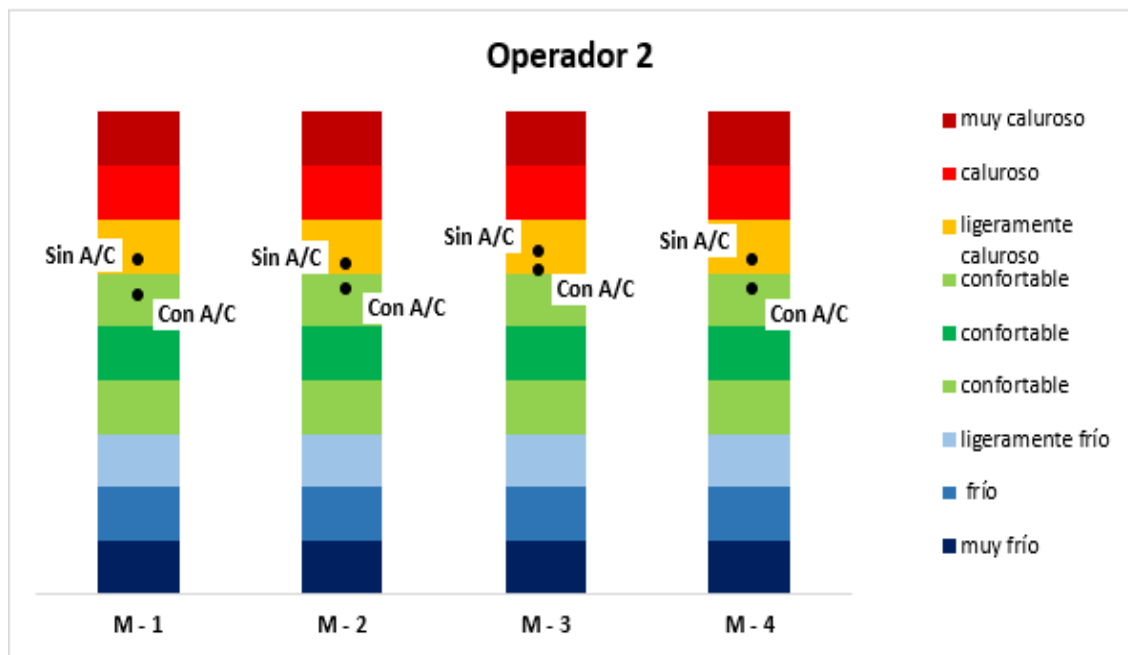
En la Tabla 3-3, Se muestran los resultados del Voto Medio Estimado (PMV) obtenidos mediante el uso de la ecuación 2, de igual manera en la Grafica 2-3. se representa los valores de PMV de la condición con A/C y sin A/C en los rangos de valorización del PMV, se manifiesta un caso interesante ya que en las cuatro mediciones con A/C y sin A/C en ninguno se presenta un caso de confort para el Operador 2, teniendo como valor mínimo 0,71 considerado ligeramente caluroso en la condición con A/C y 1,24 considerado caluroso en la condición sin A/C dentro de la M – 1, y como máxima en la M – 3 con valores de 1,01 con A/C y 1,33 y sin A/C 1.33, ambos valores considerados como calurosos.

### 3.2. Resultados del operador 2.

**Tabla 3- 2:** Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) de las mediciones del operador 2

		MEDICIÓN -1		MEDICIÓN - 2		MEDICIÓN - 3		MEDICIÓN - 4	
		con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C
Operador 2	P M V	0,71	1.24	0,87	1,17	1,01	1,33	0,78	1,24

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Gráfico 2-3:** Voto medio estimado del operador 2.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

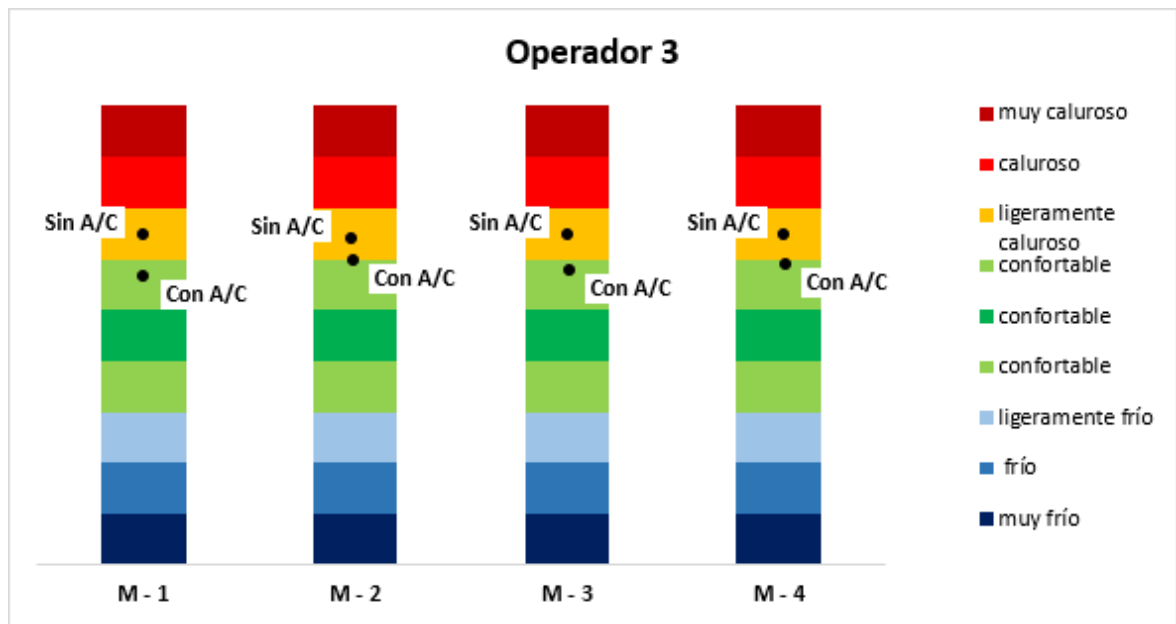
En las Tablas 4-3, Se muestran los resultados del Voto Medio Estimado (PMV) obtenidos mediante el uso de la ecuación 2, así mismo en la Grafica se representa los valores de PMV de la condición con A/C y sin A/C en los rangos de valorización del PMV, dentro de las cuatro mediciones no se ha obtenido ningún valor que se considere confortable para él operador ya que todos están en los rangos de ligeramente caluroso y caluroso.

### 3.3. Resultados del operador 3.

**Tabla 3- 3:** Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) del operador 3

		MEDICIÓN -1		MEDICIÓN - 2		MEDICIÓN - 3		MEDICIÓN - 4	
		con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C
Operador 3	P								
	M	0,83	1,42	1,01	1,34	0,9	1,4	0,97	1,40
	V								

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Gráfico 3-3:** Voto medio estimado del operador 3.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

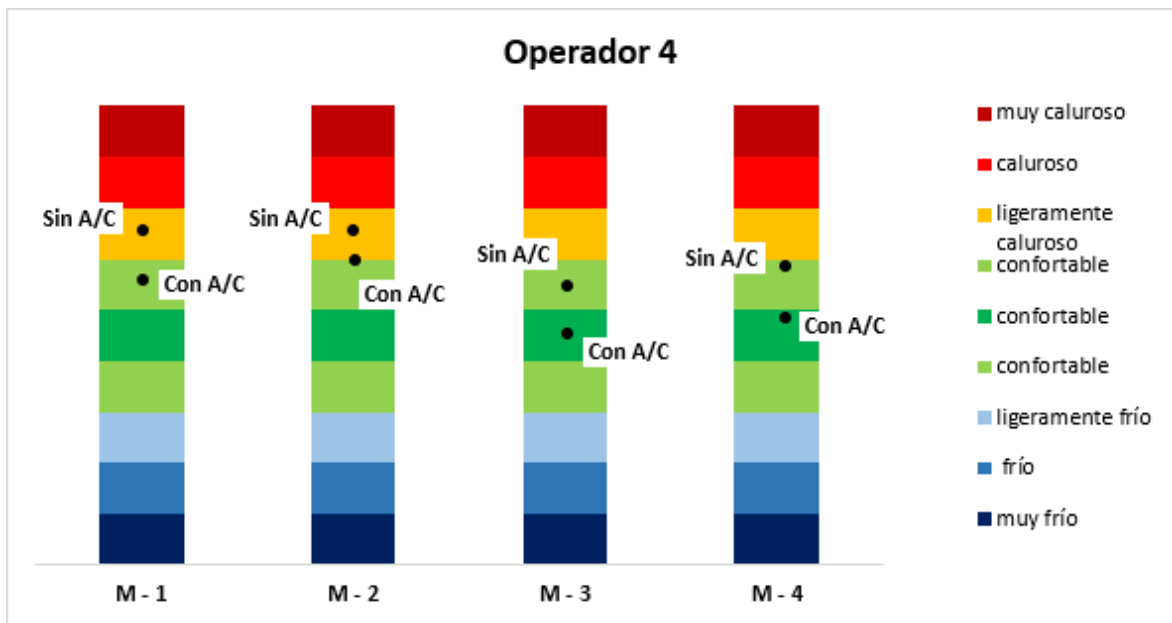
En las Tablas 5-3, Se muestran los resultados del Voto Medio Estimado (PMV) obtenidos mediante el uso de la ecuación 2, así mismo en la Grafica 4-3 se representa los valores de PMV de la condición con A/C y sin A/C en los rangos de valorización del PMV, el Operador 4 presenta una de las condiciones más cercanas a una sensación confortable durante las cuatro mediciones y en ambas condiciones, arrojando un valor de 0,36 denominado confortable con A/C en la M – 3 y un valor máximo de 0,98 denominado ligeramente caluroso en la M – 4.

### 3.4. Resultados del operador 4.

**Tabla 4- 3:** Resultados de los valores del voto medio estimado (PMV) del operador 4

		MEDICIÓN -1		MEDICIÓN - 2		MEDICIÓN - 3		MEDICIÓN - 4	
		con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C	con A/C	sin A/C
Operador 4	P								
	M	0,45	0,79	0,54	0,72	0,36	0,72	0,54	0,98
	V								

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.



**Gráfico 4-3:** Voto medio estimado del operador 4.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Uno de los métodos para evaluar es el Porcentaje de Personas Insatisfechas o con sus siglas PPD, el cual permite obtener un valor porcentual sobre el cien por ciento, un valor de insatisfacción que se presenta, cabe mencionar que para este caso se lo aplica de manera individual a cada operador. La Tabla 6-3. Se presentan los resultados del PPD mediante la aplicación de la ecuación 3 del Operador – 1, en este caso tenemos los valores para la condición con A/C y sin A/C para cada medición.



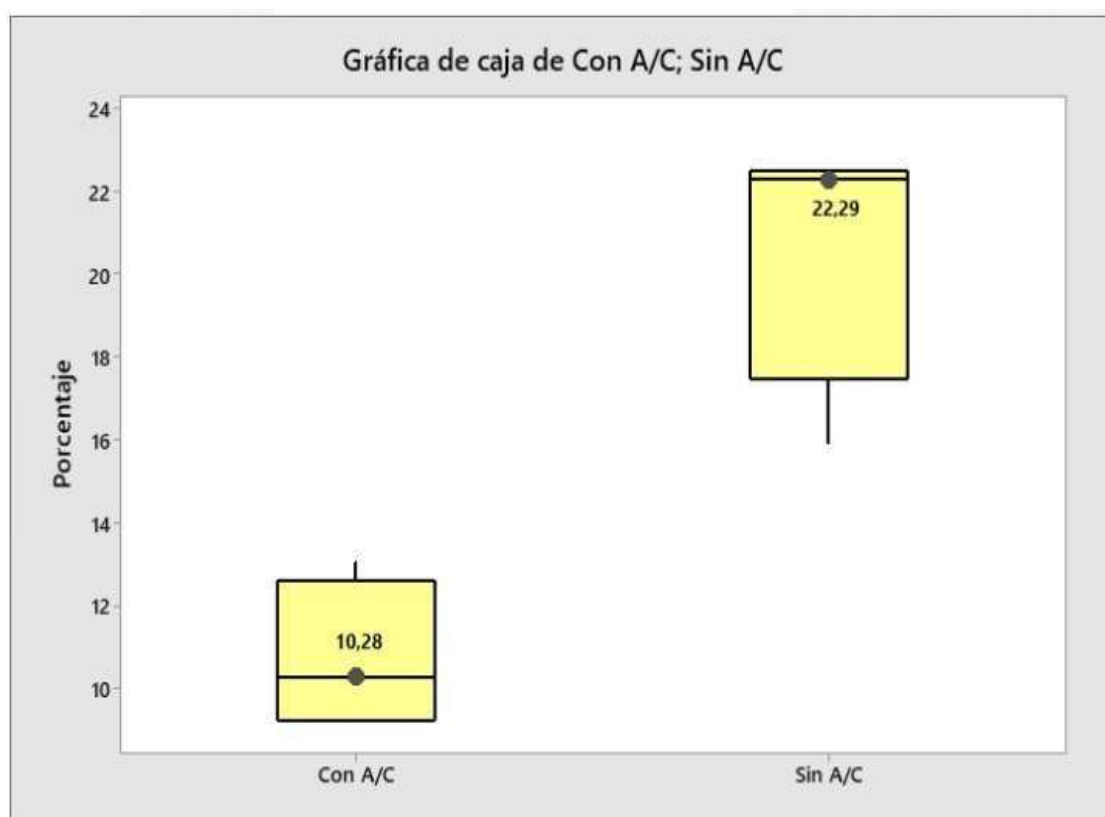
**Tabla 5- 3:** Resultados del PPD del operador 1.

**Operador 1**

	<b>Condición</b>	<b>PPD</b>
<b>Medición - 1</b>	con A/C	9,23
	sin A/C	22,49
<b>Medición - 2</b>	con A/C	9,23
	sin A/C	15,91
<b>Medición - 3</b>	con A/C	11,33
	sin A/C	22,49
<b>Medición - 4</b>	con A/C	13,06
	sin A/C	22,1

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Por otra parte, En la Gráfica 5-3, nos presenta un valor de mediana del 10,28% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que nos permite entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 89,72%, por otro lado, tenemos un valor del 22,29% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C de igual manera quiere decir que el 77,71% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición.



**Gráfico 5-3:** Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 1.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

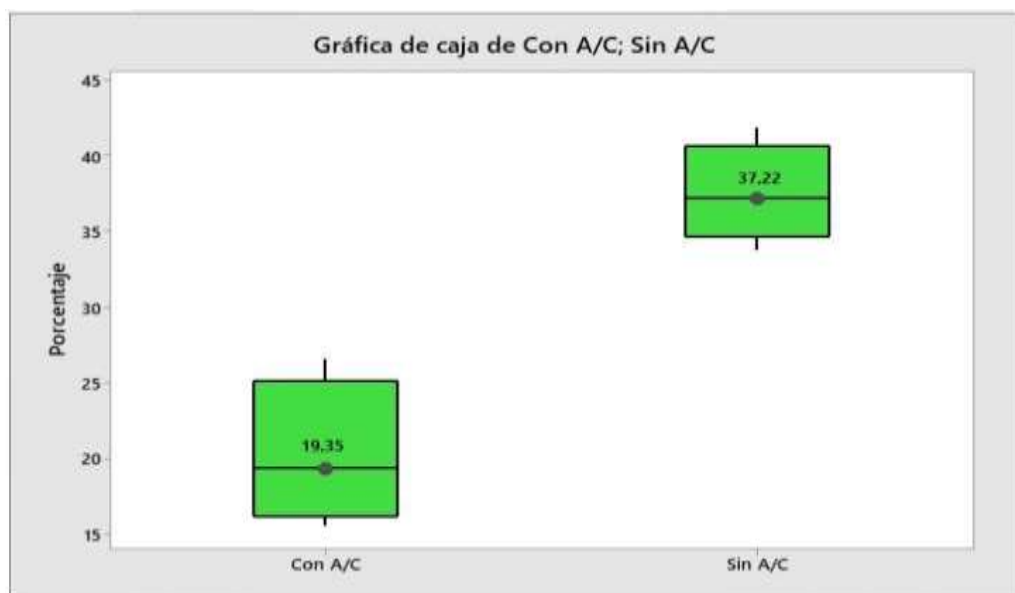
La Tabla 7-3. Se presentan los resultados del PPD mediante la aplicación de la ecuación 3 del Operador – 2, en este caso tenemos los valores para la condición con A/C y sin A/C para cada medición.

**Tabla 6- 3:** Resultados del PPD del operador 2.

<b>Operador 2</b>		
	<b>Condición</b>	<b>PPD</b>
<b>Medición - 1</b>	con A/C	15,6
	sin A/C	37,22
<b>Medición - 2</b>	con A/C	20,98
	sin A/C	33,79
<b>Medición - 3</b>	con A/C	26,54
	sin A/C	41,82
<b>Medición - 4</b>	con A/C	17,82
	sin A/C	37,22

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Por otra parte, En la Gráfica 6-3, nos presenta un valor de mediana del 19,35% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que nos permite entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 80,65%, por otro lado, tenemos un valor del 37,22% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C de igual manera quiere decir que el 62,78% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición.



**Gráfico 6-3:** Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 2.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

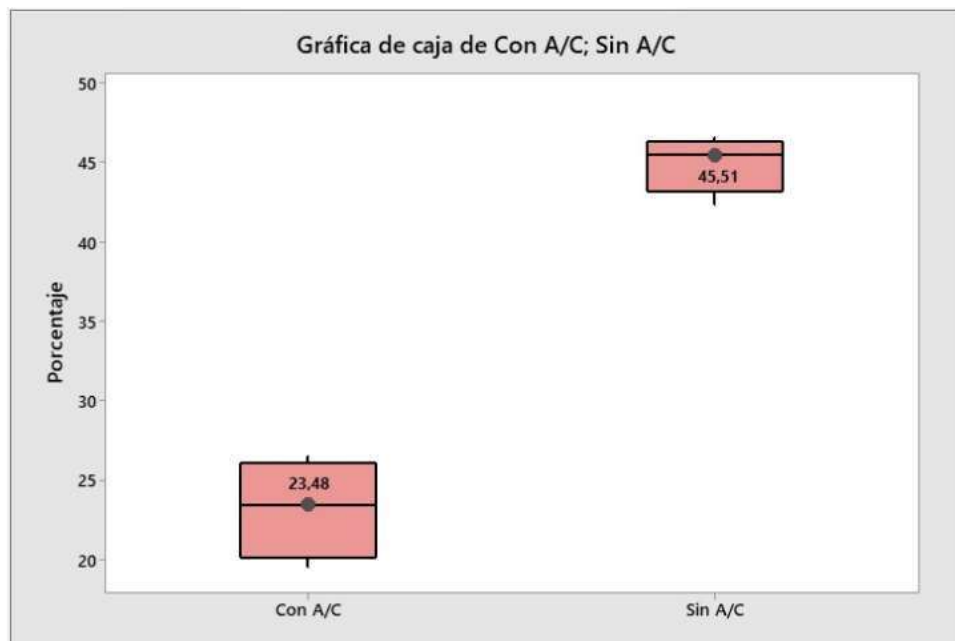
La Tabla 8-3. Se presentan los resultados del PPD mediante la aplicación de la ecuación 3 del Operador – 3, en este caso tenemos los valores para la condición con A/C y sin A/C para cada medición.

**Tabla 7- 3:** Resultados del PPD del operador 3.

Operador 3		
	Condición	PPD
<b>Medición - 1</b>	con A/C	19,53
	sin A/C	46,58
<b>Medición - 2</b>	con A/C	26,54
	sin A/C	42,34
<b>Medición - 3</b>	con A/C	22,1
	sin A/C	45,51
<b>Medición - 4</b>	con A/C	24,87
	sin A/C	45,51

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

A continuación, en la Gráfica 7-3, nos presenta un valor de mediana del 23,48% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que nos permite entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 76,52%, por otro lado, tenemos un valor del 45,51% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C de igual manera quiere decir que el 54,49% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición.



**Gráfico 7-3:** Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 3.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

La Tabla 9-3. Se presentan los resultados del PPD mediante la aplicación de la ecuación 3 del Operador – 4, en este caso tenemos los valores para la condición con A/C y sin A/C para cada medición.

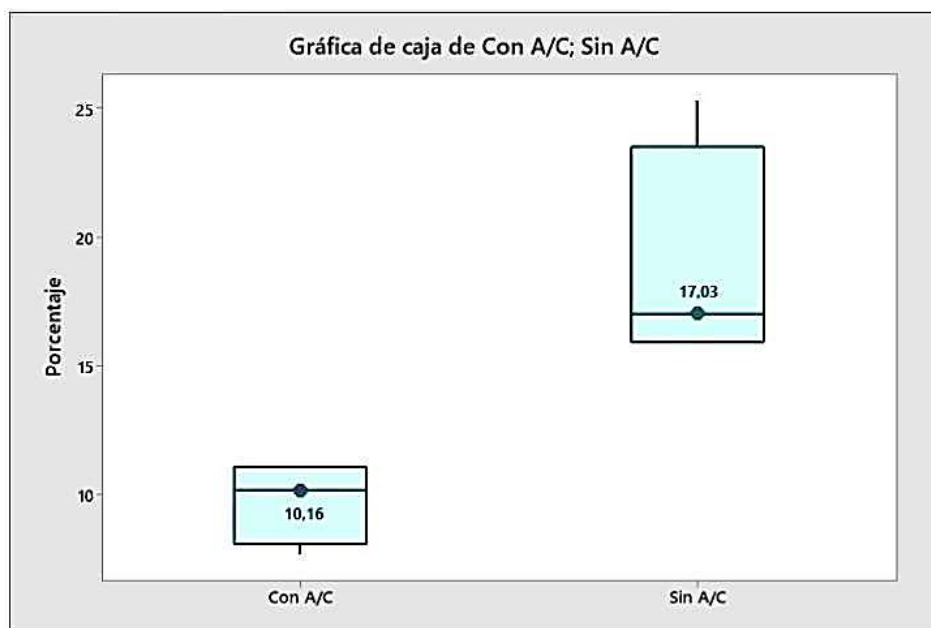
**Tabla 8- 3:** Resultados del PPD del operador 4.

**Operador 4**

	Condición	PPD
<b>Medición - 1</b>	con A/C	9,23
	sin A/C	18,16
<b>Medición - 2</b>	con A/C	11,1
	sin A/C	15,91
<b>Medición - 3</b>	con A/C	7,7
	sin A/C	15,91
<b>Medición - 4</b>	con A/C	11,1
	sin A/C	25,29

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

A continuación, en la Gráfica 8-3, nos presenta un valor de mediana del 10,16% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que nos permite entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 89,84%, por otro lado, tenemos un valor del 17,03% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C de igual manera quiere decir que el 82,97% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición.



**Gráfico 7-3:** Diagrama de cajas y bigotes general PPD para el operador 4.

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

Como se mostró anteriormente los resultados del PPD mediante la aplicación de la ecuación 3 de cada operador y a su vez el promedio de las mediciones que se realizó.

La Tabla 9-3. se presentan la recolección de los datos para la condición con A/C y sin A/C de todo nuestro estudio, dichos datos serán evaluados mediante un diagrama de cajas y bigotes, el mismo que nos permite evaluar los datos y por ende establecer una respuesta del estudio.

**Tabla 9- 3:** Resultados PPD generales

<b>PPD</b>	
<b>Con A/C</b>	<b>Sin A/C</b>
9,23	22,49
9,23	37,22
11,33	46,58
13,06	18,16
15,6	15,91
20,98	33,79
26,54	42,34
17,82	15,91
19,53	22,49
9,23	41,82
26,54	45,51
11,1	15,91
22,1	22,1
7,7	37,22
24,87	45,51
11,1	25,29

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

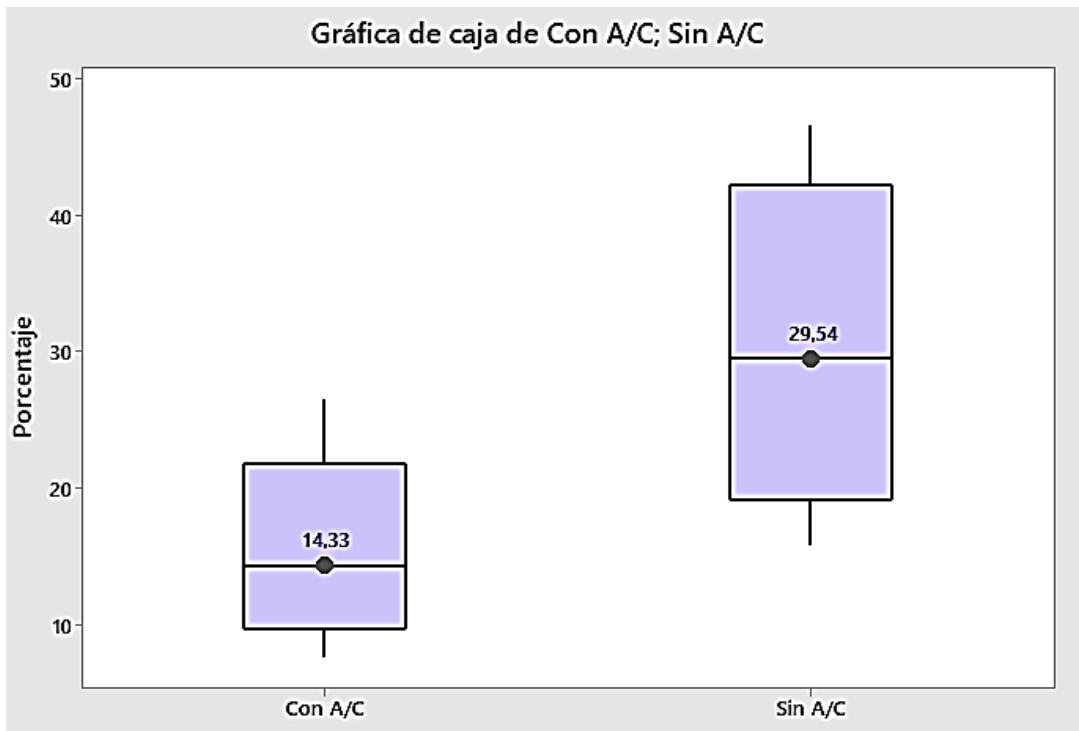
**Tabla 11-3:** Valores para el análisis estadístico.

	<b>con A/C</b>	<b>sin A/C</b>
<b>Extremo 1</b>	9,23	22,49
<b>Cuartil 1</b>	10,63	21,12
<b>Mediana</b>	14,33	29,54
<b>Cuartil 2</b>	21,26	41,95
<b>Extremo 2</b>	11,1	25,29

**Realizado por:** Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

La Gráfica 9-3 presenta el análisis con diagrama de cajas y bigotes realizado en el software estadístico Minitab con el objetivo de analizar el porcentaje total de personas insatisfechas o que se encontraron fuera de confort dentro de las excavadoras. Además nos presenta un valor de mediana del 14,33% como porcentaje de operadores insatisfecho en la condición A/C, lo que nos permite entender que la satisfacción de los operadores al trabajar con A/C es del 85,67%, por otro lado tenemos un valor del 29,54% de operadores insatisfechos bajo la condición de sin A/C de

igual manera quiere decir que el 70,46% de insatisfacción de los operadores al trabajar en esa condición, dichos valores se muestran en la Tabla 10-3.



**Gráfico 8-3:** Diagrama de cajas y bigotes del estudio para el PPD.

Realizado por: Moreno, Carlos; Rojas, Bryan, 2022.

El diagrama de cajas y bigotes permite entender de la importancia que representa el uso del sistema de climatización automotriz dentro de la cabina del operador, aquí se presenta de manera general los rangos de porcentajes de personas insatisfechas correspondientes al estudio del presente trabajo de investigación.

Un estudio evaluó con base en los parámetros de confort térmico de (Fanger 1970) (PMV en escala de siete puntos ASHRAE y porcentaje de insatisfacción PPD). Por lo tanto, el PMV entre  $\pm 0,5$ , que representaba la zona de confort correspondiente a un valor del 10% de la PPD, se consideró. En consecuencia, en este estudio, se encontró que la temperatura del aire de la cabina, que satisfará el confort térmico de los ocupantes, fue entre 25–27°C. En este experimento, se estableció un límite superior de 27 ° C como temperatura de confort objetivo para el enfriamiento (Lahimer et al. 2018).

Se considera el PPD en 20%, que correspondió a -0,85 a 0,85 del índice PMV. La aplicación del método de Fanger para establecer el nivel de confort de los operadores dentro de las cabinas de las excavadoras lleva una serie de variables, una de ellas es el voto medio estimado PMV realizado al estudio, dicho método establece que el rango de valores obtenidos de entre -0,5 y 0,5 se debe considerar satisfactoria la sensación térmica presente por parte del usuario u

operador en este caso, por ende es bien dicho mencionar como confortable el lugar de trabajo, si por otras circunstancias los datos obtenidos salieran del rango antes mencionado se dará por hecho que el ambiente es inadecuado, la comparativa se lo hace haciendo uso del sistema de climatización dentro de este ambiente cerrado y se mide cuán importante es este dispositivo implementado dentro de las cabinas (Neacșu et al. 2009).

Según la normativa ISO 8996, la cual trata de la ergonomía del ambiente térmico, específicamente de la determinación de la tasa metabólica, propone tablas indicadoras de este valor, las mismas que van clasificadas de acuerdo al tipo de actividad que se realiza es decir a la profesión, es así que para la profesión de operador de maquinaria pesada establece un rango de 65 a 145  $W/m^2$ , Fanger por otro lado propone que para la selección de este valor se lo haga de acuerdo a niveles es decir considerar rangos según el tipo de actividad por lo que incluye a la actividad un valor de 65  $W/m^2$ , va a ser considerado útil no sólo como un indicador para la estimación del confort térmico mediante el Voto Medio Estimado, sino también para la evaluación de la carga física asociada a la tarea, al observarse una relación directa entre la dureza de la actividad desarrollada y el valor de la tasa metabólica.

Un estudio realizado de sensación térmica dentro de la cabina de un vehículo para medir el grado de confort térmico en sus ocupantes, menciona un estudio realizado utilizando modelos de Berkeley y Fanger, al realizar la comparativa en sus dos modelos se establece que los valores obtenidos según el segundo mencionado, cuando la RH disminuye, el sistema de A / C de la cabina puede alcanzarla zona de confort humano ( $PMV \frac{1}{4}H0.5$ ) más rápido. Entonces, al final de un proceso de enfriamiento, cuando el valor de HR se vuelve alrededor del 20%, el valor de PMV es 0,18 y el porcentaje de personas que se sienten incómodo según lo descrito por el PPD es de alrededor del 5% (Alahmer et al. 2012).

Por otro lado, el estudio realizado en nuestro tema de investigación la humedad HR relativa considerada como datos iniciales oscilaron entre la Temperatura Max. 27.3 °C, HR% 34.5 y Temperatura Min. 14°C HR% 52.6 debido a la condición ambiental obtenida debidamente con los instrumentos de medición, dicho de esta manera los índices PPD en promedio de las mediciones obtenidas son satisfactorias acorde al uso del sistema de climatización.

## CONCLUSIONES

El accionamiento del sistema de climatización automotriz dentro de las cabinas de las maquinarias utilizadas propone una solución para los operadores, ya que en el estudio realizado se obtuvo un 85,67% de satisfacción dentro del ambiente cerrado, durante su jornada de trabajo.

La investigación del modelo de Fanger aplicado a normativas de ergonomía en el medio ambiente, así como sus variables y ecuaciones utilizadas durante el análisis e interpretación de resultados determinan una idea del entorno de trabajo presente en el ambiente de la cabina de las excavadoras, el nivel de inconformidad que pueden llegar a tener los operadores es del 29,54%, con los equipos de medición debidamente calibrados los cuales dan fiabilidad de la investigación.

Los problemas que causa el no contar con el sistema de climatización automotriz pueden llegar a afectar la salud del operador que labora al interior de la cabina de las excavadoras, un ambiente óptimo recomendable para el trabajo debe ser entre 20°C y 25°C esto puede variar según las condiciones ambientales presentes.

Referente al porcentaje de insatisfacción que se da en el operador 2 con un 37,22% y el operador 3 con un 45,51% se relacionan directamente con el tipo de vestimenta que usan, ya que es un factor muy importante dentro de las variables a considerar para el grado de confort



## **RECOMENDACIONES**

Para la toma de mediciones, los equipos como el medidor WBGT de estrés térmico Tenmars, y anemómetro deben estar calibrados correctamente bajo una revisión técnica P028 (revisión 02) basado en la norma IEC 60942, avalados por algún laboratorio de metrología, y se debe verificar mediante los certificados de calibración emitidos, esto con el fin de garantizar la toma de las mediciones.

En caso de realizar estudios similares a este trabajo, es recomendable llevar a cabo las mediciones en un rango de hora donde la temperatura ambiental se encuentre en la zona con más exposición solar, de ser el caso puede ser en horarios desde las 10:00 am a 12:00 del mediodía. Esto dependerá de la zona geográfica

Continuar con estudios y evaluaciones sobre el confort no solo de operadores de maquinaria pesada sino de todos los choferes profesionales en cada región de nuestro país.

Fomentar una política interna laboral en la cual se controle de manera severa el uso de la adecuada vestimenta según en trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABREU, J.** *El Método de la Investigación. Daena: International Journal of Good Conscience* [en línea] 2014 vol. 9, no. 3, pp. 195-204. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf).

**ALAHMER, A. et al.** Analysis of vehicular cabins' thermal sensation and comfort state, under relative humidity and temperature control, using Berkeley and Fanger models. *Building and Environment*, vol. 48, no. 1, 2012, pp. 146-163.

**AMAYA, M.** *Qué es el método cuantitativo, características y diferencia con el cualitativo - Tendenzias.com. TENDENZIAS.COM* [en línea] 2019 [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://tendenzias.com/life/que-es-el-metodo-cuantitativo/>.

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ERGONOMÍA** *¿Qué es la ergonomía? - Asociación Española de Ergonomía. Asociación española de Ergonomía* [en línea] 2009 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>.

AUTOTEST, 2020. El primer automóvil, de festejo. ¿Cuántos años cumple? 2020 [en línea]. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://autotest.com.ar/noticias/quien-y-cuando-se-creo-el-primer-automovil/>.

**ÁVILA, I et al.** *Estrés térmico, salud y confort laboral. journal of chemical information and modeling*, vol. 53, no. 9, 2013, pp. 1689-1699.

**BEMBIBRE, C.** *Definición de Vestimenta » Concepto en Definición ABC. Definicionabc* [en línea] 2010 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/vestimenta.php>.

**BERNAL, C.** *Metodología de la investigación. administración, economía, humanidades y ciencias sociales. César Augusto Bernal Torres. 9789586993098 librería ochoa. pearson editorial, s.a. de c.v.* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: [https://www.libreria8a.com/libro/metodologia-de-la-investigacion\\_34638](https://www.libreria8a.com/libro/metodologia-de-la-investigacion_34638).

**BLENDER, M.** *El confort térmico - Arquitectura y Energía. Arquitectura e ingeniería* [en línea] 2015 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>.

**BRIÑEZ, M.** *Sistemas Hombre - Maquina - Ambiente. Grupo editorial Patria* [en línea] 2020 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://coggle.it/diagram/XVTDIZdgYZGDD4FB/t/sistemas-hombre-maquina-ambiente>.

**CARRASQUILLA, M.** *Metodología de un TFG, TFM o tesis.* [en línea] 2017 [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://www.scribbr.es/estructura/metodologia-de-un-tfg-tfm-o-tesis/>.

**CASTEJÓN, E.** *Documentación NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. Notas Técnicas de Prevención. INSHT, 1983, pp. 1-14.*

**CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.** *NTP 779: Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, no. Bienestar térmico, 2007, pp. 6.*

**CHÁVEZ, F.** *Zona variable de confort térmico. Universitat Politècnica de Catalunya* [en línea] 2012 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93416>.

**CONSTRUMÁTICA.** *Confort Térmico | Construpedia, enciclopedia construcción. Construmatica* [en línea] 2008 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: [https://www.construmatica.com/construpedia/Confort\\_Térmico](https://www.construmatica.com/construpedia/Confort_Térmico).

**FPRL.** *Buenas prácticas para la prevención de los riesgos laborales de los trabajadores expuestos a condiciones climatológicas adversas. Fundación para la prevención de Riesgos Laborales, 2016, pp. 149.*

**GELMAN, L.** *Confort Térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD. 2017* [en línea] 2017 [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: [https://noticias-librodar.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1021:confort-termico-mediante-el-calculo-de-los-indices-pmv-y-ppd&catid=37:notas-tecnicas&Itemid=58](https://noticias-librodar.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1021:confort-termico-mediante-el-calculo-de-los-indices-pmv-y-ppd&catid=37:notas-tecnicas&Itemid=58).

**HELLA.** *Aire acondicionado del vehículo: Funcionamiento y reparación | HELLA. HELLA TECH WORLD* [en línea] 2017 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Climatizacion-de-vehiculos/Aire-acondicionado-del-vehiculo-2203/>.

**HELLOAUTO.** *¿Qué es una Excavadora? - Glosario de mecánica | Hello Auto. helloauto* [en

línea] 2020 [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://helloauto.com/glosario/excavadora>.

**IBERLEY.** *Ambiente térmico del lugar de trabajo en la PRL como condición ambiental* / Iberley. [en línea] 2021 [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.iberley.es/temas/ambiente-termico-lugar-trabajo-prl-condicion-ambiental-63644?\\_\\_cf\\_chl\\_captcha\\_tk\\_\\_=-gvLeqMxchLz1XUQ](https://www.iberley.es/temas/ambiente-termico-lugar-trabajo-prl-condicion-ambiental-63644?__cf_chl_captcha_tk__=-gvLeqMxchLz1XUQ).

**INSHT.** *Notas Técnicas de Prevención Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos(II)*. [en línea] 2005, no.II, pp.1-8. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/923w.pdf>.

**LEON, I.** *Paradigmas y metodos de investigacion*. 2006.

**MARTÍ, A.** *Sistemas de Seguridad y Confort en Vehículos Automóviles - Albert Martí Parera - Google Libros* [en línea]. Primera. Barcelona: Manuales de automoción. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=TRYm=4#v=onepage&q&f=false>.

**MATA, F.** *El confort térmico en los vehículos y su impacto medioambiental La climatización del automóvil requiere también mayor eficiencia energética porque. Ingeniería E Innovación*, pp. 65-69.

**MONROY, E.** *Estrés por frío (I)*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo [en línea] 2015, no. I, pp. 1-6. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1031a1042/NTP1036.pdf>.

**NEUVOO.** *¿Qué hace un Operador de Maquinaria Pesada?* [en línea] 2019 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://neuvoo.es/neuvooPedia/es/operador-maquinaria-pesada/>.

**NEWMAN.** *Maquinaria Pesada: ¿Qué es y para qué sirve?* | Newman Colombia. Newman [en línea] 2020 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://newmanmaquinariapesada.co/que-es-maquinaria-pesada.html>.

**NOGAREDA, S. y LUNA, P.** *Determinación del metabolismo energético. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [en línea] 1991, pp. 1-11. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_323.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_323.pdf).

**NOYA, A.** *Evaluación de la percepción de confort térmico que tienen los estudiantes en el bloque 10 de la universidad de la costa.* S.l.: Universidad de la Costa CUC, 2019.

**OBREGÓN, M.** *Fundamentos de ergonomía - María Guadalupe Obregón Sánchez - Google Libros.* [en línea] 2016 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=chchDgAAQBAJ&pg=PA67&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=chchDgAAQBAJ&pg=PA67&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false).

**ORDOÑEZ, A.** *Confort térmico y cuerpo humano.* [en línea] 2021 [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/confort-termico-y-cuerpo-humano>.

**OROZCO, S.** *Diseño y construcción de un sistema de climatización para ser utilizado en vehículos livianos con el propósito de aumentar el confort del automóvil.* S.l.: Escuela Politécnica del Ejército. 2011.

**OVACEN.** *Tipos de maquinaria construcción u obra y ejemplos | OVACEN. OVACEN* [en línea] 2016 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://ovacen.com/tipos-maquinaria-construccion-obras/>.

**PESANTES, M.** *Confort térmico en el área social de una vivienda unifamiliar en Cuenca-Ecuador. Universida de Cuenca* [en línea] 2012, pp. 43. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/393/1/tesis.pdf>.

**PRIETO, B.** *El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. Cuadernos de Contabilidad,* vol. 18, no. 46, 2018.

**RAFFINO, E.** *Método Cuantitativo - Concepto, usos, ejemplos y características.* [en línea] 2020 [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/metodo-cuantitativo/>.

**RAMÍREZ, S.** *Sistema de climatización trabajo.docx - administraci\u00d3n y negocios sistema de climatizaci\u00d3n nombre Sebasti\u00e1n Ram\u00e9rez Bunster CARRERA ingenier\u00eda en | Course Hero. Inacap* [en línea] 2012 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/92229512/SISTEMA-DE-CLIMATIZACI\u00d3N-TRABAJOdocx/>.

**SINNAPS.** *Enfoque y características del Método Cuantitativo* | *Sinnaps* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodo-cuantitativo>.

**TIXCE, C.** *La interesante historia del aire acondicionado automotriz - Motor y Racing*. 2017 [en línea] 2017 [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/la-interesante-historia-del-aire-acondicionado-automotriz/>.

## ANEXOS

### ANEXO A: DIÁLOGO CON OPERADOR ANTES DE REALIZAR LAS MEDICIONES DENTRO DE LA CABINA.



**ANEXO B: TRABAJO DE OPERADOR Y MAQUINARIA EN EL SECTOR**





**ANEXO C: SELECCIÓN DE MAQUINARIA PARA LABORAR EN LAS MEDICIONES**



**ANEXO D: INGRESO A LA CABINA PARA TOMA DE MEDICIONES**



**ANEXO E: TRABAJOS DE LA MAQUINARIA EN EL LUGAR.**

