

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN COJÍN QUE NO TRANSMITA CALOR A LOS  
CONDUCTORES DE VEHÍCULOS PESADOS

CLAUDIA PATRICIA CARVAJAL TOVAR

MEDELLÍN  
UNIVERSIDAD EAFIT  
DPTO. DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
2010

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN COJÍN QUE NO TRANSMITA CALOR A LOS  
CONDUCTORES DE VEHÍCULOS PESADOS

CLAUDIA PATRICIA CARVAJAL TOVAR

Proyecto De Grado

Asesor: Elkin Alonso Escobar  
Ingeniero Mecánico

MEDELLÍN  
UNIVERSIDAD EAFIT  
DPTO. DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
2010

Nota de aceptación:

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Medellín, 12 de Febrero del 2010

# CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO.....	IV
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE ANEXOS .....	XIV
LISTA DE GRÁFICOS.....	XV
LISTA DE ECUACIONES.....	XVI
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN .....	XVIII
INTRODUCCIÓN. ....	19
<b>1. PUNTO DE PARTIDA.....</b>	<b>20</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	20
1.1.1 El confort como objetivo.....	20
1.1.2 Fuentes de calor.....	21
1.1.3 Razones de peso.....	21
1.3 OBJETIVOS .....	27
1.3.1 Objetivo general.....	27
1.3.2 Objetivos específicos.....	27
1.4 ALCANCE.....	28
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
2.1 METODOLOGÍA SUGERIDA .....	29

2.2	RECURSOS REQUERIDOS .....	30
2.2.1	Materiales. ....	30
2.2.2	Recursos humanos.....	30
2.2.3	Recursos institucionales. ....	30
2.2.4	Otros recursos .....	31
2.3	ÁREA DE ASOCIACIÓN .....	31
2.3.1	Diseño.....	31
2.3.2	Ingeniería de producción .....	31
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DEL MERCADO</b> .....	<b>32</b>
3.1	ANÁLISIS DE CLIENTES POTENCIALES .....	32
3.2	ANÁLISIS DEL TAMAÑO DEL MERCADO .....	36
<b>4.</b>	<b>ERGONOMÍA</b> .....	<b>40</b>
4.1	CONCEPTOS BÁSICOS .....	40
4.2	POSICIÓN SEDENTE .....	41
4.3	DETERMINANTES PARA LA INTERVENCIÓN DE LA ERGONOMÍA .....	43
4.3.1	La salud .....	44
4.4	ANÁLISIS DE DIMENSIONES .....	47
4.5	CONDICIONES DE USO.....	49
4.5.1	Aislamiento térmico ( $I_{clo}$ ). ....	49
4.5.2	Tasa metabólica (M). ....	50
4.5.3	Temperatura del bulbo seco o del aire ( $T_{bs}$ ). ....	51
4.5.4	Humedad relativa ( $H_R$ ). ....	53
4.5.5	Velocidad del aire ( $V_{ar}$ ). ....	53
4.6	EL CONFORT TÉRMICO .....	54
<b>5.</b>	<b>RECOPIACIÓN DE DATOS PARA CÁLCULOS DEL PPD Y PMV</b> .....	<b>57</b>
5.1	AISLAMIENTO TÉRMICO DE LA ROPA ( $I_{clo}$ ) .....	57
5.2	NIVEL METABÓLICO SEGÚN LA ACTIVIDAD (M) .....	58

5.3	TEMPERATURAS .....	59
5.3.1	Temperatura del bulbo seco o del aire ( $T_{bs}$ ) .....	59
5.3.2	Temperatura bulbo húmedo ( $T_{bh}$ ) .....	60
5.3.3	Temperatura del globo ( $T_g$ ).....	61
5.3.4	velocidad del aire ( $V_{ar}$ ).....	61
5.3.5	Temperatura radiante media ( $T_{RM}$ ) .....	62
5.3.6	Humedad relativa (HR) .....	62
5.4	SENSACIÓN TÉRMICA EN CONDUCTORES COLOMBIANOS .....	64
5.4.1	Valor Estimado Medio (PMV).....	65
5.4.2	Porcentaje Estimado de Insatisfechos (PPD) .....	67
<b>6.</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO .....</b>	<b>68</b>
6.1	CONCEPTUALIZACIÓN.....	68
6.1.1	Tamaño.....	68
6.1.2	Ubicación.....	68
6.1.3	Comodidad .....	68
6.1.4	Adaptación.....	69
6.1.5	Impermeabilidad .....	69
6.1.6	Seguridad .....	69
6.1.7	Higiene.....	69
6.2	ESTRUCTURA FUNCIONAL .....	70
6.2.1	Asignación de componentes según funciones.....	70
6.3	ANÁLISIS DE FORMAS .....	71
6.3.1	Superficie de contacto .....	72
6.4	DIAGRAMA MORFOLÓGICO .....	73
6.4.1	Evaluación morfológica.....	74
6.5	LLUVIA DE IDEAS.....	75
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS DE MATERIALES .....</b>	<b>78</b>
7.1	EL RELLENO DE LA SUPERFICIE.....	78
7.1.1	Acido X. ....	78

7.1.2	Metil Parabeno (Nipagin).....	79
7.1.3	Poligel.....	80
7.1.4	Propilenglicol.....	80
7.1.5	Ethamin.....	81
7.1.6	Agua.....	81
7.2	EL RELLENO ESTRUCTURAL.....	82
7.2.1	Aire comprimido.....	82
7.3	VENTILADORES O EXTRACTORES.....	83
7.4	EL CONTENEDOR.....	84
7.4.1	El Policloruro de vinilo (PVC).....	84
7.4.2	Viniplast 500 DS.....	85
7.5	CARCASA.....	86
7.5.1	Polipropileno.....	86
<b>8.</b>	<b>EL DISEÑO.....</b>	<b>87</b>
8.1	RIGIDEZ ESTRUCTURAL.....	87
8.2	MINIMIZACIÓN DE PARTES.....	89
8.2.1	El referente.....	90
8.2.2	Evolución del diseño para la manufactura.....	90
8.2.3	Evolución de electrodos.....	91
8.3	EL DISEÑO DEFINITIVO.....	92
8.4	ESTABILIDAD SUPERFICIAL.....	93
8.4.1	Cálculos para el material.....	93
8.5	La influencia del color.....	96
<b>9.</b>	<b>PROCESOS DE MANUFACTURA.....</b>	<b>97</b>
9.1	TERMOSELLADO CON ALTA FRECUENCIA.....	97
9.2	TERMOFORMADO.....	98
<b>10.</b>	<b>PRUEBAS.....</b>	<b>99</b>

10.1	PRUEBA ESTANQUEIDAD (FUGAS) .....	99
10.2	PRUEBA DE PRESIÓN DE TRABAJO .....	100
10.3	PRUEBA DE MÁXIMA PRESIÓN INTERNA ADMISIBLE .....	101
10.4	PRUEBAS DE TEMPERATURA .....	104
10.4.1	Concentración del ácido "x" .....	104
10.5	PRUEBA DE REACCIONES CUTÁNEAS.....	107
10.6	PRUEBA DE MENOR CONCENTRACIÓN DE TEMPERATURA .....	108
10.7	PRUEBA DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES.....	110
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONES Y DIFICULTADES .....</b>	<b>111</b>
	BIBLIOGRAFÍA. ....	114
	ANEXOS .....	119

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Sumatoria. ....	57
Ecuación 2. Regla de tres. ....	58
Ecuación 3. Promedio. ....	60
Ecuación 4. Velocidad del viento.....	61
Ecuación 5. Temperatura radiante media. ....	62
Ecuación 6. Depreciación sicrometría. ....	62
Ecuación 7. Ecuación del voto medio estimado. ....	65
Ecuación 8. Cálculo de personas insatisfechas a partir del Voto medio (PMV) ....	67
Ecuación 9. Cantidad mínima de ventiladores ....	83
Ecuación 10. Longitud de circunferencia.....	94
Ecuación 11. Potencia de fluidos. ....	102
Ecuación 12. Área de un círculo.....	102
Ecuación 13. Diámetro de una circunferencia. ....	102

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Silla de camión Kenworth .....	26
Figura 2. Fabricación de asientos en el pasado .....	26
Figura 3. Espuma de poliuretano inyectada moldeada (relleno del asiento) .....	26
Figura 4. Moldes para la inyección moldeada .....	26
Figura 5. Asiento hecho a base de poliol ecológico .....	26
Figura 6. Dimensiones antropométricas estáticas (posición sedente).....	33
Figura 7. Descarga del peso en posición sedente a través del conjunto óseo .....	41
Figura 8. Líneas de igual presión ejercida por el cuerpo .....	41
Figura 9. Variaciones en la distribución del peso soportado por las nalgas .....	42
Figura 10. Comparación de forma de los asientos y su efecto sobre nalga .....	42
Figura 11. Posición de conducción adecuada .....	43
Figura 12. Dimensiones de geometría de cabina para un vehículo.....	47
Figura 13. Dimensiones de asientos estándar para camión.....	48
Figura 14. Clasificación de asientos para determinar aislamiento térmico .....	50
Figura 15. Combinaciones habituales de los atuendos .....	50
Figura 16. Tipos de actividades que determinan el metabolismo.....	51
Figura 17. Datos del clima de un día “X” en la ciudad de Medellín .....	53
Figura 18. Calculadora del PMV.....	66
Figura 19. Resultado del PMV.....	67
Figura 20. Representación del porcentaje de personas insatisfechas (PPD).....	67

Figura 21. Caja morfológica .....	70
Figura 22. Huella de uso del asiento .....	72
Figura 23. Posibles formas para el diseño del cojín .....	73
Figura 24. Alternativas con combinación de conceptos funcionales escogidos ....	76
Figura 25. Alternativas para ubicación de componentes.....	76
Figura 26. Ficha técnica del ventilador.....	83
Figura 27. Diseño estructural antes de pruebas.....	87
Figura 28. Efecto por presión ejercida por el usuario en diseño preliminar .....	88
Figura 29. Diseño estructural después de pruebas .....	88
Figura 30. Efecto por presión ejercida por el usuario en diseño final .....	89
Figura 31. Cuerpo estructural sin doblar .....	89
Figura 32. Referente .....	90
Figura 33. Posibles rutas de dobléz. ....	91
Figura 34. ¿Cómo fue el diseño para la manufactura? .....	91
Figura 35. Evolución de la fabricación de electrodos .....	92
Figura 36. Diseño final .....	92
Figura 37. Diseño preliminar antes de pruebas.....	93
Figura 38. Medidas de la parte estructural .....	95
Figura 39. Medidas de la parte superficial.....	95
Figura 40. Modelo final.....	96
Figura 41. Termosellado por alta frecuencia .....	97
Figura 42. Máquina Termoselladora.....	97
Figura 43. Carcasas de ventiladores termoformadas en PP (polipropileno) .....	98
Figura 44. Registro de pruebas de estanqueidad.....	99
Figura 45. Registro fotográfico de prueba de presión de trabajo.....	100
Figura 46. Registro fotográfico de pruebas de máxima presión admitida.....	102

Figura 47. Registro fotográfico de composición de la mezcla .....	105
Figura 48. Cojines expuestos al calor dentro de un vehículo .....	105
Figura 49. Registro fotográfico de reacciones cutáneas .....	108
Figura 50. Registro fotográfico de menor concentración de temperatura en cabina-camiión.....	109
Figura 51. Comportamiento de materiales con el sellado .....	110

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formulación de encuesta.....	119
Anexo B. Normativa de calor.....	120
Anexo C. Ficha técnica de viniglass 500.....	120
Anexo D. Ficha técnica Impervinil 500.....	121
Anexo E. Ficha técnica de Manta.....	121
Anexo F. Ficha técnica del Viniglass 300.....	122
Anexo G. Ficha técnica del Viniplast 500.....	122
Anexo H. Configuración de los Vehículos según número de ejes.....	123
Anexo I. Descripción de dimensiones antropométricas estáticas sedentes.....	123
Anexo J. Tabla de niveles metabólicos según actividades.....	124
Anexo K. Tabla de aislamiento térmico.....	124
Anexo L. Ficha técnica del ventilador.....	125
Anexo M. NTC5206.....	126
Anexo N. Zonas de confort para cada parte del cuerpo.....	126
Anexo O. Especificaciones De Diseño Del Producto (PDS).....	127
Anexo P. Collage.....	131
Anexo Q. Sensación térmica por humedad y calor.....	132
Anexo R. Tabulación de encuestas.....	133
Anexo S. Cartas de procesos.....	133
Anexo T. Render.....	133
Anexo U. Planos de taller y de ensamble.....	133

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Grafica 1. Evaluación de importancia de de factores en el puesto de trabajo.....	35
Grafica 2. Importancia de la comodidad en el puesto de trabajo.....	35
Grafica 3. Importancia de la comodidad del asiento del vehículo.....	35
Grafica 4. Disponibilidad de inversión .....	35
Grafica 5. Orden de importancia de factores.....	35
Grafica 6. Preferencia de ubicación .....	35
Grafica 7. Importancia de solucionar .....	35
Grafica 8. Evolución del transporte de carga 2000 a 2006 (en millones) .....	38
Grafica 9. Pasajeros movilizados modo carretero .....	39
Grafica 10. Curva de temperatura operativa optima (P.O FANGER) .....	55
Grafica 11. Curva de confort (P.O FANGER) .....	56
Grafica 12. Limites de condiciones térmicas para aplicación del PMV.....	56

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Comparativo de productos antecedentes .....	24
Tabla 2. Medidas de tendencia central y desviación estándar (cm) .....	32
Tabla 3. Distribución parque automotor de carga por marcas y configuración.....	37
Tabla 4. Movimiento de carga nacional (Miles de toneladas).....	38
Tabla 5. Distribución vehículos de carga por configuración, al 2005.....	38
Tabla 6. Factores contribuyentes a la fatiga.....	44
Tabla 7. Valores del aislamiento de la ropa en clo., según el INSHT-NTP74 .....	50
Tabla 8. Valores medios de tasas metabólicas en función de la actividad.....	51
Tabla 9. Intervalo de temperatura del cuerpo humano .....	52
Tabla 10. Intervalo óptimo de temperatura en actividades sedentes (Grandjean)	52
Tabla 11. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo .....	55
Tabla 12. Datos climáticos promedios de principales ciudades colombianas .....	59
Tabla 13. Resultado de cálculos realizados para cabina de camión. ....	61
Tabla 14. Datos para la medición de la sensación de térmica .....	64
Tabla 15. Límites de los parámetros de aplicación.....	64
Tabla 16. Tabla de funciones del producto .....	71
Tabla 17. Diagrama morfológico .....	73
Tabla 18 .Evaluación morfológica .....	74
Tabla 19 . Criterios de evaluación morfológica.....	74
Tabla 20. Resultado morfológico según promedios .....	75
Tabla 21. Ficha técnica Del Acido "X" .....	79

Tabla 22. Ficha técnica del material de sellado (Viniplast 500DS).....	85
Tabla 23. Tipos de máquinas .....	98
Tabla 24. Documentación de prueba de estanqueidad.....	99
Tabla 25. Documentación de prueba de presión de trabajo.....	101
Tabla 30. Medición de temperatura según proporción .....	107
Tabla 31. Documentación de prueba de reacciones cutáneas.....	108
Tabla 32. Registro de temperaturas en la cabina de un camión Kenworth .....	109

## GLOSARIO

**CAMIÓN:** automotor que por tamaño y designación se usa para transportar carga.

**ERGONOMÍA:** disciplina que estudia la actividad humana, la interacción entre el hombre, los medios de trabajo y el espacio físico en donde ésta se realiza, favoreciendo la efectividad del sistema de protección de la salud y de la seguridad.

**FANGER:** método que permite estimar la sensación térmica global de los presentes en un ambiente térmico determinado mediante el cálculo del Voto Medio Estimado (PMV) y el Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD).

**HEMORROIDES:** enfermedad debida a presión en las venas en el recto o el ano.

**IMPERMEABLE:** es la capacidad de un material para que un fluido no lo atraviese. Un material es impermeable si la cantidad de fluido pasante a través de él es despreciable en un tiempo dado.

**PERMEABILIDAD:** es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

**RIESGO LABORAL:** posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo y la magnitud de sus consecuencias.

**SALUD:** es el completo equilibrio y el bienestar físico, mental y social.

**TERMODINÁMICA:** estudia la circulación de la energía y cómo la energía infunde movimiento.

**TRACTOCAMIÓN:** vehículo automotor destinado a halar un semirremolque, equipado con acople adecuado para tal fin.

## RESUMEN

El proyecto de grado busca mostrar las diferentes etapas del proceso de desarrollo de un producto de diseño basado en el estudio de las condiciones laborales y ergonomía de puestos de trabajo de los colombianos, conductores de camiones; dichas etapas evolucionan en un cojín compuesto por dos partes: una estructural, basada en el aire y la segunda, formal y superficial, compuesta por una solución de gel; Estos dos elementos, integrados gracias a la ingeniería, formando canales que se conectan a ventiladores alimentados por los 12V del encendedor de cigarrillos del camión ayudan al mejoramiento de la sensación de disconfort de los usuarios calculado con el método de Fanger.

El producto diseñado está planteado para mejorar las condiciones térmicas transmitidas por la cabina, ambiente o motor del camión, percibidas por los transportistas encuestados en los talleres de mantenimiento de la empresa Kenworth de la Montaña, Itagüí, optimizando así la relación entre usuario y puesto de trabajo.

**Palabras claves:** puestos de trabajo, conductores, cojín, ergonomía, temperatura, diseño para la manufactura, aislantes, camión, confort, Fanger.

## INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto de grado surge de la idea de aplicar el conocimiento adquirido en la etapa de formación profesional, desarrollando un modelo funcional que mejore las condiciones de trabajo de un determinado grupo de personas, siendo congruente con los conceptos recibidos como Ingeniera De Diseño De Producto, donde se muestra la evolución de una nueva idea, desde la planeación hasta la ejecución, demostrando la integración de sus elementos.

El producto desarrollado y descrito a continuación, consiste en el diseño y fabricación de una superficie para conductores con posiciones sedentes-estáticas prolongadas, que mejore las condiciones de trabajo de los conductores de vehículos pesados con hemorroides y escaras. Es un proyecto asociado al área de diseño con contenido de ingeniería.

Los cojines son generalmente superficies acolchadas que buscan aumentar altura, eliminar superficies de contacto o mejorar la amortiguación transmitida al usuario, producida por la vibración. Estas características hacen que el producto pueda ser desarrollado para más aplicaciones.

Los principios sobre los cuales es concebida la propuesta del cojín son la ergonomía y salud de conductores, permitiendo la creación de un nuevo concepto de mejoramiento de condiciones óptimas de trabajo.

El desarrollo del proyecto se lleva a cabo utilizando como principal herramienta el diseño metódico, al implementar la búsqueda conceptual de soluciones y la comprensión del producto como un sistema integral. Esta forma de trabajo busca que todos los componentes cooperen generando sinergia, cumpliendo con la función principal para la cual está concebido el producto (disminuir el calor generado entre la silla de los vehículos y la parte de asiento del cuerpo de los usuarios).

## 1. PUNTO DE PARTIDA

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

Según el artículo de Francisco Mata Cabrera, publicado en la página web de Técnica Industrial, “en la última década del ya pasado siglo XX, coincidiendo con el desarrollo de la electrónica y de la tecnología de nuevos materiales, tuvo lugar una revolución en el sector de la fabricación de automóviles. Hoy, cualquier usuario de un vehículo está familiarizado con términos como sistema antibloqueo de frenos, control electrónico de tracción, dirección de asistencia variable o suspensiones hidroactivas, por citar sólo algunos ejemplos. Este nuevo concepto de automóvil, en el que destacan por encima de todo, la seguridad y la confortabilidad, cobra especial interés el acondicionamiento térmico del habitáculo. Efectivamente, el equipo de climatización, pasa por ser una exigencia indispensable cuando se adquiere un vehículo”.

1.1.1 El confort como objetivo. El transporte se ha convertido en parte importante de la vida humana, pues ha pasado a ser un verdadero lugar de trabajo; Por lo tanto, le son exigibles las mismas cuotas de confort que a cualquier habitáculo, más aún teniendo en cuenta la necesidad de otras exigencias específicas como los terrenos irregulares, largos periodos de trabajo (sedentarismo), entre otros.

Los extremos climáticos como lo son el frío y el calor producen diferentes molestias; por ejemplo el frío contrae los músculos, dificulta los movimientos, desencadena transformaciones fisiológicas diversas y genera estrés. El excesivo calor produce malestar general, somnolencia, afecciones en la piel y puede llevar a la pérdida de reflejos. Sabiendo lo anterior, el mantenimiento de la temperatura interior entorno a los 22°C se convierte en un criterio de diseño más, junto con las prestaciones mecánicas, la fiabilidad, el impacto ambiental o la estética.

Dadas las características constructivas 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.

1.1.2 Fuentes de calor. En las cabinas de los camiones se encuentran tres posibles fuentes de calor (el motor, el exterior del habitáculo, la actividad metabólica de los ocupantes-establecida para el máximo de ocupantes) que han tratado de ser equilibradas con la adecuación de aire acondicionado, el cual no interviene en las zonas de menor confort\*, por lo tanto deben ser consideradas de modo prioritario.

1.1.3 Razones de peso. Diseñar un producto que ayude a eliminar las enfermedades<sup>1</sup> ocasionadas por la temperatura y el tiempo de exposición a largos (más de ocho horas consecutivas) tramos de conducción de vehículos pesados.

La necesidad percibida por un gran número de usuarios<sup>2</sup> hace que el producto sea de fácil comercialización.

Generar mayores índices de productividad gracias a una disminución importante de lesiones de trauma acumulativo y un mejor desempeño operativo a conductores.

Incursionar en un gremio desprotegido, de gran impacto económico pero con grandes falencias en las condiciones de trabajo.

Crear un producto partiendo de los antecedentes que tienen poco desarrollo en Colombia y con gran potencial de aplicación\*\*.

El cambio climático en Colombia, con tendencias cada vez más a calurosos veranos, es un factor de peso para inculcar la necesidad de un producto que disminuya los riesgos de salud en conductores, causados por exposiciones

---

\*Se profundiza este tema en el Capítulo 4 de ergonomía.

<sup>1</sup> Hemorroides, escaras, esterilidad, entre otros (ver Capítulo 4).

<sup>2</sup> Según entrevistas realizadas a 50 personas y observación por dos años en talleres de camiones.

\*\*Mercado potencial: minusválidos, conductores de buses y taxis, además de los conductores de camiones.

prolongadas a temperaturas mayores a los 25°C (según pruebas de usuario documentadas en el Capítulo 10).

Los tratados de libre comercio son una oportunidad de ofrecer productos a clientes de otros países, siendo los de contenido tecnológico e innovaciones, los más apetecidos.

Presentar un Proyecto de Grado acorde a las exigencias descritas en la guía de Ingeniería de diseño del Producto y a lo aprendido en la carrera.

Enfrentar y solucionar problemas de diseño generados por la composición de las diferentes especificaciones requeridas en el PDS\*.

Finalmente, ayudar a solucionar una de las problemáticas del espacio de trabajo de un público que necesita del aporte de un ingeniero de diseño como introducción al primer paso para el mejoramiento de las condiciones laborales y salud de los conductores.

## 1.2 ANTECEDENTES

El mercado americano y europeo (especialmente España) se interesa desde hace aproximadamente 17 años<sup>3</sup> en solucionar las incomodidades manifestadas por los conductores de vehículos pesados, evidenciadas en los trastornos de salud, dando lugar a mejoras del puesto de trabajo basándose en variables como temperatura, ruido, vibración y contaminación.

Los avances más significativos se han presentado en la disminución de la vibración producida por los terrenos irregulares y la mala suspensión del vehículo, optando por cojines rellenos de gel que amortiguan el cuerpo humano o sistemas de amortiguación para los asientos. En países norteamericanos y Europeos se han hecho mejoras para proporcionar calor en épocas de invierno, con cojines que se conectan a la fuente de 12V del vehículo generando el calentamiento de la superficie del cojín.

---

\*Product Design Specifications

<sup>3</sup>Víctor Chamby Jamera, Ingeniero Industrial y Comercial, monografías, Bolivia, 2008

Actualmente entran al mercado colombiano los cojines chinos, para minusválidos, compuestos de gel, que al tacto dan sensación de frescura, pero con paso del tiempo, estos llegan al equilibrio térmico con el cuerpo humano.

Otro de los productos ambulantes en el gremio de transportistas, es la capa tejida, conformada por pequeñas bolas de madera que cubren el área superficial de la silla del vehículo adoptando la forma, separando la zona de contacto del conductor con el asiento, aislando la temperatura generada allí y dando la sensación de masaje gracias a la fricción entre el cuerpo y el respaldo de bolas.

La preocupación por el gremio de los conductores nace entonces por la oportunidad de abordar un gremio con gran impacto para el sector económico, el cual ha estado descuidado o mejor aún, nunca explorado en Colombia, y que podría aprovecharse como surgimiento de una invención y gracias al tamaño del público<sup>4</sup> objetivo, a una oportunidad de negocio.

En los mercados internacionales<sup>5</sup> se encuentran productos más desarrollados que los utilizados en Colombia<sup>6</sup>, usados por conductores urbanos, taxistas o conductores de buses; Estos se muestran a continuación.

---

<sup>4</sup>Cifras en estudio del parque automotor de carga y pasajeros realizado por el ministerio de transporte.

<sup>5</sup>Ver en tabla 1, "Antecedentes del 1 al 5".

<sup>3</sup>Ver en tabla 1, "Antecedente 6".

Tabla 1. Comparativo de productos antecedentes


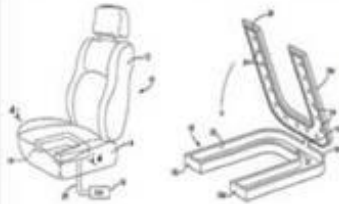


PRODUCTO	DESCRIPCION
 <p data-bbox="233 659 558 684">Fuente: <a href="http://www.airhawkguy.com.au">www.airhawkguy.com.au</a></p>	<p data-bbox="581 302 1386 537">Antecedente 1. AirHawk: La principal característica de este cojín es su capacidad de adaptación al usuario, ya que sus pequeñas celdas se acoplan a la forma de éste cuando el conductor cambia de postura, eliminando los puntos de presión ejercidos por el asiento. El cojín AirHawk para camiones, fue desarrollado por Roho para la industria médica en 1973, con el fin de mejorar la circulación sanguínea y la comodidad de los pacientes en camas y sillas de ruedas. En 1998 esta misma tecnología también se pone a disposición de los conductores de camiones.</p> <p data-bbox="581 541 776 567">Tamaño: 19" x 19"</p> <p data-bbox="581 571 753 596">Peso: 3 lbs (Kg)</p> <p data-bbox="581 600 1175 625">Altura de las células: 2" en estado completamente inflado.</p> <p data-bbox="581 630 1192 655">Material: polivinilo (interno) y poliéster stretch (externo).</p>
 <p data-bbox="233 957 505 1010">Fuente: <a href="http://www.freepatentsonline.com">www.freepatentsonline.com</a></p>	<p data-bbox="581 716 1386 982">Antecedente 2. Motive air seat cushion: esta patente estadounidense fue publicada en mayo 21 de 1991. El cojín de aire consiste en una envoltura que cubre la parte superior e inferior de las membranas de la herradura. Las dos membranas están conectadas la una de la otra por sus bordes. Un cuadro de distribución de aire con agujeros alrededor de los bordes se encuentra en el interior de la herradura. Una entrada de aire abierta es conectada al cuadro de distribución a través de la herradura. Los agujeros que permiten la salida del aire están localizados en los laterales, la flexibilidad del material permite entrar el aire y difundirlo a través de la cubierta.</p>
 <p data-bbox="233 1276 516 1304">Fuente: <a href="http://www.amerigon.com">www.amerigon.com</a></p>	<p data-bbox="581 1037 1386 1276">Antecedente 3. Climate-controlled seat: La silla con control de temperatura Amerigon es inventada en Estados Unidos; es el primer sistema en el mundo controlado por motor, para sillas de vehículos. Este diseño funciona bajo un principio termoelectrónico, el cual proporciona calor, frío y ventilación a través de un módulo electrónico ECU (Electronic Control Unit), además de un circuito Peltier (aire ya existente dentro de la silla), cuero perforado, canales moldeados en la espuma (componente interno) y los suiches de control ubicados en los laterales.</p>
 <p data-bbox="233 1570 574 1598">Fuente: <a href="http://www.sportsimportsLtd.com">www.sportsimportsLtd.com</a></p>	<p data-bbox="581 1318 1386 1583">Antecedente 4. Self-Cooling Car Seat Cushion: Este cojín fue diseñado para ser usado en climas con altas temperaturas, mide 40" alto x 18.5" ancho x 1.5" D). Consiste en un sistema de enfriamiento que trabaja a 12 voltios suministrados por la batería del vehículo a través del encendedor de cigarrillos, funcionando con o sin el aire acondicionado. Tiene la capacidad de circular el aire a través de cientos de espacios diminutos de la microfibras y materiales enmallados. El flujo de aire es ajustado por la persona gracias al control y después de 60 minutos se apaga solo automáticamente para evitar las descargas de batería.</p>

Tabla 1. (Continuación)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
 <p data-bbox="228 569 483 596">Fuente: <a href="http://www.paccar.com">www.paccar.com</a></p>	<p data-bbox="581 310 1386 579">Antecedente 5. silla estandar: Las empresas productoras de camiones generalmente usan sillas como la de la foto, ya sean en cuero o microfibrá, según requerimientos del comprador; internamente son hechas de un poliuretano inyectado de alta densidad. La base que sostiene la silla protege todo su sistema de amortiguación. Esta base de suspensión neumática tiene una carrera entre 100 mm y 150 mm, que absorbe el castigo de los viajes cortos o largos, proporcionando al conductor seguridad, comodidad y confort, además cuenta con cojines de contornos diseñados ergonómicamente, espaldares reclinables y apoyo lumbar de ajuste.</p>
 <p data-bbox="228 831 532 850">Fuente: <a href="http://www.bestautobits.com">www.bestautobits.com</a></p>	<p data-bbox="581 625 1386 831">Antecedente 6. Masajeador de bolas: esta artesanal opción, es el único avance producido en Colombia para tratar de evitar la transmisión de calor de la silla al conductor. Es una cubierta hecha en bolas de madera y unidas secuencialmente por un tejido de hilo, formando la superficie de contacto del usuario. Es vendida en semáforos y glorietas para el uso de conductores de taxis y buses. (esta versión también se encuentra en mercados norteamericanos, pero su material difiere en se bolas poliméricas)</p>

Fuente: Elaboración propia

Según los antecedentes anteriores, en Colombia no se ha desarrollado ningún producto-accesorio que alivie la sudoración producida por los materiales de la silla y el contacto prolongado, que amortigüe y que proporcione una temperatura más baja que la del cuerpo humano o que tenga como objetivo el confort térmico, que ayude a mejorar condiciones de trabajo que propician la no aparición de hemorroides, escaras, molestias musculares, entre otros.

¿Cuáles son las condiciones de trabajo de los conductores en Colombia y que mejoras e impacto puede generar la intervención ergonómica?

El estado del arte de los asientos de tractocamiones se caracteriza por los cambios en materiales de la superficie y relleno, siendo inicialmente cubiertos por materiales lisos como la cuerina, que ahora han sido reemplazados por los de mayor rugosidad para asegurar la fricción entre el usuario y la superficie de contacto, generando así mayor estabilidad.

En el relleno del asiento, hay mejoras en componentes y técnicas de manufactura. Anteriormente se conformaba por ligeras capas de espuma ubicadas manualmente como muestra la figura 2, luego se opta por el uso de poliuretano inyectado moldeado aprovechando las propiedades de la espuma, como la densidad, y los avances tecnológicos.

Figura 1. Silla de camión Kenworth



Fuente: Asiento Kenworth

Figura 3. Espuma de poliuretano inyectada moldeada (relleno del asiento)



Fuente: [www.iranpolyurethane.com](http://www.iranpolyurethane.com)

Figura 2. Fabricación de asientos en el pasado



Fuente: [www.oregonaero.com](http://www.oregonaero.com)

Figura 4. Moldes para la inyección moldeada



Fuente: [www.fundimoldes.com](http://www.fundimoldes.com)

En la primera figura se aprecia que los asientos originarios de fábrica de los camiones que circulan en el país<sup>7</sup>, son cubiertos por materiales vinílicos o microfibras y rellenos de espumas de poliuretano, sus diseños varían en la ubicación de costuras o en la formación del relleno.

Figura 5. Asiento hecho a base de polioli ecológico



Fuente: [www.biobasedpolyol.com/espanol/aplicacion.html](http://www.biobasedpolyol.com/espanol/aplicacion.html)

<sup>7</sup>Camiones de marca International, Kenworth, Renault, Mack, Ford, JAC, Dodge, Chevrolet y Mazda.

El sector automotriz está optando por ser más amigable con el medio ambiente reduciendo los impactos causados por los materiales que se usan en la fabricación de vehículos; gracias a esto se busca reemplazar los polioles tradicionalmente derivados de petróleo en las múltiples aplicaciones de poliuretano por un poliol que es más ecológico que los de a base de hidrocarburo, esta espuma es hecha en base a semillas de soya<sup>8</sup>. Los asientos actuales contienen gran porcentaje en espuma hecha en base a petróleo y la nueva espuma lo sustituirá casi en un cuarto con un elemento renovable, además de disminuir las emisiones de CO<sup>2</sup> emitidas durante la fabricación de la espuma.

Pensando también en el usuario, el mercado automotriz busca establecer diseños ergonómicos de los asientos, implementando el uso de telas ignífugas y espuma de poliuretano ignífugo, inyectada in situ\* dentro de la tela previamente impermeabilizada con costuras vulcanizadas.

### 1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Diseñar un cojín que minimice la superficie de contacto y disminuya la transmisión de temperatura hacia el cuerpo humano de los conductores de vehículos pesados.

1.3.2 Objetivos específicos. Realizar una investigación acerca del estado del arte de las sillas instaladas en los tractocamiones de KENWORTH, con el propósito de identificar características que repercuten en la salud del usuario y traducirlas en especificaciones de diseño.

Realizar un análisis detallado del usuario a partir de entrevistas, observación, collage, entre otros, con el propósito de establecer sus necesidades y deseos.

Garantizar la comodidad en el diseño del cojín a partir de investigación de principios ergonómicos que sean implementados en el diseño final.

---

<sup>8</sup>Investigación de Ford en asociación con Lear Corporation.

\*Es una variación de la tecnología de espumación en frío, en la cual la inyección se realiza dentro de la propia funda de tejido que envuelve la pieza.

Minimizar la transmisión de calor desde el cojín hacia el usuario a partir de análisis de las superficies del contacto entre ambos.

Fabricar un modelo funcional en escala 1:1, con el propósito de realizar pruebas de usuario que verifiquen el PDS.

#### 1.4 ALCANCE

Modelo funcional a escala 1:1.

Resultados de las pruebas de usuario que verifiquen el PDS.

Memorias de pruebas y cálculos.

Modelación 3D del producto.

Planos de ensamble y de taller.

Procesos de manufactura.

Resultados del análisis ergonómico.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 METODOLOGÍA SUGERIDA

La metodología a utilizar en el proyecto de grado es la mencionada en la materia “Métodos de Diseño”; sustentada por el libro “Estrategias Para El Diseño de Productos” de Nigel Cross y además en las formas y técnicas de “*Total Design*” de Stewart Pugh.

Mediante un árbol de objetivos se clasifican las subfunciones del producto para generar un planteamiento completo y claro del problema, después se procede con el establecimiento de desempeño para considerar las funciones principales y el nivel en el que el problema debe abordarse.

Se fijan las especificaciones de diseño (PDS)<sup>9</sup> para establecer los límites precisos que implica el desarrollo, de las cuales se generan unas alternativas de diseño que serán evaluadas gracias a los criterios de evaluación del libro “Diseño y desarrollo de productos” de Ulrich y Eppinger.

Una vez es aprobado el producto, se procede al esbozo de detalle que va ligado al diseño para la manufactura con el fin de crear formas con menos material y mayor facilidad de producción, sin sacrificar el desempeño.

La metodología de diseño propuesta para el desarrollo de este proyecto de grado se identifica por ser: objetiva, estructurada y útil para alcanzar los resultados esperados planteados previamente desde los objetivos específicos.

Se define como una metodología objetiva por la búsqueda racional y lógica de alternativas, donde cada uno de los elementos definidos para conformar el conjunto “producto”, está adecuadamente analizado y justificado. Es una metodología estructurada porque por medio de etapas secuenciales se clarifican las tareas necesarias para alcanzar el objetivo determinado. Es un método útil por ser una forma de trabajo que guía a alcanzar las metas fijadas.

---

<sup>9</sup>Descritas en ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Un segundo método a utilizar es el estudio controlado, simple ciego, con un muestreo de 50 personas del sector de transporte que usen tractocamiones o buses, con el fin de conocer más a fondo al usuario y tener mayor claridad y puntualidad para la solución de las necesidades detectadas.

## 2.2 RECURSOS REQUERIDOS

2.2.1 Materiales. Soluciones líquidas con capacidades térmicas para ser usadas en el interior del cojín, que ayuden retardar el equilibrio térmico.

Para contener la solución líquida se necesitan materiales con componentes vinílicos que permitan el sellado por alta frecuencia, que tenga resistencia química, resistencia a la tensión, al rasgado y elongación a la rotura.

Materiales para fabricación de electrodos (matriz de sellado en aluminio o bronce).

Componentes que generen circulación de aire.

2.2.2 Recursos humanos. Estudiante: encargado de responder por la investigación, diseño, construcción, pruebas y lo referente al cumplimiento de los alcances del proyecto.

Asesor: persona dispuesta a guiar y a prestar una asesoría profesional a inquietudes de la estudiante, según lo indica la guía de Proyecto de Grado.

Personal de los laboratorios de la Universidad EAFIT: con experiencia en ensayos y pruebas, conocedores del manejo de herramientas, métodos y materiales.

Personal calificador: de reconocida competencia académica, y profesional con capacidades de hacer una evaluación íntegra y justa.

2.2.3 Recursos institucionales. Laboratorio de máquinas: Dotado de herramientas y personal necesario para la creación de partes para prototipos.

Laboratorio de ensayos y pruebas: dotado con la herramienta de medición necesaria, previamente calibrada y certificada, para la obtención de valores.

Computadores y software como Solid Works, Pro – E, Ansys, Illustrator, Corel, Project, Photoshop e internet.

Taller de trabajo de Ingeniería de Diseño: dotado con máquinas y herramientas útiles en el desarrollo de modelos y moldes.

Universidad EAFIT: proveedor de recursos humanos expertos y bibliográficos para consulta, documentación, etc.

2.2.4 Otros recursos. Termoselladora de alta frecuencia, Termoformadora, centro de mecanizado de control numérico, torno, taller metalmecánico.

## 2.3 ÁREA DE ASOCIACIÓN

2.3.1 Diseño. El producto se basa en la relación hombre-artefacto como objeto primordial de estudio, por lo tanto expone las necesidades del usuario, usabilidad, ergonomía, contexto y pruebas de usuario.

2.3.2 Ingeniería de producción. El producto se desarrolla pensando en el diseño para la manufactura y el ensamble, haciendo énfasis en la funcionalidad y desempeño, aplicando conocimientos de electrónica y diseño para el ensamble. Además implementa un material de relleno desconocido para la aplicación del estudio actual.

### 3. ANÁLISIS DEL MERCADO

#### 3.1 ANÁLISIS DE CLIENTES POTENCIALES

Según COLFECAR (Federación Colombiana De Transportadores De Carga Por Carretera), se estima que el gremio de conductores de carga está conformado por 120.000 personas, en su mayoría son hombres entre los 25 y 65 años de edad, de estatura media y con un promedio de 98 kilos.

Las condiciones de trabajo de estas personas les exigen una postura sedente como mínimo de 8 horas en sus vehículos.

Los conductores de tractocamiones generalmente no son propietarios; tienen una permanencia promedio con el mismo vehículo de 1,89 años. Cuando cambian de equipo tienden a llevar sus pertenencias, lujos y accesorios al nuevo habitáculo, prefiriendo así elementos de fácil desensamble y removibles.

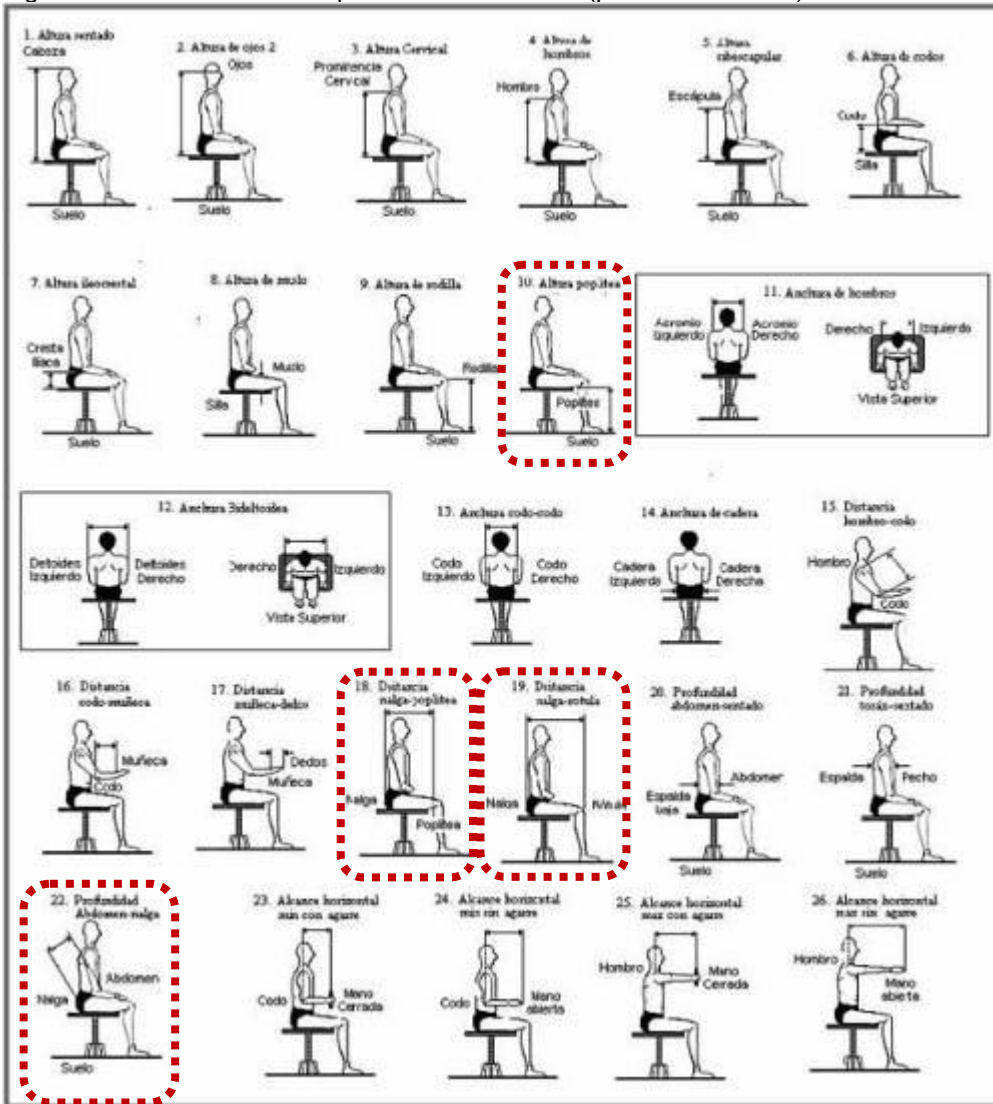
Los conductores colombianos tienen rasgos físicos marcados, aproximadamente el 5% de estas personas están por fuera de los promedios. Las medidas promediadas de la anchura de las caderas es de 36,43 cm y de la distancia nalga-poplítea sentado es de 44,70 cm referenciadas por el marco rojo en la tabla a continuación.

Tabla 2. Medidas de tendencia central y desviación estándar (cm)

	Altura sentado	Altura poplítea sentado	Anchura de cadera sentado	Distancia nalga-poplítea sentado	Anchura de hombros sentado	Altura de codos-asiento	Altura sub-escapular sentado	Anchura codo-codo sentado	Alcance horizontal máximo sin agarre	Alcance horizontal mínimo con agarre
N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Promedio	86.18	40.73	36.43	44.70	38.38	21.92	45.71	46.25	70.85	35.19
Desviación estándar	4.79	2.84	3.35	3.92	2.76	3.53	5.79	4.34	4.55	2.68
Mínimo	77.80	34.60	28.80	33.40	30.20	16.20	29.50	34.00	55.80	30.90
Máximo	99.00	46.00	44.50	56.50	40.80	29.50	59.40	55.10	81.40	46.00
Percentiles	5	79.22	35.44	30.55	38.25	31.33	16.45	37.48	61.96	31.40
	50	86.60	40.65	36.00	43.95	36.45	21.80	45.60	46.30	70.85
	95	98.13	45.87	44.16	51.89	40.67	28.52	56.76	53.27	79.37

Fuente: Proyecto de investigación, caracterización y evaluación del diseño de puestos de trabajo para la población de conductores de transporte de carga terrestre en el departamento de Cundinamarca-Colombia

Figura 6. Dimensiones antropométricas estáticas (posición sedente)



Fuente: Proyecto de investigación, “Caracterización y evaluación del diseño de puestos de trabajo para la población de conductores de transporte de carga terrestre en el departamento de Cundinamarca-Colombia

Las dimensiones relevantes para el desarrollo del proyecto de grado “Diseño y fabricación de un cojín que no transmita calor a los conductores de vehículos pesados”, señaladas por el marco rojo en la tabla anterior, donde se entiende que es para el uso de una persona sentada y que esto implica que los muslos tienen que estar en posición horizontal y formando un ángulo de 90° con la parte baja de

la pierna, son la altura poplítea, la distancia nalga-poplítea, distancia nalga-rótula, y la profundidad Abdomen-nalga<sup>10</sup>.

Para conocer más detalladamente el público objetivo se formula una encuesta<sup>11</sup> de seis preguntas con el fin de evaluar la aceptación del puesto de trabajo de 50 conductores de camiones T300, T800, T2000, que frecuentan las instalaciones del taller de mantenimiento de Kenworth de la Montaña Medellín; Como condiciones de inclusión se toma en cuenta ser hombre entre los 25 y 50 años, transportador de carga o de pasajeros por vía terrestre con mínimo un año de vinculación, que conduzca más de ocho horas diarias y tener prácticas sedentarias de deporte o ejercicio físico de frecuencia inferior a una vez por semana.

Durante el mes de enero y febrero del 2009 se realizaron las encuestas de forma personal obteniendo los siguientes resultados:

El 94% de los encuestados piensan que la comodidad es un factor importante en el trabajo; el 80% creen que la comodidad del asiento es un agente muy importante para laborar.

En orden de importancia, las condiciones que más afectan la salud para los conductores son: la temperatura interna de la cabina, las largas horas de conducción, la postura, la vibración y por último la fricción, además de quejarse del ruido producido en las calles y por el motor del vehículo, de las condiciones climáticas, del ambiente laboral y de la falta de herramientas de trabajo; La importancia de que exista un producto que elimine o disminuya las causales anteriormente mencionadas es del 78%.

El 48% de los encuestados prefieren un producto portátil, el 34% un producto fijo y al 18% restante les es indiferente; el 32% de los están dispuestos a pagar \$50.000 por el producto, el 40% pagaría \$100.000 y el 28% restante pagaría más de \$100.000.

En la siguiente grafica, la línea azul ocupa el lugar más bajo, indicando que los conductores no son indiferentes a la problemática de sus condiciones de trabajo; La línea roja con tendencia media indica que las personas evaluadas han sentido las faltas de confort; La verde ocupa los niveles más altos de la grafica, siendo predominante el factor de la temperatura como la condición de trabajo con mayor repercusión en el confort para 32 conductores.

---

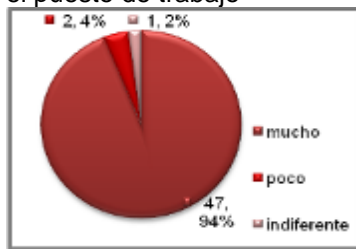
<sup>10</sup> Ver Anexo I. Descripción de las dimensiones antropométricas.

<sup>11</sup> Ver Anexo A. Encuesta.

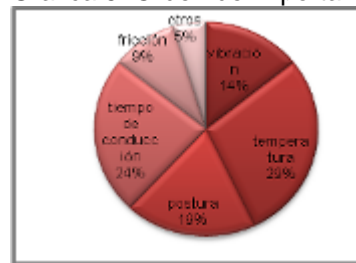
Grafica 1. Evaluación de importancia de de factores en el puesto de trabajo



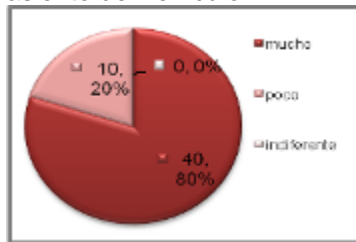
Grafica 2. Importancia de la comodidad en el puesto de trabajo



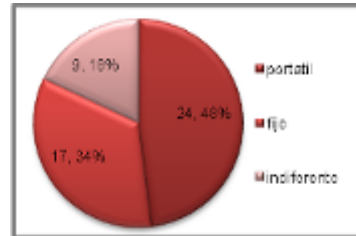
Grafica 5. Orden de importancia de factores



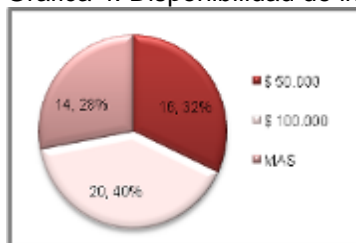
Grafica 3. Importancia de la comodidad del asiento del vehículo



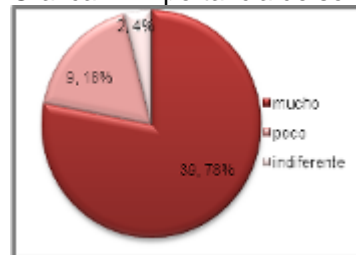
Grafica 6. Preferencia de ubicación



Grafica 4. Disponibilidad de inversión



Grafica 7. Importancia de solucionar



Fuente: Elaboración propia

Para identificar la generalidad de las condiciones en las que se encuentran los conductores al desempeñar su labor, se consideran importantes las vibraciones, humos, temperatura, iluminación y ruido.

Según estudios realizados en el 2004 por estudiantes de la Universidad Javeriana de Bogotá, sobre las condiciones de trabajo de los camioneros, se determinó que: "un 26.3% considera que el camión tiene altos niveles de vibración, el resto piensa que se encuentra dentro de niveles aceptables. De otro lado, la mayoría de los conductores, el 94.7%, están satisfechos con la iluminación de sus vehículos lo cual no ocurre con la temperatura ya que se denota una gran disconformidad en ésta. El 86.8% piensa que su lugar de trabajo presenta altas temperaturas, debido a que solamente un 15.8% de los vehículos posee aire acondicionado. Los niveles de ruido son altos en un 78.9%, sin embargo no impiden que los conductores alcancen a oír sus equipos de comunicación o sus controles. El humo dentro de los vehículos no representa un peligro significativo, ya que solo un 37.0% denota una leve presencia de los mismos dentro de las cabinas".

### 3.2 ANÁLISIS DEL TAMAÑO DEL MERCADO

En el 2009 el ministerio de transporte se manifiesta bajo las siguientes conclusiones: "Estamos en un proceso de crecimiento vial que beneficiará a todo el país. En la actualidad están en funcionamiento vías expresas y vías transversales y están en construcción vías urbanas y municipales. El progreso de dobles calzadas está en aumento: más de 450 kilómetros anuales se están evidenciando en las vías Colombianas. Estamos empezando una década de revolución vial. Los primeros beneficiados serán los transportadores de carga"

En el año 2010 el tema de transporte de carga es de interés nacional. Jorge Enrique Pedraza, director nacional de Tránsito y Transporte dice: "casi el 85% del movimiento corresponde a carga interna y el restante a carga de comercio exterior. Existe actualmente 267 mil vehículos de transporte de carga: 80% de dos ejes; 15% tractocamiones y 5% doble troque. Esto ha reflejado una gran verticalidad económica en las diferentes regiones del país. Se espera en poco de tiempo, aumentar gradualmente el parque automotor de carga".

Teniendo en cuenta estudios del año 2000, por el Ministerio de Transporte, en Colombia circulan vehículos de transporte de carga de 191 marcas. De los 193.568 vehículos que conforman el parque automotor, 171.517 corresponden a diez marcas que son las más utilizadas como Chevrolet, Dodge, Ford, Internacional, Mazda, Mack, Kenworth, Toyota, Mercury y Fiat; esto es el 89%. Dentro del restante 11% se distribuyen 181 marcas, como Renault, Kamaz, Volvo, Volkswagen, entre otras.

Según la configuración 3S\* (tres ejes en el cabezote y con semirremolque), la marca Kenworth ocupa el segundo puesto después de Chevrolet, siendo entonces la categoría a analizar por la facilidad de acceso a la información\*\*, sin olvidar los 189.181 vehículos restantes, incluyendo las otras marcas y categorías a las que puede aplicar el producto.

Para proyectar el crecimiento del mercado es importante evaluar el aumento de movimiento de carga a nivel nacional, además de la apertura económica del país con el tratado del TLC. La siguiente tabla arroja datos desde 1994 al año 2005.

Tabla 3. Distribución parque automotor de carga por marcas y configuración

Marca	2	3	4	25	35	Total
1 CHEVROLET	48.007	2.505	5	334	6.336	57.187
2 DODGE	37.949	1.868	4	17	1.239	41.231
3 FORD	32.369	643	2	155	2.062	35.251
4 INTERNATIONAL	10.020	924	2	136	1.546	12.630
5 MAZDA	8.354	0	0	6	3	8.366
6 MACK	415	1.576	8	32	2.989	5.020
7 KENWORTH	48	119	0	23	4.387	4.577
8 TOYOTA	3.218	3	0	5	0	3.226
9 MERCURY	2.031	19	0	6	16	2.072
10 FIAT	1.796	33	0	55	73	1.957
11 Otras	16.434	2.215	183	26	2.958	22.051
<b>Total</b>	<b>180.641</b>	<b>9.905</b>	<b>204</b>	<b>1.188</b>	<b>21.630</b>	<b>193.568</b>

\*Ver Anexo H. Configuración de vehículos según número de ejes.

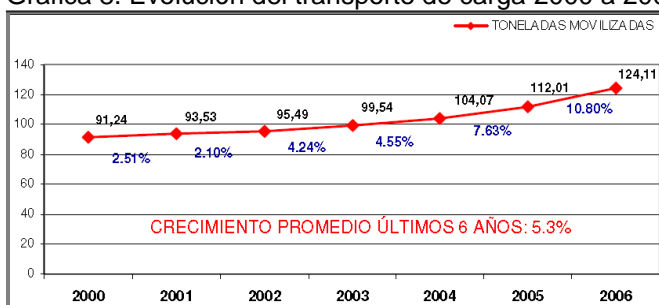
\*\*Como empleada del concesionario para tractocamiones Kenworth y ex practicante de la empresa fabricante y diseñadora de estos equipos, "PACCAR."

Tabla 4. Movimiento de carga nacional (Miles de toneladas)

AÑO	MILES DE TONELADAS	VARIACION (%)
1994	82,483	-
1995	86,742	5,16
1996	71,168	-17,95
1997	89,399	25,62
1998	84,350	-5,65
1999	77,674	-7,91
2000	73,034	-5,97
2001	100,284	37,31
2002	84,018	-16,22
2003	99,782	18,76
2004	117,597	17,85
2005	139,725	18,82

Fuente: Ministerio De Transporte

Grafica 8. Evolución del transporte de carga 2000 a 2006 (en millones)



Fuente: COLFECAR

En relación con el parque automotor de transporte de carga por carretera y según el estudio adelantado por la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte realizado con datos hasta el año 2005, Colombia cuenta con 266.434 vehículos de transporte de carga, distribuidos así:

Tabla 5. Distribución vehículos de carga por configuración, al 2005

Configuración	PARTICULAR		PÚBLICO		TOTAL	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
2	77.216	95,94%	140.106	75,35%	217.322	81,57%
3	2092	2,60%	12.859	6,92%	14.951	5,61%
4	39	0,05%	228	0,12%	267	0,10%
2S	266	0,33%	3.553	1,91%	3.819	1,43%
3S	869	1,08%	29.206	15,71%	30.075	11,29%
<b>TOTAL</b>	<b>80.482</b>	<b>100%</b>	<b>185.952</b>	<b>100%</b>	<b>266.434</b>	<b>100%</b>
%	30,21%		69,79%		100%	

Fuente: Ministerio De Transporte

Si se compara con la Tabla 3, donde se habla de 193.568 vehículos de carga en el año 2000, y en la Tabla 5, donde ya figuran 266.434 al 2005, se calcula un

incremento vehicular para el transporte de carga del 27.3%, donde la configuración 3S paso de 21.630 a 30.075 unidades, favoreciendo las opciones para el mercado del producto objetivo de este proyecto de grado.

Además de tener como publico objetivo a los conductores de carga por carretera, se cuenta también con los transportadores de pasajeros, quienes por tener similares condiciones de trabajo clasifican para este estudio.

En la siguiente grafica se muestra el crecimiento que ha tenido el sector transporte de pasajeros por carretera desde 1995 al 2007, logrando un incremento año tras año del 45.3% en 13 años, equivalente al 3.5% anual.

Grafica 9. Pasajeros movilizados modo carretero



Fuente: Ministerio De Transporte

## 4. ERGONOMÍA

### 4.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Esta disciplina busca adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y a las necesidades de las personas de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los trabajadores, en este caso, los conductores de tractocamiones.

"La ergonomía nació para estudiar las características, necesidades, capacidades y habilidades de los seres humanos y analizar los aspectos que afectan al diseño de productos o procesos de producción que utiliza el individuo en su lugar de trabajo, consiguiendo que el entorno laboral sea un lugar confortable y saludable y que el rendimiento sea mayor"<sup>12</sup>.

Los conductores que se encuentran enfrentados con el tráfico durante largos periodos de tiempo, tienen más probabilidad a generar secuelas de dolor en músculos y huesos, incluso expertos que sugieren, que el malestar asociado a las largas horas de conducción puede ser suficiente para la distracción de un conductor que ocasiona accidentes.

Un reciente estudio realizado por *Health and Work Outcomes*, publica que: "la utilización de una silla confortable tiene un impacto significativo en la mejora de la productividad y efectividad de los usuarios, así como de la salud".

Debido al sedentarismo que exige la profesión de los camioneros que pasan largos periodos del día sentados conduciendo, se desarrollan enfermedades a través del tiempo, causadas por las condiciones climáticas, las posiciones del cuerpo, el terreno, el ruido, entre otros. Las investigaciones han indicado que el diseño de la mayoría de los asientos de automóviles causa puntos de presión, que pueden llegar a ser incómodos alterando la circulación sanguínea, especialmente en el área del sentado nalga-poplítea.

---

<sup>12</sup> Tomado de: [www.zaragozadinamica.es](http://www.zaragozadinamica.es)

## 4.2 POSICIÓN SEDENTE

El sentarse debe ser estudiado desde el punto de vista de la posición con que se ubica el hombre en el asiento, partiendo que a través de la estructura ósea, se hace la descarga del peso del cuerpo y no por los músculos; los huesos descargan el peso sobre las nalgas al sentarse. La forma por la cual el tronco del cuerpo humano hace la descarga del peso sobre una superficie al estar sentado se percibe en las siguientes figuras.

Figura 7. Descarga del peso en posición sedente a través del conjunto óseo

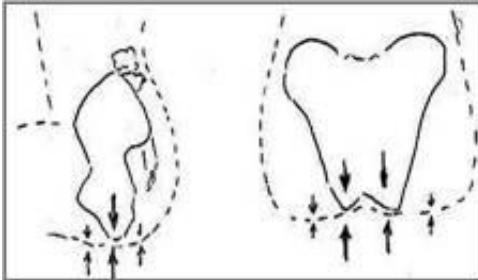
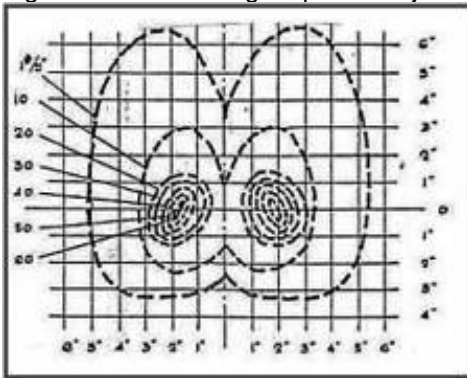


Figura 8. Líneas de igual presión ejercida por el cuerpo



Fuente: Estructplan Consultora S.A. Argentina (2001-2002)

La Figura 8 muestra la distribución de las presiones al sentarse sobre una superficie plana y rígida, dichas presiones son consecuencia de la acción de las tuberosidades isquiáticas\*. Si la persona se sienta en un lugar que le permite

\* Abultamiento óseo del isquion (parte inferior del hueso coxal). Se localiza en la porción superior y posterior de la rama de isquion y, junto con la punta del cóccix, forma la apertura inferior de la pelvis

descansar los muslos, la carga varia, siendo esta más alargada hacia arriba (en dirección a las rodillas).

Figura 9. Variaciones en la distribución del peso soportado por las nalgas

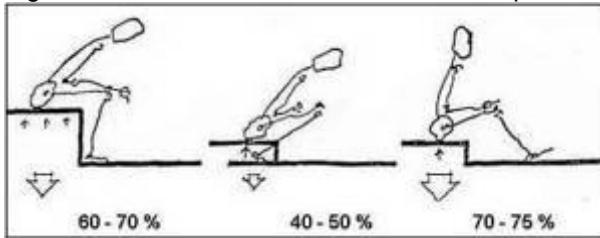
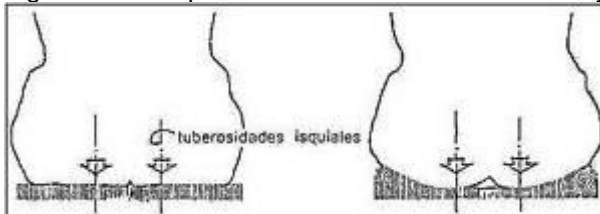


Figura 10. Comparación de forma de los asientos y su efecto sobre nalga



Fuente: Estructplan Consultora S.A. Argentina (2001-2002)

De acuerdo a la altura del asiento, al sentarse se tendrán diferentes posiciones como muestra la figura anterior. Si la altura es mayor o igual a la altura de la pantorrilla a la planta del pie, en el asiento se apoyan las nalgas y los muslos, si esta fuera menor solo las nalgas y si este fuera extremadamente bajo solo apoyan las tuberosidades isquiales; el ángulo que guarda la espalda con respecto a los muslos modifica el esfuerzo que hacen los discos intervertebrales; entonces estas variaciones se dan en relación con la altura del asiento y la postura.

Algunas investigaciones efectuadas en el *Wright Air Center* en relación con asientos normales y el peso de las nalgas, concluyen que "la carga que debe soportar un asiento cuya parte de mayor esfuerzo es la correspondiente a las tuberosidades, pueden llegar hasta los  $4,5 \text{ Kg/cm}^2$  pudiendo llegar a ser mayor"; por otro lado en el manual de ergonomía de MAPFRE se cita "en la posición sedente el 75 % aproximadamente del peso se transmite a través de las tuberosidades isquiáticas hasta el asiento. Las presiones alcanzadas son de unos  $6-7 \text{ kg/cm}^2$  al nivel de esta zona y de  $2-4 \text{ Kg/cm}^2$  en la superficie de la piel".

Los tejidos blandos como los músculos no pueden ofrecer tal apoyo y la única parte de los muslos que podría cumplir esa función es el hueso interior de la pierna.

Otro elemento importante en la magnitud de la presión a la que están sometidas las nalgas, es la forma de la superficie de apoyo, que como se ve en Figura 10, una superficie plana brinda menos contacto muscular para el intercambio de carga mientras que una superficie curva (anatómica) permite una mayor superficie de contacto y al contener la masa muscular impide la deformación haciendo que exista mayor espesor (más fibras), traumatizando menos al músculo, lo que hace que el cuerpo descansa más mejorando la circulación.

La posición más adecuada para conducir se muestra a continuación, donde se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones:

Figura 11. Posición de conducción adecuada



Fuente: Artículo "Comodidad y seguridad de la mano". Revista "Consumer". pág. 39. 2005, España

El asiento debe tener una inclinación hacia atrás de 20°, lo suficiente para que el muslo y la cadera presenten un arco de 115°, la distancia entre el suelo y el asiento debe rondar los 30cm, el asiento debería estar colocado cerca de los pedales para que la flexión de las piernas respecto a los muslos sea de 135°, Si el vehículo cuenta con aire acondicionado, la temperatura ideal es la de 20°C.

#### 4.3 DETERMINANTES PARA LA INTERVENCIÓN DE LA ERGONOMÍA

Como todo trabajo, ser camionero implica severos riesgos. Aunque el principal es el de manejar un aparato tan grande, muchos no caen en cuenta de que es la salud la que puede perjudicarse.

Determinar las causas de la raíz de la fatiga en la conducción es una tarea compleja, ya que las causas involucran factores físicos, psicológicos y patológicos que deben ser estudiados por un especialista. Sin embargo hay estudios que determinan la existencia de fatiga en la conducción de camiones desencadenada por factores como el congestionamiento en la carretera, encandilamiento durante la operación de transporte, exceso de tiempo al volante y desconfianza en el relevo.

La exposición a factores como posturas y manejo de cargas genera efectos sobre la salud de los trabajadores por lo que es indispensable conocer las consecuencias que se pueden presentar con el fin de determinar medidas de prevención, seguimiento, y control sobre estos factores de riesgo.

Tabla 6. Factores contribuyentes a la fatiga

FACTOR DE RIESGO	PORCENTAJE
F. R. a la Tarea	28%
Encandilamiento	28%
Cambiar llanta	2%
F. R. a la Fuente de Trabajo	26%
Calor	11%
Ruido	9%
Incomodidad camarote	2%
Falta condiciones estacionamientos	4%
F. R. al Medio de Trabajo	26%
Congestionamiento de la carretera	26
F. R. Organización del Trabajo	13%
Esperas en opciones de descarga	11%
Frecuencia de viajes	2%
Otros Factores	2%
Desconfianza en el relevo	2%

Fuente: Monografía por Víctor Chamby Jamera

La tabla anterior revela el resultado de investigaciones realizadas en Bolivia que enuncia varios ítems como factores de riesgo para el desempeño laboral, los cuales causan fatiga a los conductores.

4.3.1 La salud. Las estadísticas del sector transportador de enfermedad profesional y accidentes de trabajo, señalan las siguientes patologías como las de mayor incidencia en la población de los transportistas: escaras, hemorroides, hernias, lumbagos, y luxaciones. Las partes del cuerpo más afectadas son nalga, muslos, mano, hombro, espalda, rodilla y cadera. Estos datos estadísticos indican que las demandas de los puestos de trabajo involucran carga física, posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, sedentarismo, aplicación de fuerza, entre otros. Debido a esto, se generan traumas acumulativos que deriva en posibles lesiones osteomusculares.

Los expertos advierten que cuando una persona permanece mucho tiempo sentada durante largos periodos, se incrementa la presión en la sección lumbar de la espalda. Aunque al principio no se sienta dolor, con los años pueden aparecer problemas más severos.

Se presentan efectos específicos relacionados con la realización de actividades laborales, que afectan determinadas partes del cuerpo humano. Entre las principales partes del cuerpo se encuentran: el hombro (tendinitis o desgarro del manguito rotador), el puño (síndrome del túnel del carpo y tenosinovitis de quervain), la rodilla (lesión de meniscos), nalga y muslos (hemorroides, escaras, calambres) y la columna (traumas óseos, cambios degenerativos del disco intervertebral, esguince lumbar, hernia discal, espondilolistesis, entre otras).

Todos estos efectos pueden aparecer debido a posturas prolongadas, inmovilización, estrés y enfermedades generales asociadas.

4.3.1.1 Calambres: al presentarse una contracción muscular, se provoca una oclusión de los vasos sanguíneos en el área de la contracción, lo que disminuye el suplemento de sangre; si la contracción isométrica se mantiene por periodos prolongados de tiempo, el musculo empieza a carecer de un suministro adecuado de oxígeno y se presenta la acumulación de bióxido de carbono y otros productos tales como el ácido láctico, condición que lleva rápidamente al dolor, fatiga e incomodidad.

4.3.1.2 Isquemia: causada por mantener una posición donde se presionan los tejidos blandos por un periodo prolongado de tiempo; es la reducción del suministro local de sangre a los tejidos. Conducen a la rápida reducción de oxígeno y a la acumulación de productos de la oxidación de la glucosa.

4.3.1.3 Esterilidad: la alta temperatura transmitida al cuerpo humano a través del asiento, puede provocar la disminución de producción de espermatozoides.

4.3.1.4 Vibraciones: en todo el cuerpo pueden deteriorar las funciones de los órganos del pecho, abdominales, sistema muscular y óseo, y contribuir a la fatiga del conductor reduciendo su capacidad de vigilancia.

4.3.1.5 Molestias lumbares y dolores articulares (en piernas, manos y brazos): debidos a períodos de conducción prolongados, en ocasiones, por carreteras en mal estado y en asientos inadecuados.

4.3.1.6 Trastornos reumáticos: (como la artrosis escapulo humeral izquierda o la periartrosis) debidos al hábito de apoyar el codo sobre el marco de la ventanilla al conducir.

4.3.1.7 Trastornos del aparato digestivo: causados por los horarios de comidas irregulares y los hábitos de alimentación inadecuados.

4.3.1.8 Alucinaciones hipnóticas: en períodos de somnolencia y trastornos psíquicos debidos a factores de estrés mental y emocional.

4.3.1.9 Incidencia del infarto del miocardio: en el caso de los conductores obesos.

4.3.1.10 Dificultades de visión y problemas oculares: causados por una iluminación inadecuada y por la tensión ocular.

4.3.1.11 Alteraciones patológicas y envejecimiento prematuro del segmento de la columna vertebral: puede provocar la creación acelerada de discos lumbares intervertebrales (posiblemente, vinculada también a la manipulación rutinaria de cargas pesadas).

4.3.1.12 Escaras: reacciones de la piel debido a altas temperaturas adquiridas o generadas por el cuerpo humano gracias a la exposición de temperaturas mayores a 36°C en el interior de la cabina del tractocamión (hemorroides o úlceras).

Otro informe, de la Librería Nacional de Medicina, dice que “un grupo de científicos japoneses hicieron una encuesta a 541 camioneros en 1997 en la que investigaban acerca de las condiciones de su salud; Los resultados fueron que padecían de enfermedades tan variadas que van desde, tintineo en los oídos, dolor de cuello y dolor en la espalda como úlceras gastrointestinales, hipertensión arterial, daños severos en la espalda y hemorroides”.

Para cada problema de salud había una causa. El grupo investigador determinó que el camionero trabaja en horarios sumamente irregulares, permanece muchas horas en la misma posición y realiza grandes esfuerzos, todo eso asociado al grado de estrés que también pueda existir. Además, las condiciones físicas son aun más debilitadas por los hábitos del fumado, dormir incómodo, las constantes vibraciones del automotor, el exceso de horas y el poco descanso.

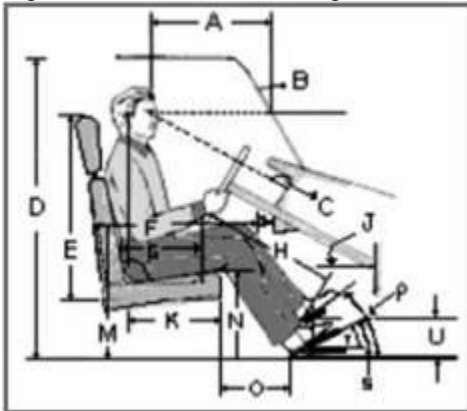
Otro estudio liderado por la Universidad de Kentucky también determinó que “los asuntos de salud no son exclusivos de uno u otro sexo. Las mujeres, que últimamente forman parte importante de la fuerza laboral de las carreteras, sufren de las mismas situaciones que los hombres. El informe reveló que sufrían de sinusitis, dolores de espalda, migrañas, hipertensión y problemas visuales”.

El informe también manifestó que la escasez de interés por parte de los afectados es grande. “Uno de cada cinco no cuenta con un seguro de vida y la mayoría se automedican o pagan por un tratamiento corto”.

#### 4.4 ANÁLISIS DE DIMENSIONES

Para tener en cuenta en el diseño del objeto de investigación, es necesario conocer a plenitud el espacio de trabajo, como lo es la cabina de los camiones.

Figura 12. Dimensiones de geometría de cabina para un vehículo



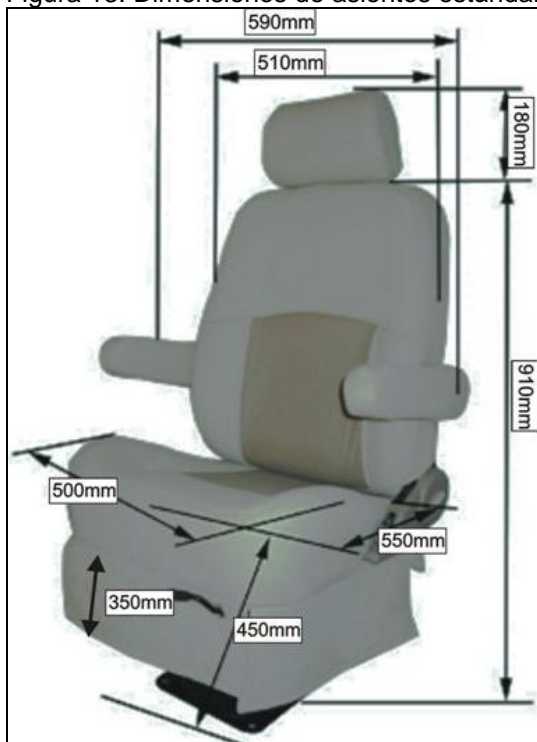
Fuente: Geometría de cabina (Estudio del Centro de Ergonomía Pontificia Universidad Javeriana)

Las dimensiones que aparecen acotadas en la figura anterior son:

- A. Distancia horizontal ojos parabrisas.
- B. Angulo parabrisas.
- C. Angulo instrumentos con respecto a la visual.
- D. Altura de cabina.
- E. Altura silla (máxima y mínima).

- F. Distancia espaldar - instrumentos (máxima y mínima).
- G. Distancia espaldar - timón (máxima y mínima).
- H. Distancia timón - pedales (máxima y mínima cuando el timón es ajustable).
- J. Angulo del timón (máximo y mínimo cuando el timón es ajustable).
- K. Profundidad asiento.
- M. Altura suelo cabina - instrumentos.
- N. Altura suelo cabina - asiento (máxima y mínima).
- O. Distancia pedal asiento (máxima y mínima).
- I. Angulo máximo del embrague.
- S. Angulo máximo del acelerador.
- T. Recorrido en ángulo del acelerador.
- U. Altura máxima del embrague.

Figura 13. Dimensiones de asientos estándar para camión



Fuente: Elaboración propia

Las medidas estándares de un asiento de camión para modelos 2003 en adelante, para las marcas Kenworth, Freightliner y Navitrans, las podemos observar en la siguiente figura, gracias a tomas de medidas de 23 camiones que entraron a servicio de mantenimiento al concesionario Kenworth de la montaña Itagüí.

La altura de los 350mm que va desde el piso de la cabina hasta donde empieza el cojín de la silla, varía dependiendo del peso de la persona, pues esta altura se reduce gracias al sistema de amortiguación de los tractocamiones.

#### 4.5 CONDICIONES DE USO

Puntualizar el contexto o entorno para el que se dispone un producto, permite definir especificaciones de diseño para lograr cumplir el objetivo de la creación.

Para este caso, es necesario, además de tener en cuenta todos los aspectos anteriores, evidenciar condiciones como: aislamiento térmico del usuario, su tasa metabólica, temperatura del entorno, humedad y velocidad del aire; es por esto que la sensación térmica del conductor es evaluada por el método Fanger.

4.5.1 Aislamiento térmico ( $I_{clo}$ ). El aislamiento térmico en el medio de los conductores comprende dos aspectos, el de la ropa de las personas que permanecen en el ambiente evaluado y el de los asientos del vehículo.

El valor del aislamiento térmico proporcionado por la ropa puede estimarse mediante la consulta de tablas (ISO 7730, ISO 9920)\*. Estas permiten su cálculo a partir de combinaciones habituales de ropa o bien mediante la selección personalizada de las prendas del trabajador. Si la tarea se desarrolla en posición sedente, al valor del aislamiento proporcionado por la ropa se le debe añadir el aislamiento proporcionado por el asiento.

Las unidades para medir el aislamiento térmico de la ropa son el clo y los metros cuadrados kelvin por watio ( $m^2K/W$ ). La siguiente tabla orienta el rango de valores que toma la variable aislamiento térmico.

---

\* Ver Anexo K. Tabla de aislamiento térmico en  $m^2K/W$ .

Tabla 7. Valores del aislamiento de la ropa en clo., según el INSHT-NTP74

Tipo de ropa	Aislamiento (clo.)
<b>Desnudo</b>	<b>0 clo.</b>
<b>Ropa Ligera</b> (ropa de verano)	<b>0,5 clo.</b>
<b>Ropa Media</b> (traje completo)	<b>1 clo.</b>
<b>Ropa Pesada</b> (uniforme militar de invierno)	<b>1,5 clo.</b>

Fuente: Ergonomía del ambiente térmico (une-en ISO 7730:2006)

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior, según el tipo de ropa, el aislamiento para un conductor debe ser aproximadamente 1 clo (Ropa Media-traje completo) y según el Anexo K y las figuras a continuación se generan los valores dados por la combinación del atuendo, constituido por ropa interior, camisa (0.09 clo), pantalones (0.25 clo), medias (0.02 clo) y zapatos (0.02 clo) y el asiento del puesto de trabajo es tipo sillón de ejecutivo (0.20 clo), para un total de 0.61 clo\*\*.

Figura 14. Clasificación de asientos para determinar aislamiento térmico

- Ninguno
- Silla metálica con asiento de rejilla
- Taburete de madera
- Silla normal de oficina
- Sillón de ejecutivo

Figura 15. Combinaciones habituales de los atuendos

**Ropa de uso diario**

- Bragas, camiseta, pantalón corto, calcetines finos, sandalias
- Calzoncillos, camiseta de manga corta, pantalones ligeros, calcetines finos, zapatos
- Bragas, combinación, medias, vestido, zapatos
- Ropa interior, camisa, pantalones, calcetines, zapatos
- Bragas, camisa, pantalones, calcetines, zapatos
- Bragas, medias, blusa, falda larga, chaqueta, zapatos
- Ropa interior de manga y perneras largas, camisa, pantalones, jersey de cuello en V, chaqueta, calcetines, zapatos
- Ropa interior de manga y perneras cortas, camisa, pantalones, chaleco, chaqueta, chaquetón, calcetines, zapatos

Fuente: [www.ergonautas.upv.es](http://www.ergonautas.upv.es)

4.5.2 Tasa metabólica (M). Mide el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea, gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Según Fanger, “aproximadamente sólo el

\*\* Ver cálculos en el Capítulo 5.

25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor”. Esta medida en  $\text{met}$  o  $\text{w/m}^2$ . El metabolismo se puede calcular mediante la aplicación del método de tanteo (por estimación de la tasa metabólica en función la profesión, ISO 8996) y por estimación de la tasa metabólica (en función del tipo de actividad, ISO 8996 - ISO 7730).

Figura 16. Tipos de actividades que determinan el metabolismo

- Reposo, tendido
- Reposo, sentado
- Actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio)
- Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)
- Actividad media, de pie (dependiente de comercio, tareas domésticas, trabajo con máquinas)
- Caminar en llano a 2 Km/h
- Caminar en llano a 3 Km/h
- Caminar en llano a 4 Km/h
- Caminar en llano a 5 Km/h

Tabla 8. Valores medios de tasas metabólicas en función de la actividad

CLASE	Tasa metabólica en $\text{W/m}^2$	EJEMPLOS DE ACTIVIDADES
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente.
Tasa metabólica baja	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h)
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de 2,5 Km/h hasta 5,5 Km/h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, Pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km/h.
Tasa metabólica muy alta	260	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7 Km/h

Fuente: [www.ergonautas.upv.es](http://www.ergonautas.upv.es)

Según el Anexo J, cada actividad tiene su correspondiente tasa metabólica, para la conducción nos sugiere una tasa de 1,4  $\text{met}$ , o según la tabla anterior, una tasa metabólica moderada equivalente a  $165 \text{ w/m}^2$ , apta para una actividad moderada (clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o maquinas de obras, caminar a una velocidad de 2,5 km/h hasta 5,5 km/h). En este caso la tasa metabólica a usar es de  $165 \text{ w/m}^2$ \*. Este tema, en la conducción de camiones se tiene en cuenta factores como el equipamiento de dirección hidráulica y la falta de aire acondicionado (común en tractocamiones Kenworth conducidos en Colombia).

4.5.3 Temperatura del bulbo seco o del aire ( $T_{bs}$ ). Según el Instituto Nacional De Seguridad e Higiene en el Trabajo, la temperatura del entorno debe contribuir a

\* Ver cálculos en el Capítulo 5.

que la persona que trabaje mantenga una temperatura corporal entorno a 37°C como lo muestra la siguiente tabla. La temperatura efectiva debe estar comprendida entre los 20-21°C en invierno y los 20-24°C en verano para personas sedentarias como lo es el público objetivo estudiado (Grandjean establece márgenes en 1985, como muestra la Tabla 10).

Tabla 9. Intervalo de temperatura del cuerpo humano

TEMPERATURA °C	SÍNTOMA
44	Golpe de calor
42	Convulsiones, coma
41	Piel caliente y seca
40	Hiperpirexia
38	Intervalo aproximado de temperatura normal
36	
34	Sensación de frío
33	Hipotermia
32	Bradycardia, hipotensión
30	Somnolencia, apatía
28	Musculatura rígida
26	Parada cardiaca, fibrilación.

Tabla 10. Intervalo óptimo de temperatura en actividades sedentes (Grandjean)

ESTACIÓN	T° MÍNIMA	T° MÁXIMA	HR	Var
INVIERNO	20°C	21°C	>30%	<0,2 m/s
VERANO	20°C	24°C	40-60%	0,2 m/s

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España

La temperatura de Medellín está determinada por los pisos térmicos en donde está la zona urbana, la cual tiene una temperatura que oscila entre 16 y 28°C ó 60 y 82°F, con máxima absoluta de 32°C y con mínima absoluta de 10°C.

Una persona puede adaptarse al calor de dos diferentes maneras: por medio de la sudoración o por la climatización. El segundo, permite una tolerancia más alta para que el individuo permanezca en ambientes de temperaturas mayores por más tiempo.

La temperatura tiene mucho que ver con la sensación térmica de cada persona, ya que si se encuentra en lugares con temperaturas muy diferentes, es decir, dentro de unos límites estándar, unos trabajadores tendrán sensación de frío y otros de calor, dependiendo de sus características, si tienen más o menos ropa, etc.

La temperatura del entorno que se toma en cuenta para definir las condiciones del producto es de 25°C, ya que es un promedio de la temperatura de las ciudades de Colombia que frecuentan los transportistas.

Figura 17. Datos del clima de un día "X" en la ciudad de Medellín



Fuente: Temperatura suministrada por la página web de google

Uno de los datos que se toma en cuenta para sacar el promedio de temperaturas es la que se muestra en la figura anterior, de la ciudad de Medellín.

4.5.4 Humedad relativa ( $H_R$ ). Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. En términos de comodidad ambiental para las personas, expresa la capacidad de evaporar la transpiración, importante regulador de la temperatura del cuerpo humano.

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, "hay que mantener un nivel de humedad aceptable, entre el 40 y el 70%". Para este proyecto se considera la humedad relativa con un 44%\*.

4.5.5 Velocidad del aire ( $V_{ar}$ ). En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativa alta. El movimiento del aire desplaza ese aire y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo.

Es agradable la brisa en una situación de calor, puesto que mejora el enfriamiento del cuerpo; se admiten velocidades de hasta 1,50 m/s por poco tiempo. Cuando se trabaja, debe ser inferior a 0,55 m/s, porque se vuelan los papeles y las corrientes de aire producidas no deben incidir sobre el usuario.

El movimiento del aire es menos deseable cuando hace frío. Sin embargo, cuando el aire está inmóvil (velocidad igual a 0 m/s), la sensación es siempre desagradable, por lo que cuando hace frío se estiman correctas velocidades comprendidas entre 0,10 y 0,15 m/s.

\* Ver cálculos en el Capítulo 5.

Para este proyecto se considera la velocidad del aire de 0.38 m/s\*\* en el interior de la cabina del camión.

La ley de la renovación del aire para camiones clase I, II, III dice que por cada pasajero debe haber 13 m<sup>3</sup>/h, y que la renovación mínima para un vehículo que cuente con ventilación, debe ser del 20% del volumen del aire por hora, lo que equivale a mínimo 0.3 m<sup>3</sup>/min ya sea en estático o en movimiento.

#### 4.6 EL CONFORT TÉRMICO

El confort térmico puede definirse como la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente; éste cada día cobra más importancia por la relevancia que tiene sobre la salud de los trabajadores.

De los métodos existentes para la valoración del confort térmico, uno de los más completos, prácticos y operativos es el de Fanger, que aparece en su libro "Thermal Comfort (1973)". Este método ha sido recogido por la norma ISO 7730 y consigue integrar todos los factores que determinan el confort térmico ofreciendo el porcentaje de personas insatisfechas (PPD) con las condiciones del ambiente térmico en que se desarrolla la actividad.

Los datos necesarios para el cálculo son: el aislamiento térmico de la ropa de las personas que permanecen en el ambiente evaluado, la tasa metabólica correspondiente a la actividad desarrollada, la temperatura del aire, la temperatura radiante media (proveniente de fuentes de calor radiante), la humedad relativa del aire y la velocidad relativa del aire (estos valores se calculan en el capítulo a continuación, y algunos de ellos automáticamente mediante la herramienta-calculadora virtual de temperatura Fanger proporcionada en la página web de Ergonautas).

El contacto durante largo tiempo entre los pasajeros y su asiento hace que la sudoración aumente. La humedad acumulada entre el usuario y la superficie del asiento es uno de los principales causantes de disconfort térmico, y puede

---

\*\* Ver cálculos en el Capítulo 5.

aparecer si el material del asiento no es capaz de evacuar la humedad o si el asiento no tiene un sistema de ventilación adecuado.

Según el real decreto 486/1997 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, se establece los siguientes valores:

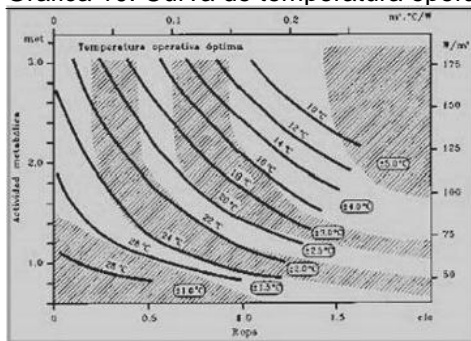
Tabla 11. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo

VARIABLES	VALORES
TEMPERATURA	De 17 a 27°C para trabajos sedentarios
	De 14 a 25°C para trabajos ligeros
HUMEDAD	Del 30% al 70%
	Del 50% al 70% si hay riesgos por electricidad estática
VELOCIDAD DEL AIRE	0,25 m/s para trabajo en ambientes no calurosos
	0,50 m/s para trabajos sedentarios en ambientes calurosos
	0,75 m/s para trabajos no sedentarios en ambiente calurosos

Fuente: Anexo III del real decreto 486/1997

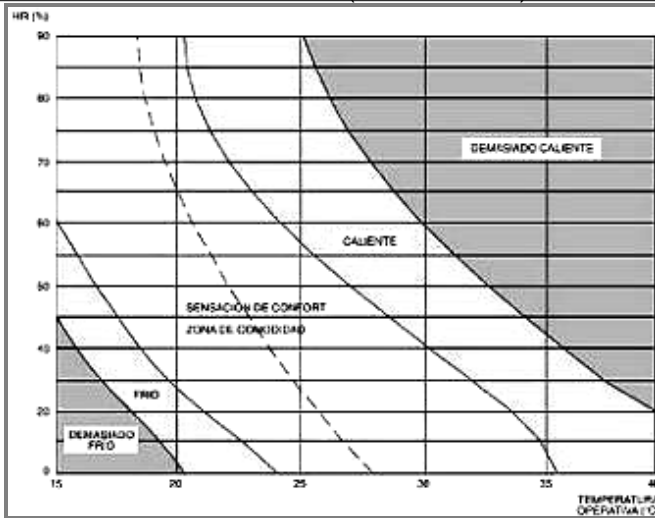
Según Fanger, “existe una curva de confort regida por la actividad metabólica, la ropa y la temperatura de entorno”; con estas variables mencionadas se obtiene la temperatura operativa óptima como lo muestra la grafica a continuación, donde se establecen las condiciones de temperatura y humedad más adecuadas para el trabajo, delimitando con blanco la zona de comodidad donde se presenta la sensación de confort.

Grafica 10. Curva de temperatura operativa optima (P.O FANGER)



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.

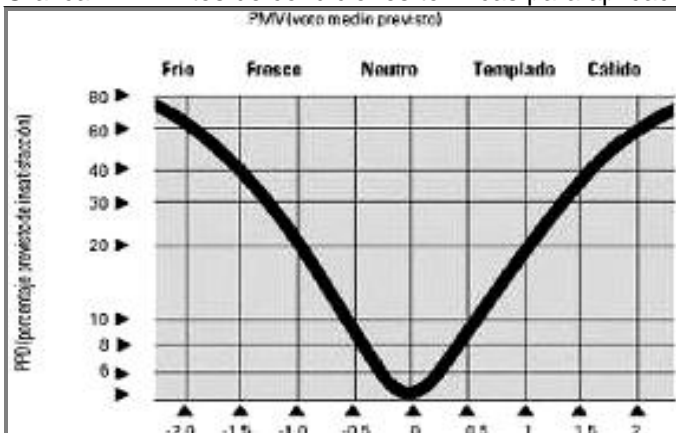
Grafica 11. Curva de confort (P.O FANGER)



Fuente: Libro, Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico.

Se usa el índice del Voto medio estimado (*PMV*) para estudiar las condiciones térmicas cuyo resultado esté entre menos dos (ambiente fresco) y mas dos (ambiente caluroso) como lo muestra la siguiente grafica, cuando dicho resultado obtenido excede los límites se deben utilizar otros métodos.

Grafica 12. Limites de condiciones térmicas para aplicación del PMV



Fuente: [www.tecnicoentral.com](http://www.tecnicoentral.com)

## 5. RECOPIACIÓN DE DATOS PARA CÁLCULOS DEL PPD Y PMV

El método usado para determinar el confort térmico en los conductores de camiones es el de Fanger como se explica en el capítulo anterior; este está determinado por el PPD (Porcentaje de Personas Insatisfechas) y el PMV (Voto Medio Estimado), en el cual intervienen los aspectos hallados a continuación.

### 5.1 AISLAMIENTO TÉRMICO DE LA ROPA ( $I_{clo}$ )

Utilizando la fórmula de sumatoria se determina el aislamiento térmico para los conductores de camiones teniendo en cuenta cada uno de los  $clo$  que interfieren en su vestimenta habitual y silla.

Ecuación 1. Sumatoria.

$$\sum_{i=m}^n x_i = x_m + x_{m+1} + x_{m+2} + \dots + x_{n-1} + x_n$$

Donde:

$X$  Valores a sumar.

$\Sigma$ : Sumatoria.

$n$ : límite superior.

$m$ : límite inferior

Entonces,

$X_1$ : aislamiento térmico generado por la camisa (0.09).

$X_2$ : aislamiento térmico generado por el pantalón (0.25 clo).

$X_3$ : aislamiento térmico generado por las medias gruesas ajustadas (0.05 clo).

$X_4$ : aislamiento térmico generado por los zapatos (0.02 clo).

$X_5$ : aislamiento térmico generado por el asiento (0.20 clo).

$$\begin{aligned}
 \text{Aislamiento} &= \sum_{i=1}^5 x_i \\
 &= \sum_{i=1}^5 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) \\
 &= \sum_{i=1}^5 (0.09 + 0.25 + 0.05 + 0.02 + 0.20) \\
 &= 0,61 \text{ clo}
 \end{aligned}$$

## 5.2 NIVEL METABÓLICO SEGÚN LA ACTIVIDAD (M)

Comparando el dato (conducción de camión) suministrado por la Tabla 8 y el del Anexo J (Conducir automóvil), sugiere que 1,4 met puede ser equivalente a 165 w/m<sup>2</sup>, sabiendo que 1 met es igual a 58,2 w/m<sup>2</sup>.

Ecuación 2. Regla de tres.

$$Y = \frac{B \cdot A}{x}, \text{ A es a B como X es a Y.}$$

Donde:

- A: Proporción de B
- B: Proporción de A
- x: Proporción de Y
- Y: Proporción de X.

Si a) met	w/m <sup>2</sup>	o	b)	met	w/m <sup>2</sup>
1	58,2		1	58,2	
	1,4 ?			? 165	

Entonces a) A=1 met, B=58,1 w/m<sup>2</sup>, X=1,4 met, Y=? met

$$Y = \frac{1,4 \cancel{\text{met}} * 58,2 \text{ w/m}^2}{1 \cancel{\text{met}}} = 81,48 \text{ w/m}^2$$

Entonces b) A=1 met, B=58,1 w/m<sup>2</sup>, X=? met, Y=165 w/m<sup>2</sup>

$$X = \frac{1.4 \text{ met} * 165 \text{ w/m}^2}{58.2 \text{ w/m}^2} = 2,8 \text{ met o } 165 \text{ w/m}^2$$

La diferencia entre 165 w/m<sup>2</sup> (sugerido en Tabla 8) y 81,48 w/m<sup>2</sup> (sugerido en Anexo J) es de 83,52 w/m<sup>2</sup>, lo que significa que la conducción de un camión genera un 49% más de producción metabólica que la conducción de un automóvil, por lo tanto la tasa a utilizar es de 2,8 met.

### 5.3 TEMPERATURAS

5.3.1 Temperatura del bulbo seco o del aire (T<sub>bs</sub>). Teniendo en cuenta las principales ciudades de Colombia, el IDEAM (Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales De Colombia) proporciona información histórica del clima colombiano, con lo cual se construye la siguiente tabla de promedios de Colombia por ciudad.

Tabla 12. Datos climáticos promedios de principales ciudades colombianas

CIUDAD	T (°C)	Hr (%)	Va (km/h)	VA (m/s)	ST (°C)
Arauca	28	80	14	3,9	35
Armenia	22	75	3	0,8	22
Barrancabermeja	28	75	0	0,0	21
Barranquilla	25	76	0	0,0	28
Bogotá	15	72	14	3,9	15
Bucaramanga	24	83	0	0,0	23
Cali	27	75	11	3,1	28
Cartagena	29	90	10	2,8	32
Ibagué	25	75	11	3,1	25
Maicao	29	76	11	3,1	34
Manizales	21	80	3	0,8	19
Medellín	23	66	8	2,2	23
Montería	30	85	2	0,6	32
Neiva	28	68	4	1,1	30
Pereira	22	65	4	1,1	23
Popayán	21	74	11	3,1	22
Riohacha	29	68	11	3,1	34
Santa Marta	30	87	5	1,4	33
Sincelejo	29	77	0	0,0	30
Tunja	18	71	11	3,1	18
Valledupar	29	41	9	2,5	30
Villavicencio	27	62	0	0,0	28
	<b>25</b>	<b>74</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>27</b>

Fuente: Elaboración propia según investigaciones

Para obtener  $T_{bs}$  (°C) promedio colombiana, se usan los valores mostrados en la columna T (°C), entonces se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Promedio.

$$\bar{x} = \frac{(\sum_{i=m}^n X_i)}{n}$$

Donde:  $\bar{x}$ : Promedio de valores x.  
 $\sum$ : Sumatoria.  
 $X$ : Valores a sumar.  
 $n$ : Limite superior.  
 $m$ : Limite inferior.

Se tiene que:  $\bar{x}=?$ ,  $n=22$ ,  $X$ =Temperaturas de ciudades colombianas,  $m=1$ .

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{22}(28 + 22 + 28 + 25 + 15 + 24 + 27 + 29 + 25 + 29 + 21 + 23 + 30 + \dots + 28 + 22 + 21 + 29 + 30 + 29 + 18 + 29 + 27)}{22}$$

$$\bar{x} = \frac{559}{22} = 24.5^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$$

5.3.2 Temperatura bulbo húmedo ( $T_{bh}$ ). Se toma como referente el dato de un estudio con pruebas de usuario (conductores de camiones) realizado por unos estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad Javeriana en el año 2004, con el fin de encontrar los verdaderos valores que aplican dentro de la cabina de un camión. Los datos mostrados en la siguiente tabla, en la columna “Referente”, son los utilizados para hallar los datos que se enuncian en la columna “Mis datos”, teniendo en cuenta que la temperatura del bulbo seco en este estudio es de  $25.4^{\circ}\text{C}$ , hallado en el numeral anterior, y utilizando la ecuación 2, se obtiene:

Donde  $A=23.6^{\circ}\text{C}$  ( $t_{bs}$  referente),  $B=16.1^{\circ}\text{C}$  ( $t_{bh}$  referente),  $X=25.4^{\circ}\text{C}$  ( $t_{bs}$  hallada),  $Y=?$  ( $t_{bh}$  a hallar), entonces:

$$y = \frac{23.6 \times 25.4}{16.1} = 17.3^{\circ}\text{C}$$

Tabla 13. Resultado de cálculos realizados para cabina de camión.

	Referente (*)	Mis datos	Método de consecución
$T_{bh}$ (°C)	16,1	17,3	por ecuación 2 (según referente)
$T_{bs}$ (°C)	23,6	25,4	por ecuación 3
$T_g$ (C)	26,4	28,4	por ecuación 2 (según referente)
$T_{RM}$ (°C)		32,3	por ecuación 5
HR (%)		44%	por tabla 14
Depreciación sicométrica		8,1	por ecuación 6
$V_{ar}$ (m/s)		0,38	Por ecuación 4

Fuente: Elaboración propia según investigaciones

5.3.3 Temperatura del globo ( $T_g$ ). Teniendo los valores referentes (\*) de la tabla anterior y la  $T_{bh}$  hallada, se usa la ecuación 2 para calcular  $T_g$ .

Entonces,  $T_{bh}^*=16.1^{\circ}\text{C}$ ,  $T_g^*=26.4^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{bh}=17.3^{\circ}\text{C}$ ,  $T_g=?$

$$T_g = \frac{T_{bh} \times T_g^*}{T_{bh}^*} = \frac{17.3 \times 26.4}{16.1} = 28.4^{\circ}\text{C}$$

5.3.4 velocidad del aire ( $V_{ar}$ ). La ecuación suministrada por la pagina web [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com) permite encontrar el valor para la ventilación que se presenta dentro de la cabina, el cual ayuda en el intercambio de temperatura que depende de la intensidad y dirección.

Ecuación 4. Velocidad del viento.

$$V_{ar} = 0,65 [g l (t_s - t_e) / 273 + t_e]^{1/2}$$

Donde:

$g$ :  $9,8 \text{ m/s}^2$

$l$ : distancia vertical de la parte inferior de la cabina\*\*

$t_s$ : temperatura de la superficie-piso de la cabina(°C)

$t_e$ : temperatura del medio ambiente circundante (°C)

Entonces,  $l=1,50\text{m}$ ;  $t_s= 32^{\circ}\text{C}^{**}$ ;  $t_e= 25.4^{\circ}\text{C}$

\*\* Dato obtenido de mediciones realizadas en taller de Kenworth de la Montaña Medellín.

$$V_{ar} = 0,65[9,8\text{m/s}^2 \times 1,50\text{m}(32^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) / 273 + 25^\circ\text{C}]^{1/2}$$

$$V_{ar} = 0,65[9,8\text{m/s}^2 \times 1,50\text{m}(7^\circ\text{C}) / 298^\circ\text{C}]^{1/2}$$

$$V_{ar} = 0,65[102,9 / 298]^{1/2}$$

$$V_{ar} = 0,38\text{m/s}$$

5.3.5 Temperatura radiante media ( $T_{RM}$ ). Corresponde con el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y las superficies que lo rodean. Se usa la siguiente ecuación, donde,  $T_g = 28.4^\circ\text{C}$ ,  $V_{ar} = 0,38\text{m/s}$ ,  $T_{bs} = 25.4^\circ\text{C}$ , entonces:

Ecuación 5. Temperatura radiante media.

$$TRM (^{\circ}C) = Tg + 1.9\sqrt{\text{Velocidad del aire (m/s)}} (Tg - Tbs)$$

$$\begin{aligned} T_{RM}(^{\circ}C) &= 28,4 + 1,9\sqrt{0.38(\text{m/s})(28,4 - 25,4)} \\ &= 28,8 + 1,17 \times 3 \\ &= 32,3^{\circ}C \end{aligned}$$

5.3.6 Humedad relativa (HR). Esta variable está directamente relacionada con la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo. Solo se necesita saber la depreciación sicométrica ( $T_{bs} - T_{bh}$ ) para hallar HR a presión normal.

Ecuación 6. Depreciación sicometría.

$$\text{Depreciación sicométrica} = (T_{bs} - T_{bh})$$

Se tiene que  $T_{bs}$  es igual a  $25.4^\circ\text{C}$  y  $T_{bh}$  es igual a  $17.3^\circ\text{C}$ , entonces:

$$\begin{aligned} \text{Depreciación sicométrica} &= (25.4 - 17.3) \\ &= 8,1 \end{aligned}$$

---

\*\* Dato resultante de pruebas realizadas para el proyecto. Ver Capítulo 10

Ubicando el valor "8" (depreciación) en la fila superior de la siguiente tabla y un valor de 25°C (temperatura seca) en su columna izquierda, se obtiene una humedad relativa de 44%.

Con este último valor se completa cada una de las celdas de la Tabla 13 con los datos faltantes necesarios para medir el confort térmico de los conductores colombianos, por el método de Fanger.

Tabla 14. Estimación de la humedad (por depreciación sicométrica)

		Diferencia entre temperatura seca y temperatura húmeda																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Temperatura seca	10	100	88	76	65	54	43	33	24	15									
	11	100	88	76	66	55	45	35	27	18									
	12	100	89	77	66	56	47	38	29	20	11								
	13	100	89	78	67	58	49	40	32	23	15								
	14	100	90	79	68	59	50	42	34	26	18	10							
	15	100	90	79	69	60	51	43	36	28	20	14							
	16	100	90	80	70	61	53	44	37	30	22	16	10						
	17	100	91	80	71	63	54	46	38	32	24	18	12						
	18	100	91	81	71	63	55	48	39	33	26	20	14						
	19	100	91	81	72	64	56	49	41	34	28	22	16	10					
	20	100	92	82	73	64	57	50	43	36	30	24	18	12					
	21	100	92	82	74	65	58	52	45	38	32	26	20	14					
	22	100	92	83	74	66	60	53	46	39	34	28	22	16	11				
	23	100	92	83	75	67	61	55	48	41	35	30	23	18	13				
	24	100	92	83	75	68	62	56	50	42	36	31	25	20	15	10			
	25	100	92	84	76	69	63	57	51	44	38	32	27	22	17	12			
	26	100	93	84	76	70	63	57	52	45	39	34	28	24	19	14			
	27	100	93	85	77	71	64	58	52	47	41	36	30	25	21	16	11		
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32	27	23	18	13		
	29	100	93	85	79	72	66	60	54	49	43	38	33	29	24	20	15	11	
	30	100	93	86	79	73	66	60	55	50	45	40	35	31	26	21	16	12	
31	100	93	86	79	73	67	61	56	51	46	41	36	32	27	22	18	14	10	
32	100	93	86	80	74	68	62	56	52	47	42	37	33	28	23	19	15	12	
33	100	93	86	80	74	68	63	57	52	47	43	38	34	29	25	21	17	14	
34	100	94	87	80	75	69	64	58	53	48	43	38	35	30	26	22	18	16	
35	100	94	87	81	75	70	64	58	53	48	44	39	36	31	27	23	20	18	
36	100	94	87	81	75	70	65	59	54	49	45	40	37	32	29	25	22	19	
37	100	94	87	82	76	71	65	60	55	50	46	41	38	33	30	26	23	20	
38	100	94	87	82	76	71	66	61	56	51	47	42	38	34	31	27	24	21	
39	100	94	88	82	76	72	66	62	57	52	48	43	39	35	32	28	25	22	
40	100	94	88	82	77	72	67	63	58	53	49	44	39	35	32	29	26	23	

Fuente: Obtenida a partir de la temperatura húmeda y la temperatura seca por medio del software CENTREINAR

## 5.4 SENSACIÓN TÉRMICA EN CONDUCTORES COLOMBIANOS

La sensación térmica global del cuerpo se puede estimar mediante el cálculo del *Voto medio estimado (PMV)* y el *Porcentaje de personas insatisfechas (PPD)* ante un determinado ambiente térmico.

Si un cuerpo emite más radiación que la que absorbe se enfría, mientras que el entorno se calienta al absorber la radiación procedente del mismo. Si el objeto absorbe más que emite, se calienta mientras el entorno se enfría.

Gracias a la herramienta de medición de la sensación térmica (calculadora) de la Universidad Pontificia de Valencia en España, por medio de la página web Ergonautas.com, se puede evaluar de forma rápida el *PMV* y el *PPD*, teniendo en cuenta los valores hallados anteriormente, registrados a continuación.

Tabla 14. Datos para la medición de la sensación de térmica

DESCRIPCIÓN	VALOR
Aislamiento térmico de la ropa ( $I_{clo}$ )	0,6 clo
Producción de energía metabólica (M)	2,8 met
Temperatura del aire ( $T_{bs}$ )	24°C
Temperatura media de radiación ( $T_{RM}$ )	32,3°C
Velocidad absoluta del aire ( $V_{ar}$ )	0,4 m/s
Humedad relativa (HR)	44%

Fuente: Elaboración propia

La herramienta a utilizar es la de Fanger, debido a que los valores obtenidos están dentro de los límites descritos en la siguiente tabla.

Tabla 15. Límites de los parámetros de aplicación

Voto medio estimado	[-2.0   +2.0]	[ --- ]
Aislamiento térmico de la ropa	[ 0.0   2.0 ]	[ clo ]
Producción de energía metabólica	[ 0.8   4.0 ]	[ met ]
Temperatura del aire	[ 10   30 ]	[ °C ]
Temperatura media de radiación	[ 10   40 ]	[ °C ]
Velocidad relativa del aire	[ 0.0   1.0 ]	[ m/s ]
Presión de vapor	[ 0   2700 ]	[ Pa ]
Temperatura de rocío	[ hasta 22.35 ]	[ °C ]
Humedad relativa	[ 30   70 ]	[ % ]

Fuente: [www.ergonautas.upv.es](http://www.ergonautas.upv.es)

5.4.1 Valor Estimado Medio (PMV). El balance térmico se expresa con:

Ecuación 7. Ecuación del voto medio estimado.

$$PMV = t_s \times (M - W - E_d - E - E_{res} - C_{res} - R - C)$$

Donde,

**T<sub>s</sub>** es el coeficiente de transferencia de sensación térmica en m<sup>2</sup>/w.

$$T_s = 0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028$$

**W** es la energía metabólica producida por el organismo en w/m<sup>2</sup>.

**M** es el trabajo mecánico externo en w/m<sup>2</sup>.

**E<sub>d</sub>** es la pérdida de calor por difusión de agua por la piel en w/m<sup>2</sup>.

$$E_d = 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - P_a]$$

**E** es la pérdida de calor por evaporación del sudor en w/m<sup>2</sup>.

$$E = 0,42 \times [(M - W) - 58,15]$$

**E<sub>res</sub>** es la pérdida de calor latente por respiración en w/m<sup>2</sup>.

$$E_{res} = 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_a)$$

**C<sub>res</sub>** es la pérdida de calor sensible por respiración en w/m<sup>2</sup>.

$$C_{res} = 0,0014 \times M \times (34 - t_a)$$

**R** =  $3,96 \times 10^{-8} \times f_{clo} \times [(t_{clo} + 273)^4 - (T_{RM} + 273)^4]$ , es pérdida de calor por radiación en w/m<sup>2</sup>.

**C** =  $f_{clo} \times h_c \times (t_{clo} - t_a)$ , es la pérdida de calor por convección en w/m<sup>2</sup>.

Reemplazando los valores anteriores en la ecuación, se obtiene lo siguiente:

$$PMV = [0,303 \times e^{-0,036M} + 0,028] \times \left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - P_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - \\ 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_a) - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \\ - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{clo} \times [(t_{clo} + 273)^4 - (T_{RM} + 273)^4] - f_{clo} \times h_c \times (t_{clo} - t_a) \end{array} \right\}$$

$$\text{Así, } t_{clo} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) - f_{clo} \times \{ 3,96 \times 10^{-8} \times f_{clo} \times [(t_{clo} + 273)^4 - (T_{RM} + 273)^4] - f_{clo} \times h_c \times (t_{clo} - t_a) \}$$

$$h_{clo} = \begin{cases} 2,38 \times |t_{clo} - t_a|^{0,25} & \text{para } 2,38 \times |t_{clo} - t_a|^{0,25} > 12,1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \sqrt{v_{ar}} & \text{para } 2,38 \times |t_{clo} - t_a|^{0,25} < 12,1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$h_{clo} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 \times I_{clo} & \text{para } I_{clo} \leq 0,078 \text{ m}^2\text{k/w} \\ 1,05 + 0,645 \times I_{clo} & \text{para } I_{clo} \geq 0,078 \text{ m}^2\text{k/w} \end{cases}$$

Donde:

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

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

**I<sub>clo</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 radiante media en °C.

**v<sub>ar</sub>** es la velocidad relativa del aire en m/s.

**p<sub>a</sub>** es la presión parcial del vapor de agua en Pa.

**p<sub>a</sub>** = HR/100 × exp (16,6536-4030,183/ (t<sub>a</sub> + 235)); Donde: HR es la humedad relativa del aire medida en porcentaje.

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

**t<sub>clo</sub>** es la temperatura de la superficie de la ropa en °C.

Figura 18. Calculadora del PMV

Introducción de Datos

Aislamiento de la ropa 0,6 clo (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> K/W)  
Para rellenar el dato automáticamente a partir de combinaciones habituales de ropa pulse [aquí](#)  
Para rellenar el dato automáticamente a partir de la selección personalizada de prendas pulse [aquí](#)  
Si desea sumar al valor actual de aislamiento de la ropa el proporcionado por el asiento pulse [aquí](#)

Tasa metabólica 2,8 met  
Para rellenar la tasa metabólica automáticamente a partir de la actividad desarrollada pulse [aquí](#)

Temperatura del aire 24 °C

Temperatura radiante media 32 °C

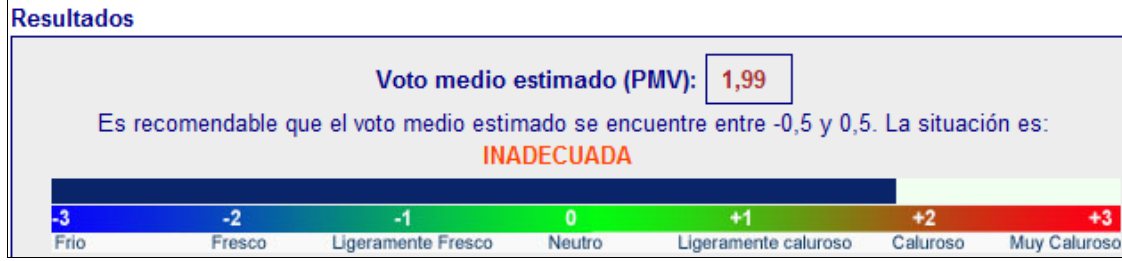
Velocidad relativa del aire 0,4 m/s

Humedad relativa 44 %

Fuente: [www.ergonautas.upv.es](http://www.ergonautas.upv.es)

Como muestra en la figura anterior, se usa la calculadora con los datos correspondientes, y el resultado obtenido se interpreta en la figura a continuación (PMV=1,99), registrando una situación inadecuada representando un ambiente caluroso para los conductores, según las condiciones laborales.

Figura 19. Resultado del PMV



Fuente: www.ergonautas.upv.es

5.4.2 Porcentaje Estimado de Insatisfechos (PPD). El método completa su análisis con la estimación del Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD) a partir del Voto Medio Estimado (PMV). Dicho índice analiza aquellos votos dispersos alrededor del valor medio obtenido y representa a las personas que considerarían la sensación térmica como desagradable, demasiado fría o calurosa. Ésta representación se muestra en la siguiente figura, indicando un PPD=76,31%, correspondiente a un valor del PMV= 1,99

Ecuación 8. Cálculo de personas insatisfechas a partir del Voto medio (PMV)

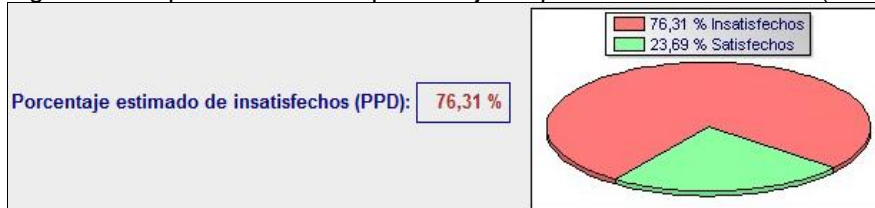
$$PPD = 100 - 95 * e^{(0,03353 * PMV^4 + 0,2179 * PMV^2)}$$

Entonces,

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(0,03353 \times (1,99)^4 + 0,2179 \times (1,99)^2)}$$

$$= 76,31\%$$

Figura 20. Representación del porcentaje de personas insatisfechas (PPD)



Fuente: www.ergonautas.upv.es

## 6. CRITERIOS DE DISEÑO

### 6.1 CONCEPTUALIZACIÓN

Las encuestas realizadas, las investigaciones, la observación al usuario en las labores diarias y el análisis de técnicas y productos que se pueden usar como referentes, guían al diseñador a basar las especificaciones de diseño y desarrollo en conceptos como:

6.1.1 Tamaño. El diseño debe ser compatible con el tamaño de la superficie de la silla de los camiones, además debe abarcar el ancho del conductor en posición sentada para darle estabilidad, pero a su vez se debe evitar al máximo el contacto entre usuario-artefacto, eliminando así puntos de transmisión de calor y de presión. No debe sobrepasar una altura de 10cms, además de respetar los estándares ergonómicos mencionados en el Capítulo 4 y los valores ya asignados al asiento del vehículo. (Se tiene en cuenta que los asientos de los camiones Kenworth están ensamblados a la cabina por medio de rieles que ajustan la distancia conductor-pedales).

6.1.2 Ubicación. Como resultado de las encuestas realizadas para el proyecto se establecen preferencias por un producto portátil; En este caso la tendencia a que el usuario sea sólo el conductor y no el dueño del vehículo, hace que esta persona tenga que trasladarse de un lugar de trabajo a otro, llevando consigo sus herramientas u objetos de trabajo, en este caso, el producto a diseñar.

6.1.3 Comodidad. Siendo esta la necesidad básica para la creación del producto, ya que está relacionado con la salud, y por lo tanto con la ergonomía, cada uno de los componentes a emplear debe ser diseñado pensando en el usuario; Por lo tanto el objeto de diseño debe adaptarse a cualquier vehículo, a cualquier cuerpo, dar sensación de frescura, generar la mínima presión posible en el cuerpo humano y permitir que el usuario sea libre de usarlo o no dependiendo de las condiciones.

Es necesario el control de temperaturas en el producto, por lo tanto los componentes no deben generar transferencia de calor, lo que hace que los materiales no sean conductores térmicos; Como se busca retardar o anular el efecto de equilibrio térmico, se debe usar un sistema de ventilación o refrigeración.

6.1.4 Adaptación. Siendo esta la característica que genera la comodidad del usuario, los materiales deben contar con propiedades de movilidad, adoptando diferentes formas distribuyéndose en el espacio limitado, liberando presiones.

6.1.5 Impermeabilidad. Debe ser transpirable al vapor e impermeable a los líquidos para evitar manchas generadas por la sudoración del usuario y para facilitar la limpieza, pues un hábito de los conductores es comer dentro del vehículo.

6.1.6 Seguridad. El permanente contacto del producto con el usuario, exige que este garantice el bienestar ante todas las condiciones posibles, por lo tanto se requiere que:

Los materiales no afecten al conductor.

Respete las normas de seguridad laboral en espacios de trabajo.

Este dentro de los estándares ergonómicos.

Tenga estabilidad en el asiento (que no se deslice mientras se está usando).

Absorba la vibración.

Resista el uso diario y prolongado.

Resista la fricción entre los materiales de la ropa del conductor y los del cojín.

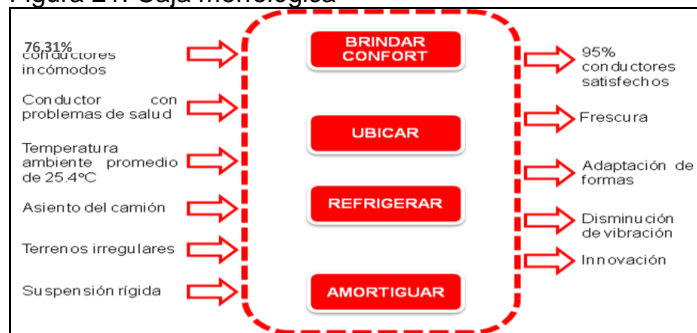
No destiña.

6.1.7 Higiene. Siendo un producto de uso diario y prolongado, debe tener características higiénicas estrictas, garantizando una fácil limpieza, la no procreación de hongos y la no transmisión de olores.

## 6.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL

Los requerimientos funcionales del producto están regidos por cuatro verbos que nos llevan al diseño conceptual, donde como entrada tenemos al 76,31% de usuarios insatisfechos con su puesto de trabajo (además de problemas de salud), un clima cálido, un asiento de soporte (para del producto y como tal para el usuario), tiempos de conducción excesivos y una geografía variable acompañada de una suspensión rígida de los camiones. Como salida se quiere obtener al menos el 95% de conductores satisfechos, disminución de enfermedades laborales, mayor sensación de frescura en partes más afectadas del cuerpo, adaptación total del producto tanto al cuerpo humano como al asiento y la disminución de la vibración. Esto se traduce en la caja morfológica mostrada en la siguiente figura.

Figura 21. Caja morfológica



Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Asignación de componentes según funciones. Para cumplir con cada una de las funciones anteriores, el producto debe estar compuesto por la mezcla de todos los elementos que aseguren el cumplimiento del conjunto de las salidas expuestas en la caja morfológica.

El ubicar al usuario en el producto a diseñar, está ligado a la estabilidad tanto del cojín en el asiento como la que éste le proporciona al usuario. En este tema interfiere la rugosidad de los materiales superficiales, el estado de agregación de los materiales de relleno, el diseño formal y la composición estructural del producto, pues se debe llegar a la adaptación de formas existentes y cambiantes.

La frescura inmediata se puede generar por un sistema de refrigeración. Conviene tener en cuenta que el aire no debe afectar al usuario, por lo tanto lo

ideal es que este participe en el diseño de forma indirecta, haciendo que el conductor no sienta las corrientes de aire y que mantenga un equilibrio de temperatura en toda la superficie de contacto, logrando extraer el aire caliente producido en las partes de mayor concentración o de menor acceso del aire del entorno. La absorción de la vibración se puede lograr tanto por medio de mecanismos como por la composición estructural del diseño y el estado de agregación de los materiales de relleno. El brindar confort se logra con la unión de todas las anteriores.

Las tres funciones principales del producto, objeto de estudio, se muestran en la siguiente tabla, donde a cada función se le asignan las posibles opciones que pueden cumplir con el desempeño.

Tabla 16. Tabla de funciones del producto

UBICAR	REFRIGERAR	AMORTIGUAR
Formas por inyección de poliuretano moldeado	✓ Ventilación mecánica	Resortes
✓ Disposición sugerida por venas de sellado	Compresión: A/A	✓ Relleno viscoso
✓ Materiales superficiales rugosos, antideslizantes	Efectos termoeléctricos	Material de acolchado elástico (espumas)
✓ Rellenos líquidos que se acoplan	✓ Líquidos refrigerantes : agua, amoníaco, glicoles	✓ Rellenos gaseosos : aire comprimido, nitrógeno
Rellenos gaseosos que se acoplan	Absorción	
<b>BRINDAR CONFORT</b>		

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 ANÁLISIS DE FORMAS

Las formas aptas para el diseño del cojín para conductores, deben tener la menor área posible de contacto\*, con el fin de minimizar superficies de trasmisión hacia el usuario, eliminando además los puntos de presión en el cuerpo humano. Estas formas deben ajustarse a las recomendaciones ergonómicas dimensionales tratadas anteriormente.

\* Determinada por la huella marcada en el asiento de los camiones usados.

Las formas y tamaños están basadas en la huella que tienen los viejos asientos usados, donde queda marcada con el tiempo, la forma sedente del cuerpo humano, dando así una visión del área necesaria que ocupa el conductor en un vehículo.

---

Figura 22. Huella de uso del asiento



Fuente: Fotos tomadas por la autora de este proyecto

---

6.3.1 Superficie de contacto. Las opciones para la vista lateral del producto deben tener en cuenta el máximo ángulo permitido entre el muslo y la cadera ( $115^{\circ}$ ), definiendo así una inclinación adecuada, además de garantizar el rango permitido para la altura del asiento del conductor (min. 350 y máx. 450 mm)<sup>13</sup>, sumado a la medida que condiciona el asiento del vehículo. La profundidad del asiento debe rondar entre los 360 y 450mm.

Las opciones formales para la parte de contacto con el usuario deben garantizar: estabilidad, mínima presión, baja concentración de temperatura y tener la capacidad de mantener de forma segura el contenido interior, además de ser un diseño para la manufactura.

Tomando en cuenta lo anterior se generan las siguientes opciones formales a las cuales se les evalúan los criterios morfológicos enunciados en la tabla 19.

---

<sup>13</sup> Según norma técnica colombiana NTC 5206.

Figura 23. Posibles formas para el diseño del cojín



Fuente: Elaboración propia

#### 6.4 DIAGRAMA MORFOLÓGICO

Las alternativas de diseño surgen de unir la diagramación morfológica con las diferentes opciones formales teniendo en cuenta las funciones que debe desempeñar el producto a diseñar; en la siguiente tabla se muestran las opciones para cada función.

Estas propuestas son basadas en los conocimientos de las propiedades de los materiales, su consecución, desempeño y facultades a la hora de la manufactura.

Tabla 17. Diagrama morfológico

	ALTERNATIVAS FORMALES	FUNCIONES		
		UBICAR	REFRIGERAR	AMORTIGUAR
1	 ✓		 ✓	
2		MATRIZ O ELECTRODO DE SELLADO ✓		 ✓
3				
4		 ✓	 ✓	 ✓
5		 ✓		

Fuente: Elaboración propia

6.4.1 Evaluación morfológica. Teniendo en cuenta las especificaciones del PDS, la calificación de las opciones dadas en el diagrama morfológico es determinada por el cumplimiento o no de la labor según la integración de los componentes e interacción con el usuario.

Para definir los componentes más adecuados, que ayuden al cumplimiento de los objetivos del proyecto de grado, se establecen unos criterios de evaluación enunciados en la Tabla 19, los cuales son aplicados a cada una de las opciones mostradas en el diagrama morfológico y evaluados en la tabla a continuación, dando como resultado lo indicado en la Tabla 20.

Tabla 18 .Evaluación morfológica

	ESPECIFICACIONES																			
	A. ACOLCHADO					B. REFRIGERANTE					C. PORTATIL					D. HIGIENICO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ALTERNATIVAS	1	1	1	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
UBICAR	1	N/A	N/A	1	1	0	N/A	N/A	1	1	1	N/A	N/A	1	1	N/A	1	N/A	N/A	N/A
REFRIGERAR	N/A	N/A	N/A	1	N/A	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
AMORTIGUAR	0	1	1	1		0	1	0	1		1	1	1	1		N/A	N/A	N/A	N/A	
	E. DISEÑO PARA LA MANUFACTURA					F. SUPERFICIE DE CONTACTO					G. CONSECUION DE MATERIALES					H. ESTABILIDAD				
ALTERNATIVAS	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	1	1	1	1
UBICAR	1	1	1	1	1	1	1	N/A	1	1	1	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1
REFRIGERAR	1	0	1	0	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	0	1	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
AMORTIGUAR	1	1	1	1		N/A	N/A	N/A	N/A		1	1	1	1		1	1	1	1	
	I. INNOVACION					J. EFICIENCIA					K. AJUSTE FORMAL									
ALTERNATIVAS	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1					
UBICAR	1	1	N/A	1	1	1	1	0	N/A	N/A	1	1	1	1	1					
REFRIGERAR	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	N/A	N/A	0	1	N/A					
AMORTIGUAR	0	1	0	1		1	1	0	1		0	1	1	1						

Tabla 19 . Criterios de evaluación morfológica

ESPECIFICACIONES	PUNTAJE	
	0	1
A. ACOLCHADO	NO	SI
B. REFRIGERANTE	NO	SI
C. PORTÁTIL	NO	SI
D. HIGIÉNICO	NO	SI
E. DISEÑO PARA LA MANUFACTURA	NO	SI
F. SUPERFICIE DE CONTACTO	MÁXIMA	MÍNIMA
G. CONSECUCIÓN DE MATERIALES	DIFÍCIL	FÁCIL
H. ESTABILIDAD	NO	SI
I. INNOVACIÓN	NO	SI
J. EFICIENCIA	NO	SI
K. AJUSTE FORMAL	NO	SI

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las opciones es evaluada para las especificaciones de diseño del producto (PDS) aplicables, dando lugar a un resultado promediado, donde se toman en cuenta los valores más próximos o iguales a uno.

Entonces como resultado se propone el diseño formal descrito en la fila uno del diagrama morfológico (Tabla 17); para ubicar y dar estabilidad al usuario los mejores puntajes están regidos por las filas dos, cuatro y cinco equivalentes a superficies antideslizantes, geles y aire comprimido; para refrigerar están los ventiladores o extractores y los líquidos refrigerantes; por último, el amortiguar tiene los mejores valores en las filas dos y cuatro, representados por geles y aire comprimido.

Tabla 20. Resultado morfológico según promedios

RESULTADO				
	ALTERNATIVAS FORMALES	UBICAR	REFRIGERAR	AMORTIGUAR
1	1 ✓	0,82	0,83 ✓	0,56
2	0,89	1 ✓	0,33	1 ✓
3	0,67	0,8	0,8	0,67
4	0,78	1 ✓	1 ✓	1 ✓
5	0,78	1 ✓	0,67	

Fuente: Elaboración propia

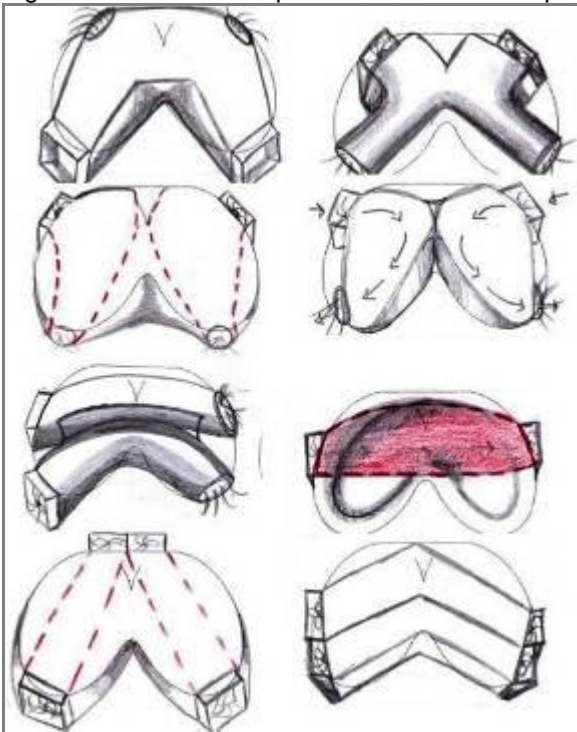
## 6.5 LLUVIA DE IDEAS

Teniendo en cuenta la evaluación morfológica, surgen las siguientes alternativas donde se aprecia la mezcla de los componentes escogidos.

Figura 24. Alternativas con combinación de conceptos funcionales escogidos



Figura 25. Alternativas para ubicación de componentes



Fuente: Elaboración propia

Para coordinar la forma superficial y estructural, la ubicación, estructuración y ensamble de los componentes es indispensable tener en cuenta:

Los componentes como canales conductores del flujo de aire, ventiladores y/o extractores son factores claves para el desempeño del producto, pues su ubicación puede tanto incomodar al usuario como impedir el buen funcionamiento de la invención, además deben estar ubicados en el área de menos concentración

de calor alrededor del asiento con el fin de tomar el aire con temperatura más baja del camión.

La superficie además de minimizar la transmisión de temperatura debe proveer mejoras en la circulación sanguínea, adecuarse al relleno encargado de liberar presiones y adaptarse a la geometría regida por la antropometría de un individuo sentado.

Los ventiladores deben estar afuera del cojín para no afectar el funcionamiento del producto evitando además presiones en el usuario y su preservación en buen estado.

La válvula para proveer el relleno (aire comprimido) debe estar en las áreas donde se genere la menor presión por el peso del usuario sin interferir en el sellado estructural.

El relleno debe proporcionar las dimensiones regidas por las normas ergonómicas NTC 5200.

La forma debe ser consecuente con la finalidad del producto.

## 7. ANÁLISIS DE MATERIALES

### 7.1 EL RELLENO DE LA SUPERFICIE

Está compuesto por líquidos para poder cumplir con la especificación de adaptación a diferentes superficies, tanto de aplicación como de usuario, además debe tener propiedades como inalterabilidad, hipoalergénico, hidrosoluble (fácil de remover), inoloro, químicamente inerte (no inflamable, no tóxico, no explosivo) tanto en estado puro como mezclado con aire, no debe reaccionar desfavorablemente con la humedad, no debe contaminar el aire en caso de fuga y debe ser resistente a la compresión.

El componente más importante en el producto es el material contenido por dentro del cojín; teniendo en cuenta los requerimientos anteriores, se investigan las propiedades de diferentes elementos y se opta por hacer una mezcla que contiene los elementos mostrados a continuación.

7.1.1 Acido X. Es un alfa hidróxido ácido (AHA) perteneciente a un grupo de ácidos no tóxicos y no se absorbe a nivel sistémico, es extraído de las frutas o de otros alimentos. Se diferencia de los demás AHA porque contiene sólo dos átomos de carbono.

**Propiedades:** apariencia líquida clara aceitosa, ligeramente viscoso, incoloro e inoloro con un elevado punto de ebullición y un punto de fusión de aproximadamente  $-12^{\circ}\text{C}$  (261 K). Se mezcla con agua en cualquier proporción. De gran versatilidad, consistencia, no inflamable, excelente enjuague, baja corrosividad (materiales sintéticos y metales más comunes), baja toxicidad (dosis letal del 50% por vía oral = 1938 mg/kg en ratas), baja volatilidad (libre de VOC - Volatile Organic Compound), a  $< 0,1$  mm de presión de Hg a  $25^{\circ}\text{C}$ ), alta compatibilidad (muchos compuestos y aditivos), con punto de precipitación de  $-19^{\circ}\text{C}$  para 50%;  $10^{\circ}\text{C}$  para 70% comercial, Hidrosolubilidad de  $\approx 2440$  g/kg de agua ( $> 99\%$  de ácido X) a  $25^{\circ}\text{C}$ , alta biodegradabilidad (89,6% de biodegradabilidad después de 7 días), estabilidad química (en la mayoría de las condiciones, excepto metales activos u oxidantes potentes) y manipulación sencilla (como líquido, es más fácil de manejar que los ácidos oxálicos o sulfámicos).

**Aplicaciones:** en la industria del poliuretano flexible estos productos tienen una denominación general y son llamados "Polioles".

Se utiliza como anticongelante, en la síntesis de los poliuretanos, de algunos poliésteres, como producto de partida en la síntesis del dioxano.

Es aditivo en los radiadores de motores de combustión interna, ya que funciona como anticongelante y refrigerante justamente por las dos propiedades. En los sistemas de refrigeración de los automóviles modernos, el refrigerante (agua) funciona a presión, y puede alcanzar más de 120°C de temperatura.

Tiene propiedades estabilizantes y activadoras de la emulsión, muy adecuado para cremas, ungüentos y emulsiones líquidas farmacéuticas, así como para cosmética decorativa.

Tabla 21. Ficha técnica Del Acido "X"

<b>Physical Properties</b>	
<b>"X" Acid 70% Technical Solution</b>	
Weight, lb/gal at 15.6°C/60°F kg/L at 15.6°C/60°F	10.6 1.27
Density, g/mL at 15.6°C (60°F)	1.27
Coefficient of Thermal Expansion at 15.6–60°C at 60–140°F	0.00047 0.00026
Viscosity, MPa/s at 15.6°C (60°F) at 43.3°C (110°F)	11.28 3.49
Heat Capacity, Btu/lb-ft at 25°C (77°F)	0.579
Heat of Solution, kJ/mol	-11.55
Enthalpy, Btu/lb-ft at 25°C (77°F)	-464.4
Heat of Combustion, kcal/mol	166.6
Boiling Point, °C (°F)	112 (234)
Precipitation Point, °C (°F)	10 (50)
pH at 25°C (77°F)	0.1
Dissociation Constant at 25°C (77°F)	$1.5 \times 10^{-4}$
Heat of Neutralization, kcal/mol	-52.02
Biological Oxygen Demand (BOD) at 5 days (standard diluted sewage)	0.175
7-day Biodegradability, %	89.6
Volatile Organic Compound (VOC), at 101°C (213°F), 45 min	99.6 (water)

Fuente: Panreac Química, S.A.U, España

7.1.2 Metil Parabeno (Nipagin). Utilizado como conservador (antimicrobiano y ciertas propiedades antioxidantes) en formas farmacéuticas líquidas como jarabes, soluciones, suspensiones e inyectables. Este preservante de amplio espectro se

usa para prevenir el crecimiento de microorganismos dañinos (especialmente hongos y levaduras) y contra las bacterias.

**Propiedades físicas y químicas:**

Gravedad Específica (Agua=1):	1.36
Punto de Ebullición (°C):	275
Densidad Relativa del Vapor (Aire=1):	N.A.
Punto de Fusión (°C):	127
Viscosidad (cp):	N.R.
PH:	N.A.
Presión de Vapor (mm Hg):	0.5 (113°C)
Solubilidad:	Levemente soluble en agua (0.1-1%)(2,5g/l-25°C); Soluble en alcohol y éter.

7.1.3 Poligel. Agente espesante útil en la formación de dispersiones viscosas, suspensiones y geles para aplicación de limpieza; debido a su naturaleza catiónica, es especialmente adecuado para espesar la formulación catiónicos, como suavizantes.

**Propiedades físicas y químicas:**

Forma:	polvo
Color:	blanco
Olor:	inodoro
Punto de fusión /campo de fusión:	2050°C
Punto de ebullición /campo de ebullición:	Indeterminado.
Punto de inflamación:	no aplicable.
Inflamabilidad:	no es inflamable.
Peligro de explosión:	no es explosivo.
Densidad a 20°C:	3,97 g/cm <sup>3</sup>
Densidad a granel a 20°C:	920 kg/m <sup>3</sup>

7.1.4 Propilenglicol. Líquido viscoso, de densidad muy similar a la del agua, no tóxico, utilizado como refrigerante y/o anticongelante, en los casos en los que no se puede usar el etilenglicol por su toxicidad, por ejemplo en cámaras frigoríficas de la industria alimenticia.

**Propiedades físicas y químicas:**

Apariencia:	Líquido claro aceitoso
Olor:	olor suave
Gravedad Específica 20°C:	1.0361
Punto de Ebullición, °C a 760 mmHg:	187.2
Viscosidad:	46 CPS
Densidad de vapor:	2.62 (Aire = 1)
Velocidad de evaporación, ref:	0.01 (n-butilo acetato = 1)
Solubilidad en agua:	miscible en agua
pH:	no aplica
Flash point:	99°C
Temperatura de autoignición:	371°F
Límite inferior de inflamabilidad:	2.60
Límite superior de inflamabilidad:	12.50

7.1.5 Ethamin. Se utiliza para nivelar el pH del gel, ya que el ácido hace que las propiedades de viscosidad se pierdan.

7.1.6 Agua. Tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica, sólo por detrás del amoníaco, así como una elevada entalpía de vaporización (40.65 kJ mol<sup>-1</sup>); es "moderador" de las temperaturas terrestres, reconduciendo grandes variaciones de energía.

**Propiedades físicas y químicas:** temperatura crítica de 373.85°C (647,14° K), valor específico de fusión de 0,334 kJ/g e índice específico de vaporización de 2,23kJ/g. A la presión normal (1 atmósfera), el agua líquida tiene una mínima densidad (0,958 kg/l) a los 100°C. Es un disolvente muy potente

## 7.2 EL RELLENO ESTRUCTURAL

Debe cumplir con las mismas condiciones que el relleno de la superficie pero además le corresponde proporcionar mayor rigidez estructural para la conservación de espacios requeridos para el diseño funcional.

7.2.1 Aire comprimido. Es un gas que puede fluir de un lugar de mayor a menor concentración sin gasto de energía.

### **Propiedades:**

Ejerce fuerza dependiendo del volumen que se emplee ( $V = m / \text{densidad}$ ).

Soporta un impacto de más de 1000 lbs. (Si está contenido en una bolsa).

Es adecuado para productos de formas irregulares sin aristas ni partes agudas o punzantes, sin importar el tamaño.

Permite una variedad formal adaptable.

Insensible a la humedad.

Fuerte resistencia.

Fácil de manejar.

Bajo desperdicio.

Ligero, de menor peso que el agua.

Tiene Volumen indefinido.

No existe en el vacío.

Es incoloro e inodoro.

Debido a la baja atracción entre sus moléculas, le permite moverse libremente por el espacio.

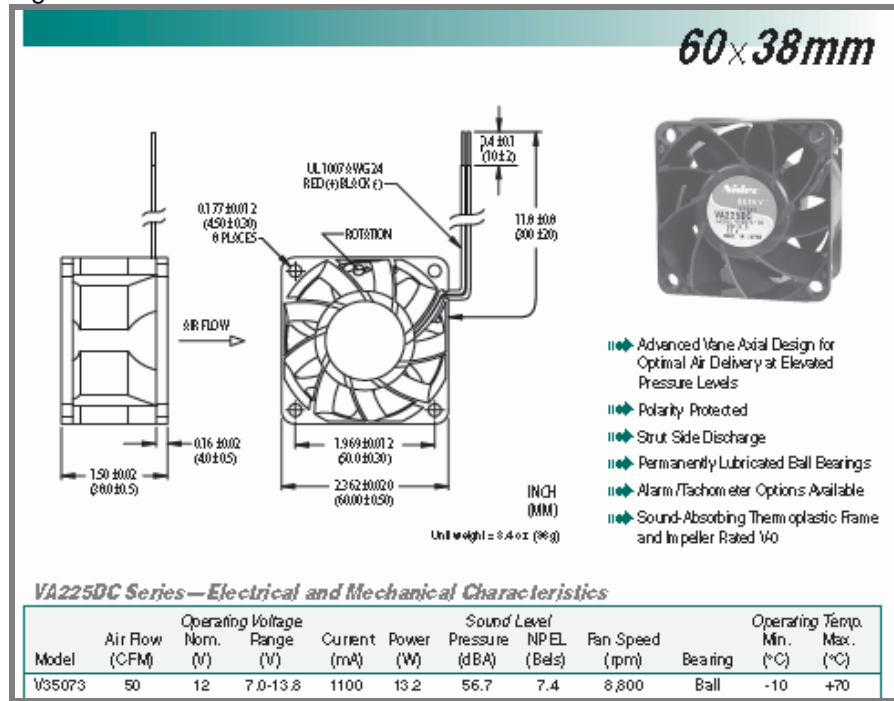
Densidad: 1,18 kg/m<sup>3</sup> (a 25°C)

Viscosidad: 0,018 cP (a 20°C)

### 7.3 VENTILADORES O EXTRACTORES

Teniendo en cuenta que el cojín solo puede tener una altura máxima de 10cms, se escoge el ventilador comercial con medidas 60x38mm, que funciona con una alimentación de 12 voltios suministrados por las baterías del camión. Este ventilador tiene un caudal de 50 CFM (1CFM=1,7m<sup>3</sup>/h).

Figura 26. Ficha técnica del ventilador



Fuente: Empresa Nidec

La cantidad de ventiladores a usar está determinada por la siguiente ecuación:

Ecuación 9. Cantidad mínima de ventiladores

$$CMV = (2Q_P N) / Q_M$$

Donde,

CMV = cantidad mínima de ventiladores.

Q<sub>P</sub> = caudal mínimo de aire por pasajero (13m<sup>3</sup>/h)

N = número de pasajeros (máx. 3 personas pueden ir en la cabina).  
Q<sub>M</sub> = caudal medio de ventilador [m<sup>3</sup>/h]  
Q<sub>M</sub> = 50CFM (según ficha técnica del fabricante, lo que equivale a 85m<sup>3</sup>/h)

Entonces,  $CMV = (2 \times 13 \text{ m}^3 / \text{h} \times 3) / 85 \text{ m}^3 / \text{h}$   
CMV=78/85  
CMV=0,92 ≈ 1

Por lo tanto, solo se necesita de un ventilador para cumplir con la cantidad mínima; para garantizar mayor confort se aplicaran entonces dos unidades.

#### 7.4 EL CONTENEDOR

Con carácter general, las características exigibles a un material que contenga fluidos o gases con propiedades de aislante térmico e impermeable son las siguientes:

- Bajo coeficiente de conductividad térmica,
- Baja permeabilidad al vapor de agua,
- Estabilidad dimensional,
- Bajo peso (estructura celular rígida cerrada muy fina),
- Alta resistencia mecánica,
- Resistente al contacto con aceites, combustibles y disolventes,
- Resistente al fuego,
- Facilidad de manufactura, adaptándose a formas curvas e irregulares,
- Resistencia a la tracción.

Teniendo en cuenta las exigencias del diseño se opta por la aplicación de telas con recubrimientos plásticos como el PVC (Policloruro De Vinilo), material óptimo para la técnica de manufactura “termosellado por alta frecuencia”.

7.4.1 El Policloruro de vinilo (PVC). Combinación química entre carbono, hidrógeno y cloro. Es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece y puede así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la

consistencia inicial y conserva la nueva forma. Es ligero, inerte y completamente inocuo, resistente al fuego (no propaga la llama), impermeable, aislante (térmico, eléctrico y acústico), resistente a la intemperie, y es un material económico en cuanto a su relación calidad-precio, fácil de transformar y reciclable.

**Propiedades:** rango de temperatura de trabajo  $-15^{\circ}\text{C}$   $+60^{\circ}\text{C}$ ; elevada resistencia, rigidez y dureza mecánica; buen aislante eléctrico, elevada resistencia a sustancias químicas, autoextingible, impermeable a gases y líquidos, mínima absorción de agua, resistente a la acción de hongos, bacterias, insectos y roedores, fácil de pegar y soldar; Resistente a la intemperie (sol, lluvia, viento y aire marino).

7.4.2 Viniplast 500 DS. Poliéster texturizado tejido de punto, laminado con PVC flexible por ambas caras; utilizado para fabricar carpas, vestidos y delantales impermeables.

Tabla 22. Ficha técnica del material de sellado (Viniplast 500DS)

VINIGLASS 600					
DESCRIPCIÓN: Película de PVC flexible y neutra.					
CARACTERÍSTICA	VALOR	TIPO	NORMA PLASTEXTIL	OBSERVACIONES	
PESO ( $\text{g/m}^2$ )	620	I	P 51 - 001	Basado en ASTM D - 751 <sup>AB</sup>	
ANCHO MÍNIMO (cm)	150	C			
CALIBRE (micras)	600	C	P 51 - 001	Basado en ASTM D - 751 <sup>AB</sup> , equivalente en Mils 25	
GRABADO	Liso	I			
LUSTRE	Mate	I			
RESISTENCIA A LA TENSIÓN ( $\text{N/mm}^2$ )	Longitudinal	14	I	P 51 - 003	Basado en ASTM D - 882 <sup>AB</sup>
	Transversal	13			
ELONGACIÓN A LA ROTURA (%)	Longitudinal	270	I	P 51 - 003	Basado en ASTM D - 882 <sup>AB</sup>
	Transversal	260			
RESISTENCIA AL RASGADO (N)	Longitudinal	12	I	P 51 - 003	Basado en ASTM D - 882 <sup>AB</sup>
	Transversal	10			
DUREZA (SHORE A)	63	I	P 51 - 004	Basado en ASTM D - 2240 <sup>AB</sup>	
TAMAÑO DE ROLLO (m)	60			Peso 50 Kg aproximadamente	
RANGO DE TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )	-10 a 60				
TIPO DE EMPAQUE	Poliéster de 100 micras de				
FORMA DE ALMACENAMIENTO	Tipo Columna				
<b>USOS:</b> Elaboración de accesorios en la industria de la confección.					
<b>RECAUCIONES:</b> Evite lavar con disolventes, use jabones suaves.					

Fuente: Suministrado por Plastextil

## 7.5 CARCASA

Es termoformada en Polipropileno; protege al usuario del contacto con el ventilador, a la vez, sirve de elemento ensamblador.

7.5.1 Polipropileno. Tiene un rango de temperatura de trabajo de 0°C a 100°C, posee una gran capacidad de recuperación elástica, resiste el agua hirviendo, pudiendo esterilizarse a temperaturas de 140°C sin deformación, resiste las aplicaciones de carga en un ambiente a una temperatura de 70°C sin producir deformación, tiene gran resistencia a la penetración de los microorganismos y a los detergentes comerciales a una temperatura de 80°C, debido a su densidad flota en el agua. Su excelente resistencia a la flexión, compresión y tracción lo hacen apto para su uso en este proyecto.

## 8. EL DISEÑO

Para coordinar la ubicación, estructuración y ensamble de los componentes es indispensable tener en cuenta:

- Los ventiladores deben estar ubicados en el área de menos concentración de calor alrededor del asiento con el fin de tomar el aire con la temperatura más baja del habitáculo.
- Los ventiladores o extractores deben estar por fuera del área de contacto del cojín con el usuario, asegurando el buen funcionamiento además de evitar la generación de presiones hacia el usuario.

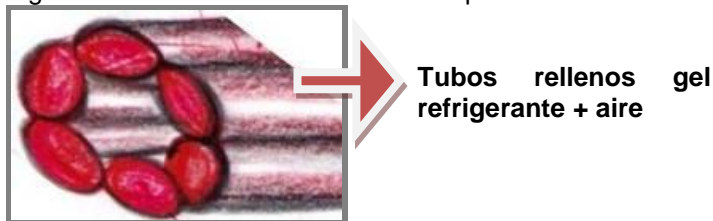
### 8.1 RIGIDEZ ESTRUCTURAL

La solución a esta exigencia se logra con el diseño ingenieril que garantice la conservación de límites para deformación vertical producida por el peso del usuario, ya que los materiales a usar no tienen la solidez estructural que los hace conservar la constitución formal.

Para lograr lo anterior se usa una ubicación estratégica de los puntos y dirección de sellado del material que contiene los rellenos, manteniendo así la forma sin darle dureza al producto, respetando la antropometría y liberando presiones.

---

Figura 27. Diseño estructural antes de pruebas



---

Fuente: Elaboración propia

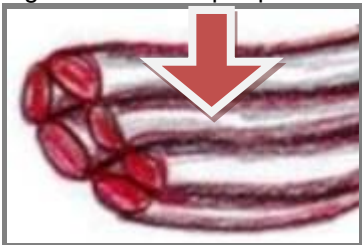
Este diseño primario consta de cavidades rellenas de gel mezclado con aire. Por la dificultad de sellar una pieza que en su interior lleva líquido, se llena solo el 60% de los tubos, y el resto se carga con aire por medio de una válvula de inflado.

El sellado en forma tubular horizontal no ejerce la rigidez estructural requerida para soportar el peso del usuario sin afectar la finalidad de los ventiladores.

La deformación causada especialmente en el centro del cojín, restringe el paso del aire de los ventiladores; Por lo anterior se decide hacer un segundo diseño que garantice la correcta circulación del aire dentro del cojín.

---

Figura 28. Efecto por presión ejercida por el usuario en diseño preliminar



Fuente: Elaboración propia

Concluyendo que la deformación se debe a la forma de sellado unilateral horizontal, este se modifica por formas bilaterales, donde las partes que forman los laterales, por estar en forma vertical, cargan con el esfuerzo generado en la parte superior, forzando el control formal del ducto cuadrado que garantiza el paso del aire.

---

Figura 29. Diseño estructural después de pruebas



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, la forma estructural en vista lateral paso de ser circular a cuadrada, pues esta geometría garantiza que las paredes laterales choquen con las paredes superiores e inferiores, repartiendo las fuerzas sin mayor deformación, siempre y cuando el volumen del cojín este completamente lleno.

Por esto se escoge al aire como único relleno estructural, beneficiado por la levedad y peso.

Esta forma además permite un mejor ensamble del ventilador en sus bocas laterales izquierdas, pues este también es de forma geométrica cuadrada.

Figura 30. Efecto por presión ejercida por el usuario en diseño final



Fuente: Elaboración propia

## 8.2 MINIMIZACIÓN DE PARTES

Figura 31. Cuerpo estructural sin doblar



Fuente: Fotos y elaboración propia

El tratar de abarcar el diseño en un solo cuerpo que conforme la estructura, limita el aspecto formal pero garantiza la minimización de fugas por sellos<sup>14</sup>. Esta teoría obligó a generar diferentes desarrollos con el fin de llegar a la mejor solución.

8.2.1 El referente. La inspiración al desarrollo estructural del cojín para camioneros está fundamentada por la almohadilla de aire de “la compañía Pregis”; es una solución de embalaje. Este diseño guarda una serie de tubos colindantes inflados con seguridad para amortiguar y para proteger productos durante el envío. Los conductos de aire están conectados por una serie de válvulas unidireccionales. Si se pincha una cámara de aire, las otras siguen infladas.

---

Figura 32. Referente



Fuente: Fotos tomadas por la autora de este proyecto

---

La verificación de su resistencia fue comprobada por el aguante del peso del cuerpo humano, en posición sedente.

8.2.2 Evolución del diseño para la manufactura. El proceso de termosellado fue ejecutado en prototipos de papel con el fin de encontrar dificultades que obligaran a un rediseño; la simulación de la acomodación de sellos en cada uno de los dobleces evidenciaron en algunos prototipos el impedimento del paso del aire a las otras celdas o partes sin sellar u obligaron a incorporar mas partes para la conformación del cojín.

En la Figura 34 se aprecia la evolución de las alternativas de manufactura para el diseño hasta llegar al definitivo, el cual garantiza el cumplimiento de las especificaciones del cojín.

---

<sup>14</sup> Gran problemática evidenciada en modelos realizados.

Figura 33. Posibles rutas de doblez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. ¿Cómo fue el diseño para la manufactura?



Fuente: Elaboración propia

8.2.3 Evolución de electrodos. La matriz de sellado está determinada en el proceso de termosellado por electrodos fabricados de aluminio o bronce por sus propiedades conductoras.

Debido a la cantidad de electrodos a hacer y a su alto costo, la autora del proyecto, sin experiencia se encarga de la manufactura gracias a la facilidad de producción, consecución de materiales y de herramienta, teniendo en cuenta las sugerencias de los expertos.

Figura 35. Evolución de la fabricación de electrodos

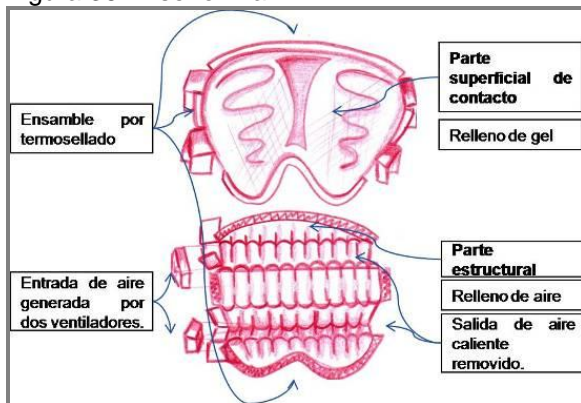


Fuente: Fotos y elaboración propia

### 8.3 EL DISEÑO DEFINITIVO

Este producto queda entonces conformado por dos cuerpos, el primero se encarga de la parte estructural (relleno de aire comprimido) y el segundo de la parte superficial de contacto (relleno de gel refrigerante); además van ensamblados dos ventiladores a sus extremos derechos que expulsan el aire caliente por las salidas del lado izquierdo. Estos son protegidos y sostenidos por dos carcasas.

Figura 36. Diseño final



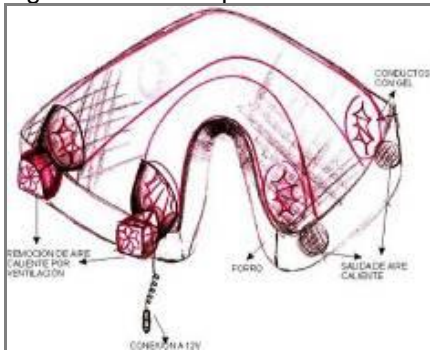
Fuente: Elaboración propia

## 8.4 ESTABILIDAD SUPERFICIAL

El área de apoyo para el conductor debe abarcar el espacio requerido por el cuerpo en posición sedente como lo muestra la Figura 22, además debe propiciar el ensamble de los otros componentes del cojín (ventiladores y estructura).

El relleno de esta parte, por ser la de mayor contacto con el usuario debe tener las mejores propiedades térmicas que propicien el confort, como lo es la solución compuesta por geles refrigerantes.

Figura 37. Diseño preliminar antes de pruebas



Fuente: Elaboración propia

8.4.1 Cálculos para el material. Respetando las normas de ergonomía se debe desarrollar un cojín con una superficie de mínimo 450mm de ancho por 360 mm de profundidad.

**La estructura.** Teniendo en cuenta la trayectoria de dobleces que conforma el cojín, con el fin de formar los canales conductores de aire a partir de una sola pieza, el desarrollo para la estructura sería el siguiente:

Las partes horizontales de la estructura de aire deben sumar 360mm (para garantizar la profundidad y la estabilidad del tamaño del asiento superficial; las partes verticales deben propiciar el ensamble de los ventiladores de 60mm de alto).

Empleando la Ecuación 1, se suman todas las caras verticales como lo muestra la próxima figura.

$$\begin{aligned}\text{Lados verticales} &= \Sigma (60\text{mm}+65\text{mm}+100\text{mm}+65\text{mm}+70\text{mm}) \\ &= 360\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lados horizontales} &= \Sigma (65\text{mm}+65\text{mm}+65\text{mm}+65\text{mm}) \\ &= 260\text{mm}\end{aligned}$$

Por lo tanto para la parte estructural se necesita de largo (la suma de verticales con horizontales) 620mm. Es importante conservar 40mm de más de tolerancia para las pestañas del ensamble.

El ancho se ve afectado por el volumen que adquiere la estructura al ser inflada; entre más delgadas sean las celdas infladas, mas grande será la cavidad de paso del aire, y cada sellado le suma rigidez a la estructura.

Si se necesita que "x" celdas infladas ubicadas verticalmente sumen 450mm en estado inflado (de uso), y se requiere que cada celda inflada sea de aproximadamente de 30mm, entonces se halla el número de celdas permisibles.

Con la Ecuación 2, se obtiene que para celdas de 30mm cada una, que infladas dan una estructura de 450mm se necesitan 15 celdas.

El estado desinflado del cojín arroja el tamaño de la tela plástica, entonces si las celdas infladas equivalen a una horizontal de 30mm ( $2r$ , donde  $r$  es el radio), se aplica la siguiente ecuación de la longitud de la circunferencia:

Ecuación 10. Longitud de circunferencia

$$C = 2\pi r$$

Como media circunferencia equivale a 30mm, entonces:

$$C/2 = 2\pi r,$$

$$C = \pi r, \text{ donde } r \text{ es } 15\text{mm}$$

$$C = 15\pi$$

$$C = 47\text{mm (ancho aproximado de una celda desinflada)}$$

Si se necesita 15 celdas, entonces:

Ancho de la estructura desinflada =  $15\text{mm} \times 47\text{mm}$   
=  $707\text{mm}$

A  $707\text{mm}$  se le anexan los  $38\text{mm}$  de ancho de los ventiladores al lado derecho (de ahí sale también la pestana de ensamble derecha) y  $20\text{mm}$  de pestana de ensamble del lado izquierdo ( $707\text{mm} + 38\text{mm} + 20\text{mm} = 765\text{mm}$ ).

Concluyendo, el material para la estructura de aire tiene un ancho de  $765\text{mm} \times 660\text{mm}$ ; como son dos capas para efectuar el sellado que convierte el cuerpo en un inflable, entonces se multiplica el valor por dos.

**La superficie.** Está compuesta por dos capas que selladas contienen el gel refrigerante. Abarca un área de  $450\text{mm}$  de ancho por  $360\text{mm}$  de profundidad, el ancho se conforma además por una pestana de ensamble para el ventilador saliente de  $38\text{mm}$  a la derecha y de  $20\text{mm}$  a la izquierda para el ensamble sellado con la estructura.

La profundidad toma en cuenta además dos pestanas de ensamble por sellado de  $20\text{mm}$  cada una.

Entonces la superficie lleva:

Ancho =  $450\text{mm} + 38\text{mm} + 20\text{mm}$  =  $508\text{mm}$   
Profundidad =  $360\text{mm} + 2(20\text{mm})$  =  $400\text{mm}$

Como son dos capas para efectuar el sellado que convierte el cuerpo en una bolsa cerrada, entonces se multiplica el valor por dos.

Figura 38. Medidas de la parte estructural

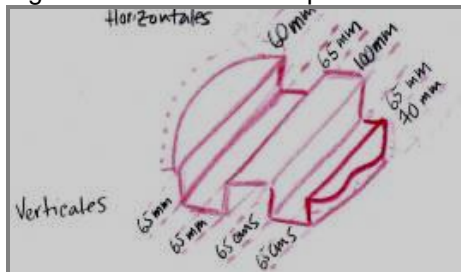


Figura 39. Medidas de la parte superficial



Fuente: Elaboración propia

8.5 La influencia del color. El color de una superficie da una buena indicación de la absorción de la radiación solar. La absorción decrece y la luz reflejada aumenta con la claridad del color, pero el color no indica el comportamiento de una superficie con respecto a la radiación que pueda emitir en virtud de su temperatura. Los colores cálidos son aquellos que van del rojo al amarillo y los colores fríos son los que van del azul al verde. Esta división de los colores en cálidos y fríos radica simplemente en la sensación y experiencia humana. La calidez y la frialdad atienden a sensaciones térmicas subjetivas.

La reflexión de las superficies lisas y pulidas es muchas veces superior que el de las rugosas.

Lo anterior apunta al uso de materiales rugosos de colores como el gris, azul o verde.

---

Figura 40. Modelo final



---

Fuente: Elaboración propia

## 9. PROCESOS DE MANUFACTURA

### 9.1 TERMOSELLADO CON ALTA FRECUENCIA

En el termosellado, los materiales se funden en el interior pero permanecen fríos en el exterior; esto permite aplicar una densidad de potencia elevada a las soldaduras, consiguiendo tiempos muy cortos de sellado (entre 1 y 5 seg.). El material se une utilizando la energía de un campo electromagnético (27,12 MHz); pues este experimenta un calentamiento uniforme debido a las pérdidas dieléctricas que desarrolla al aplicar presión sobre las superficies a soldar por medio de dos prensas perfectamente equilibradas. La energía la produce un generador y la herramienta usada para aplicarla se denomina electrodo (molde). La energía eléctrica hace que las moléculas del interior de los materiales empiecen a moverse, lo cual produce calor, que a su vez reblandece los materiales a soldar, que entonces se unen entre sí. Después de enfriar la superficie soldada manteniendo la presión sobre los materiales, estos quedan unidos, habiéndose formado una unión soldada. Esta unión puede ser como mínimo tan resistente como el material que la rodea, o incluso más robusta.

El material más usado en el electrosellado por alta frecuencia (HF) es el PVC (cloruro polivinílico), a veces denominado vinilo, y el PU (poliuretano). Puede ser grueso o delgado, reforzado o revestido.

El proceso es óptimo para la manufactura de toldos para camiones y embarcaciones, lonas plásticas, carpas, estructuras, cubiertas y liners de piscinas, toldos de sol, letreros publicitarios (carteles), productos inflables, depósitos para líquidos, pantallas de cine, camas de agua, cielos rasos, túneles de ventilación, barreras de contención, etc.

Figura 41. Termosellado por alta frecuencia



Fuente: [www.forsstrom.com](http://www.forsstrom.com)

Figura 42. Maquina Termoselladora



Fuente: [www.msaselladoras.com](http://www.msaselladoras.com)

Tabla 23. Tipos de máquinas

POTENCIA	ÁREA DE SELLADO	FRECUENCIA
1.8 Kw carpas	35 cm x 1" ó 20 cm x 1/2"	27.12 Mhz
1.8 Kw manufacturas	Electrodo de 35 cm x 25 cm	27.12 Mhz
2 Kw manufacturas	Electrodo de 45 cm x 30 cm	27.12 Mhz
3.5 Kw carpas	55 cm x 1" ó 90 cm x 1/2"	27.12 Mhz
3.5 Kw manufacturas	Electrodo de 50 cm x 40 cm	27.12 Mhz
4.5 Kw carpas	70 cm x 1" ó 10 cm x 1/2"	27.12 Mhz
4.5 Kw manufacturas	Electrodo de 55 cm x 45 cms	27.12 Mhz
6.5 Kw carpas	100 cm x 1" ó 140 cm x 1/2"	27.12 Mhz
6.5 Kw manufacturas	Electrodo de 60 cm x 70 cm	27.12 Mhz

Fuente: [www.msaselladoras.com](http://www.msaselladoras.com)

## 9.2 TERMOFORMADO

El termoformado es un proceso de transformación del plástico que involucra una lámina que es calentada y que toma la forma del molde sobre el que se coloca. El termoformado puede llevarse a cabo por medio de vacío, presión y temperatura.

Las ventajas del termoformado son la utilización de pocas herramientas, costo de ingeniería baja y menos tiempo, lo que hace que este proceso sea ideal para el desarrollo de prototipos y un bajo volumen de producción.

Las aplicaciones de los productos plásticos por termoformado incluyen: interiores automotrices, contenedores para empaque y transporte, equipo deportivo y recreacional, equipo médico, entre otros.

Los materiales que se utilizan son numerosos y van a depender de la aplicación y de las propiedades que se requieran. Para los empaques flexibles, se utiliza el nylon o el polipropileno, que ofrecen una gran capacidad de formabilidad y rigidez. Para empaques semi-rígidos, se utiliza el PVC, poliéster y polipropileno.

Figura 43. Carcasas de ventiladores termoformadas en PP (polipropileno)



Fuente: Fotos y elaboración propia

## 10. PRUEBAS

### 10.1 PRUEBA ESTANQUEIDAD (FUGAS)

Figura 44. Registro de pruebas de estanqueidad



Fuente: Fotos y elaboración propia

Los dos componentes del cojín están diseñados para contener aire o líquidos. Los líquidos (agua y geles) son inyectados a presión por medio de una jeringa, el aire por medio de un compresor.

Tabla 24. Documentación de prueba de estanqueidad

DOCUMENTACION DE PRUEBA	
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	De estanqueidad
<b>COMPONENTE SOMETIDO A PRUEBA</b>	Partes (superficial y estructural) llenas de gel, agua y aire comprimido.
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	octubre 5 del 2009
<b>OBJETIVO</b>	Determinar la permeabilidad de los materiales y la calidad de los sellos.
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Con líquido: llenar los contenedores de gel o agua, haciendo el recorrido por cada uno de los sellos hasta encontrar fuga. Con aire comprimido: llenar los contenedores hasta el límite y esperar 24 horas para comprobar pérdidas de volumen.
<b>LUGAR</b>	Talleres de termosellado (carpas y carpas, repujados y sellados)
<b>DURACIÓN</b>	24 horas
<b>ELEMENTOS NECESARIOS</b>	Cojín superficial, cojín estructural, compresor de aire, agua, gel, jeringa.

Tabla 24. (Continuación)

PROCEDIMIENTO DETALLADO			
PASOS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
PASO 1	Llenado con aire	Se conectan las válvulas de las partes de los cojines a la manguera que suministra aire por medio de compresor.	el cojín empieza a coger forma inflada.
PASO 2	Medición de presión de aire	Garantizar el paso de 40 psi dentro del cojín estructural y 35 psi dentro del cojín superficial.	cojines llenos con el volumen limite.
PASO 3	Reposo	se dejan las partes en reposo y observación para determinar pérdidas de contenido.	la estructura va perdiendo presión lentamente, la superficie permanece intacta.
PASO 4	Revisión final	se le hace presión a las partes para determinar si aun, después de 24 horas existe algo de contenido en el interior.	la superficie conserva el 100% del contenido, la estructura perdió el 100%.

Fuente: Elaboración propia

Nota: el último modelo cumplió las pruebas de fuga (mejoras en la calidad del sellado gracias al cambio de proveedor).

## 10.2 PRUEBA DE PRESIÓN DE TRABAJO

La forma promete sostenerse siempre y cuando el aire comprimido ocupe totalmente el espacio estructural.

Para garantizar la perfecta fusión entre las capas del cojín, este se somete a 12 horas soportando 55 kilos. Las venas de sellado conservaron la calidad de sellado requerida y no se perdió volumen de aire.

Figura 45. Registro fotográfico de prueba de presión de trabajo



Fuente: Fotos y elaboración propia

Tabla 25. Documentación de prueba de presión de trabajo

DOCUMENTACIÓN DE PRUEBA			
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	De presión de trabajo		
<b>COMPONENTE SOMETIDO A PRUEBA</b>	Cuerpo superficial, cuerpo estructural y cojín completo.		
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	Octubre 7 del 2009		
<b>OBJETIVO</b>	Determinar la deformación del cojín ocasionada por el usuario.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Someter el cojín ensamblado al uso normal de una persona sentada encima.		
<b>LUGAR</b>	Taller de manufactura del cojín y casa de la fabricante.		
<b>DURACIÓN</b>	45 minutos		
<b>ELEMENTOS NECESARIOS</b>	Producto final, 3 usuarios de aproximadamente 100 kilos.		
PROCEDIMIENTO DETALLADO			
PASOS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
<b>PASO 1</b>	Adecuación	Se acomoda el cojín centrado en un asiento.	
<b>PASO 2</b>	Prueba con usuario 1	El usuario se deja caer libremente sobre el cojín, impactándolo.	No se estalla; las bocas para la entrada y salida del aire sufren un poco de deformación pero no entorpece el paso.
<b>PASO 3</b>	Prueba con usuario 2	El usuario se acomoda sobre el cojín generando fricción entre la ropa y el cuerpo superficial, y el asiento con el cuerpo estructural.	No se estalla ni rasgan los ensamblados; las bocas para la entrada y salida del aire sufren un poco de deformación pero no entorpece el paso.
<b>PASO 4</b>	Prueba con usuario 3	El usuario permanece sentado sobre el cojín ejerciendo la conducción de un automóvil por 20 minutos.	No se estalla ni rasgan los ensamblados; las bocas para la entrada y salida del aire sufren un poco de deformación pero no entorpece el paso.

Fuente: Fotos y elaboración propia

### 10.3 PRUEBA DE MÁXIMA PRESIÓN INTERNA ADMISIBLE

El cojín relleno de gel, es sometido a diferentes fuerzas generadas por una prensa hidráulica eléctrica con un cilindro de cuatro pulg de diámetro con el fin de determinar qué presión (psi) debe tener el sistema hidráulico para llevar un peso de 120 kg.

Se necesita que el producto a probar resista una fuerza de 120 kg (el peso promedio del usuario es 98kg, pero se da una tolerancia de 22 kg), y  $psi=lb/pulg^2$ , entonces, se lleva el peso de kilogramos a libras.

Figura 46. Registro fotográfico de pruebas de máxima presión admitida



Fuente: Fotos y elaboración propia

Si 1 lb= 0.4539 kg y ? lb=120 kg, Utilizando la Ecuación 2 se hace la conversión:

**Entonces** A=1 lb, B=0.4539 kg, X=? lb, Y=120 kg

$$X = \frac{1 \text{ lb} \cdot 120 \text{ kg}}{0.4539 \text{ kg}} = 264.37541 \text{ lb} - \text{fuerza}$$

Ecuación 11. Potencia de fluidos.

$$F = P \cdot X \cdot A$$

Sabiendo que el diámetro del cilindro de la prensa hidráulica es D=4 pulg, entonces se utiliza la Ecuación 9 para hallar el área del círculo.

Ecuación 12. Área de un círculo.

$$A = \pi r$$

Para hallar el área del círculo se necesita saber el radio, y como se tiene el diámetro se puede utilizar la Ecuación 10.

Ecuación 13. Diámetro de una circunferencia.

$$D = 2r$$

Si D=4 pulg, entonces:

$$4 = 2r, \quad r = 4/2 \quad r = 2 \text{ pulg}$$

Teniendo r=2, se halla el área.

$$A = \pi(2)^2 = 12.56637 \text{ pulg}^2$$

Teniendo el área y la fuerza se procede a hallar la presión.

Si  $F = 264.37541 \text{ lb}$   $A = 12.56637 \text{ pulg}^2$ , y  $F = P * A$ , entonces:

$$264.37541 \text{ lb} = P * 12.56637 \text{ pulg}^2$$

$$P = (264.37541 \text{ lb} / 12.56637 \text{ pulg}^2)$$

$$P = 21.038 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (psi)}$$

Por lo tanto el cojín debe resistir una presión de 21.038 psi para generar una fuerza de 120 kilogramos y la prensa a utilizar debe tener un manómetro con un rango que contenga el dato obtenido.

Teniendo en cuenta los valores registrados en la siguiente tabla, el cojín puede resistir un peso de hasta 285 kilos, sin sufrir ningún daño.

Tabla 26. Valores de fuerza para determinada presión

PRUEBA DE MÁXIMA PRESIÓN ADMISIBLE				
TOMA	F (lb)	F (kg)	A (pulg <sup>2</sup> )	P (psi)
1	264,37541	120	12,566	21,0383277
2	376,9911	171,1162623	12,566	30
3	502,6548	228,1550164	12,566	40
4	628,3185	285,1937705	12,566	50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Documentación de prueba de máxima presión interna admisible

DOCUMENTACIÓN DE PRUEBA			
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	De resistencia		
<b>COMPONENTE SOMETIDO A PRUEBA</b>	Cojín relleno de gel		
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	Abril del 2009		
<b>OBJETIVO</b>	Determinar el máximo valor de presión interna resistente, generada por un usuario, antes de deteriorar los sellos o el material.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Someter el cojín a la presión de un cilindro de 4 pulgadas de una prensa hidráulica, aumentándola gradualmente hasta ocasionar una fuga de líquido.		
<b>LUGAR</b>	Taller de mantenimiento de Kenworth de la Montaña		
<b>DURACIÓN</b>	25 minutos		
<b>ELEMENTOS NECESARIOS</b>	Cojín relleno de gel, prensa hidráulica con un manómetro de rango mínimo de 0 100 psi y una toalla		
PROCEDIMIENTO DETALLADO			
PASOS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
<b>PASO 1</b>	Envoltura	Se envuelve el cojín en una toalla para evitar derrames.	
<b>PASO 2</b>	Ubicación concéntrica	Se sitúa el cojín en la prensa tratando de coincidir el centro de su área con el centro del cilindro de la prensa.	
<b>PASO 3</b>	Aplicación de presión mínima requerida	Se gradúa una presión de 21.038 psi (de la fuerza ejercida por un conductor de 120 kg), esta debe ser la mínima presión a resistir.	El líquido tiende a irse a los extremos del cojín
<b>PASO 4</b>	Aumento gradual de presión	Se aumenta la presión a 30 psi	El líquido tiende a irse a los extremos del cojín dándole mas espacio al cilindro
<b>PASO 5</b>	Aumento gradual de presión	Se aumenta la presión a 40 psi	El líquido tiende a irse a los extremos del cojín dándole mas espacio al cilindro, quedando los bordes muy tensionados
<b>PASO 6</b>	Aumento gradual de presión	Se aumenta la presión a 50 psi	Inmediatamente el manómetro alcanza los 50 psi, el líquido comienza a salir con presión por un sello ubicado en la parte central del perímetro.

Fuente: Elaboración propia

## 10.4 PRUEBAS DE TEMPERATURA

Esta prueba determina la mezcla de sustancias a usar para la generación del gel refrigerante. Se tienen en cuenta los componentes estudiados en capítulos anteriores.

10.4.1 Concentración del ácido "x". Se evalúa el comportamiento del ácido en diferentes proporciones en unión con el gel.

Figura 47. Registro fotográfico de composición de la mezcla



Figura 48. Cojines expuestos al calor dentro de un vehículo



Fuente: Elaboración propia

Como muestra la figura anterior, se evaluó el comportamiento de tres sustancias contenidas en un material vinílicos dentro de un vehículo. La pistola medidora con infrarrojo evidencia que la mezcla de gel con acido, aumenta el retardamiento del calentamiento del cojín.

Tabla 28. Registro de comportamiento de sustancias dentro de un vehículo

	MEDICIONES EN EL TIEMPO DENTRO DE UN VEHÍCULO		
TIEMPO=t	t=0 min	t=5min	t=10 min
VARIABLES	TEMPERATURAS °C		
AMBIENTE	27	27	27
GEL+ACIDO	26,8	28,6	30,2
AGUA	26,9	29,6	30,2
GEL	25,4	30,2	30,2
SILLA VEHÍCULO	31,4	31,4	31,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Documentación de prueba de proporciones de la mezcla

DOCUMENTACIÓN DE PRUEBA			
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	Comportamiento de la mezcla según proporciones.		
<b>COMPONENTE SOMETIDO A PRUEBA</b>	Gel refrigerante.		
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	mayo17 del 2009		
<b>OBJETIVO</b>	Determinar la deformación del cojín ocasionada por el usuario.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Variar las proporciones de acido "X" en el gel buscando la mezcla que demore mas en alcanzar altas temperaturas.		
<b>LUGAR</b>	Casa de la autora del proyecto.		
<b>DURACIÓN</b>	2 horas.		
<b>ELEMENTOS NECESARIOS</b>	Gel, acido "x", gramera, medidor de mililitros, limpiador, fogón, termómetro de fluidos, recipientes.		
PROCEDIMIENTO DETALLADO			
PASOS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
<b>PASO 1</b>	Preparación de sustancias y calentamiento	Se vierten 10gr de gel en un recipiente, se pone a fuego alto y se registra la temperatura inicial, además de la temperatura ambiente.	
<b>PASO 2</b>	medición de tiempo vs. temperatura	Se mide la temperatura del gel cada minuto hasta alcanzar la temperatura de ebullición.	A partir del minuto 10 la temperatura de 81.2°C se estabiliza, empezando el proceso de evaporación
<b>PASO 3</b>	Adición de acido	Se adiciona 1 gr de acido "x" al gel.	gel el pierde inmediatamente la apariencia viscosa debido a la alteración del pH.
<b>PASO 4</b>	Adición de gel y calentamiento	Se trata de volver a la viscosidad inicial agregando 10 gr de gel cada 10 min, cada minuto, en cada minuto se hace toma de temperatura.	Se llega a la proporción de 80gr de gel por 1 gr de acido, sin obtener viscosidad alguna, por lo que se refrigera el liquido. El retardamiento de aumento de temperatura se da en la proporción 30:1
<b>PASO 5</b>	Refrigeración	Se deja la mezcla en la nevera hasta alcanzar la temperatura ambiente	La reacción causada por el acido, alterando el pH no es reversible.
<b>PASO 6</b>	Adición de gel	Se trata de volver a la viscosidad inicial agregando gel de 10 en 10gr.	Se llega a la proporción de 80gr de gel por 1 gr de acido, sin obtener viscosidad alguna, por lo que se refrigera el liquido.
<b>PASO 7</b>	Calentamiento	Teniendo como base que en el minuto 10 la temperatura del gel se estabilizo, la nueva mezcla (gel + acido) se deja en el fogón solo hasta el minuto 10.	La mezcla alcanza a llegar solo hasta 74.5°C.
<b>PASO 8</b>	Comparación	se hace la misma medición con 10gr de agua a fuego alto	En el minuto 8 alcanza la estabilidad de 94.9°C..

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Medición de temperatura según proporción

Reacción según proporción (temp. ambiente=27°C)										
SUSTANCIA	CANTIDADES (ml)									
Gel	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Acido "x"	1	2	3	4	5					
Ethamin	1%	1%	1%	1%	1%					
Nipagin	1%	1%	1%	1%	1%					
tiempo (min)	Temperatura registrada									
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 1	TOMA 2
<b>0</b>	27,1	27	<b>26,6</b>	27,1	<b>26,6</b>	27	27,1	27	27,1	27
<b>2</b>	27,8	29	27	28,1	<b>26,9</b>	29,5	27,3	29,2	27,8	30,3
<b>4</b>	27,8	30	27,7	29,6	27,6	29,9	<b>27,4</b>	30,4	27,7	30,6
<b>5</b>	<b>28,4</b>	31	28,6	30	28,5	30,2	28,1	30,2	<b>28,4</b>	30,6
<b>8</b>	30,8	30,5	30,4	30,3	<b>29,3</b>	30,4	29,4	30,3	29,2	30,6
<b>10</b>	31,4	30,9	30,9	30,9	30,6	30,6	<b>30,2</b>	31	30,6	31,3

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los datos anteriores se procede a hacer la mezcla con relación de 8:3, siendo 3 la proporción de acido.

La capacidad máxima de llenado de la superficie del cojín de 5000 ml, pero como se desea movilidad del gel, solo se llenara al 50%.

Entonces así la fórmula para 2500ml de solución es:

Propilenglicol =90ml  
 Poligel =90gr  
 Nipagin =1% de la mezcla  
 Ethamin =23ml  
 Agua =2300ml  
 Acido "x" =3% de la mezcla

## 10.5 PRUEBA DE REACCIONES CUTÁNEAS

Con el fin de proteger al usuario de irritación al uso del cojín, se prueba la mezcla en siete personas, algunas sumamente alérgicas.

Figura 49. Registro fotográfico de reacciones cutáneas



Tabla 27. Documentación de prueba de reacciones cutáneas

DOCUMENTACIÓN DE PRUEBA			
<b>TIPO DE PRUEBA</b>	Irritabilidad.		
<b>COMPONENTE SOMETIDO A PRUEBA</b>	Piel de 7 personas.		
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b>	agosto 9 del 2009		
<b>OBJETIVO</b>	Determinar la aceptación a la sustancia que comprende el producto en su interior por parte del cuerpo humano.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Medir en siete personas la irritabilidad producida por la mezcla refrigerante.		
<b>LUGAR</b>	Parqueadero		
<b>DURACIÓN</b>	20 minutos		
<b>ELEMENTOS NECESARIOS</b>	Mezcla refrigerante, copos de algodón, agua, jabón, servilletas, guantes, siete personas.		
PROCEDIMIENTO DETALLADO			
PASOS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADO
<b>PASO 1</b>	Aplicación	A cada una de las siete personas se le aplica una fina capa de mezcla refrigerante en la mano.	
<b>PASO 2</b>	Observación	Se esperan reacciones cutáneas en 5 minutos.	La mezcla es absorbida por el cuerpo sin causar ningún efecto, solo la sensación de frescura en el punto de aplicación.
<b>PASO 3</b>	Limpieza	Los voluntarios deben proceder a lavarse con agua y jabón.	

Fuente: Elaboración propia

## 10.6 PRUEBA DE MENOR CONCENTRACIÓN DE TEMPERATURA

Con el fin de ubicar los ventiladores en el cojín, es necesario saber cuál es el área del vehículo con menos concentración de temperatura para ser utilizado removiendo la concentración de calor dentro del cojín.

Figura 50. Registro fotográfico de menor concentración de temperatura en cabina- camión



Fuente: Fotos y elaboración propia

La pistola de infrarrojo registra como las zonas más calientes el tablero, puertas y ventanas y asiento

Tabla 28. Registro de temperaturas en la cabina de un camión Kenworth

UBICACIÓN	TEMP.(°C)
Piso-pedales	32
muslo	35
lado lateral asiento	33,6
espaldar bajo	34,6
entrepieñas	35
tablero	<b>36,6</b>
puerta conductor	<b>35,6</b>
sentadero	<b>35,8</b>
palanca	33,2
techo	34,6
mitad dos asientos	33,2
panorámico	33,6
temp. ambiente	24

Fuente: Elaboración propia

## 10.7 PRUEBA DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

Figura 51. Comportamiento de materiales con el sellado



Fuente: Fotos y elaboración propia

Debido a las constantes fugas de aire en los cojines fabricados, se probaron siete materiales distintos (viniglass, Viniplast, Impervinil, manta, microfibra, Viniplast doble faz, entre otros); todos a base de PVC y en variedad de calibres.

Los plásticos sin recubrimiento de tela dan muy buen sellado pero se sobrepasa con facilidad su punto de transición vítrea, quebrándose los sellos, o peor aún, debilitando el material.

Las telas plásticas, con el exceso de temperatura tienden a separarse, generando la fuga por la malla que queda sin recubrimiento plástico. Estas son más resistentes al rasgado y presentan buena rugosidad.

## 11. CONCLUSIONES Y DIFICULTADES

La disposición y profundidad de las venas del sellado son fundamentales para minimizar la superficie de contacto entre usuario y producto, disminuyendo así la transferencia de temperatura.

El estudio de antecedentes y de conductores colombianos afirma la posibilidad de incurrir en el gremio de los transportistas, pues es un público con necesidades insatisfechas.

Las condiciones laborales de los conductores infringen los principios ergonómicos, ya sea en las condiciones térmicas, vibración, jornadas de trabajo, entre otras.

Como la ventilación provoca una evaporación más rápida del sudor, se pueden tolerar temperaturas y humedades mayores. Entonces con una humedad del 44% que se presenta en el interior de los camiones, se puede llegar a tolerar una temperatura de hasta 32,5°C, y para temperaturas inferiores a 27°C, se pueden tolerar humedades de hasta casi el 100%; lo que significa que a mayor temperatura menor humedad y mayor evaporación de la sudoración, por lo tanto mayor será el tiempo de secado del sudor del cuerpo humano, aumentando la sensación de calor.

A mayor espesor de la tela plástica menor permeabilidad, demostrado por la velocidad del aire en el tiempo para salir del contenedor (se probaron calibres desde 250=0.25mm hasta 600=0,6mm de espesor).

Para mejorar las presiones causadas en la posición sedente hay que tener en cuenta las variaciones en la distribución del peso soportado por las nalgas en relación con la altura del asiento, la postura y la conservación de las formas antropométricas del cuerpo humano en posición sentada, evitando formas planas.

Las pruebas de producto ayudan al diseñador a prever fallas que tiene el diseño para evitar insatisfacciones del usuario o imperfecciones de calidad. Para certificar el sellado, es necesario conocer las especificaciones de los materiales a emplear, con el fin de no propasar las especificaciones técnicas del fabricante.

Las pruebas realizadas permiten determinar si el producto cumple con los requisitos de diseño plasmados en el PDS, traducidos en los objetivos del proyecto de grado aprobados en la primera fase (“el anteproyecto”).

Se consiguió resistencia estructural con materiales deformables, utilizando los principios físicos y comprobando experimentalmente los planteamientos conceptuales.

La investigación realizada proporcionó herramientas suficientes para concebir y proponer una posible aplicación para el medio transportista colombiano.

Cuatro factores importantes que influyen sobre el resultado final del termosellado son la presión ejercida sobre los materiales, la potencia, el tiempo de soldadura, y el tiempo de refrigeración. Además de la selección del material a sellar, la nivelación y aseo de la plancha y la construcción de los electrodos.

El cojín equipado con dos ventiladores que funcionan a 12 voltios, es capaz de bajar una temperatura de 35.8°C (en parte superficial del asiento del camión) de la superficie de contacto con el usuario y mantenerla en 32.4°C (en parte superficial del cojín diseñado).

Se cumplió el objetivo general del proyecto de grado de “Diseñar un cojín que minimice la superficie de contacto y disminuya la transmisión de temperatura hacia el cuerpo humano de los conductores de vehículos pesados”.

La ciudad de Medellín cuenta con un alto desconocimiento y falta de personal experto en manufactura de inflables, comprobado por la dificultad de encontrar un proveedor.

El ácido “x” por ser un químico de venta restringida es de difícil consecución legal.

La Falta de disponibilidad de termoselladoras y personal experto en Medellín hace que este sea un servicio costoso y de difícil consecución.

La Falla del sellado en la primera prueba por mal proceso de manufactura junto con la inexperiencia de la estudiante, generó el rediseño del producto y volver a hacer los planos tanto del electrodo como del cojín, amentando sus medidas para cambiar el ancho de sellado de 5 mm a 10 mm, según consejos del primer prestamista de la mano de obra de termosellado; como tal se generó un nuevo electrodo de medidas más grandes y con bordes redondeados.

Los límites de la temperatura de transición vítrea de los materiales a termosellar eran constantemente excedidos, ocasionando múltiples fugas por defectos en el sellado.

El llenado del cojín con la solución líquida-viscosa dificulta la manufactura, debido a la forma de aplicación de sellado exigida por la máquina, lo que impide usar la cantidad requerida en el interior para generar una presión que lleva a una menor deformación por el peso del usuario.

La orientación del sellado en el primer diseño estructural no soportó el peso del usuario en las pruebas, dificultando la entrada de la ventilación, logrando resultados no satisfactorios, motivando a un completo segundo rediseño estructural, creando nuevo planos, electrodos, pruebas, cartas de procesos y material para el sellado.

La disponibilidad de tiempo para estudio por largas jornadas de trabajo de tiempo completo afecta el rendimiento del proceso de manufactura por disposición de empresas prestadoras del servicio en horarios nocturnos.

La desconexión total con la universidad desde hace tres años crea dificultades de comunicación. Además el tener solo el trabajo de grado pendiente, ocasiona problemas con Admisiones y Registro por inactividad como estudiante, generando desactivación de la plataforma de EAFIT Interactiva como único medio de comunicación expuesta con relación a la materia.

## BIBLIOGRAFÍA.

AGROL, Bio Based Technologies. (2003-2009). Pagina web disponible en internet en: <http://biobasedpolyol.com>

CONSULTORA S.A. Estructplan on line. Argentina. Ergonomía: importancia de la elección de la silla. Pagina web disponible en internet en: [www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=81](http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=81)

CORQUIVEN. Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.corquiven.com.ve/pdf/msds-nipagin-metilparabeno.pdf](http://www.corquiven.com.ve/pdf/msds-nipagin-metilparabeno.pdf). Venezuela.

CROSS, Nigel. Engineering Design Methods: Strategies for Product. Design. 2ª Ed México, Limusa Wiley, 2002. 190p.

DUPONT, Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www2.dupont.com/Glycolic\\_Acid/en\\_US/assets/downloads/Glycolic\\_Acid\\_Brochure.pdf](http://www2.dupont.com/Glycolic_Acid/en_US/assets/downloads/Glycolic_Acid_Brochure.pdf). Estados Unidos.

ERGOKPREVENCION: Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.ergokprevencion.org/Organizador/.../Calor%20K%20V01.pdf](http://www.ergokprevencion.org/Organizador/.../Calor%20K%20V01.pdf)

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA. Pagina web versión asp, disponible en internet en: [www.colfecar.org/documentos.asp](http://www.colfecar.org/documentos.asp)

FORMULAS Y MAS FORMULAS. Pagina web versión htm, disponible en internet en: [www.tutiempo.net/.../Temas/ecuaciones.htm](http://www.tutiempo.net/.../Temas/ecuaciones.htm)

FREE PATENTS ONLINE. Air conditioned seat and air conditioning apparatus for a ventilated seat. United States Patent 7201441. May 21-1991, Estados Unidos. Pagina web versión html disponible en internet en: [www.freepatentsonline.com/7201441.html](http://www.freepatentsonline.com/7201441.html)

FUNDIMOLDES S.A. Moldes para inyección de poliuretano. (2009). Pagina web versión htm, disponible en internet en: [www.fundimoldes.com/esp/prod\\_moldes\\_inyeccionpoliuretano.htm](http://www.fundimoldes.com/esp/prod_moldes_inyeccionpoliuretano.htm)

HSN IMPROVEMENTS, LLC. Truck seat cushion. Estados Unidos. Pagina web disponible en internet en: [www.improvementscatalog.com/home/diy/truck-seat-cushion](http://www.improvementscatalog.com/home/diy/truck-seat-cushion)

HTA AIRHUAWK GUY. Australia. Pagina web versión html, disponible en internet en: [www.airhawkguy.com.au/truck-seat-cushions/index.html](http://www.airhawkguy.com.au/truck-seat-cushions/index.html)

ICONTEC INTERNATIONAL. Normalización. Colombia. Pagina web versión asp, disponible en internet en: [www.icontec.org.co/Home.asp?CodIdioma=ESP](http://www.icontec.org.co/Home.asp?CodIdioma=ESP)

INDUSTRIAL SEAT. Division of united group. Lake Forest Illinois, Estados Unidos. Pagina web versión asp, disponible en internet en: [www.industrialseats.com/category.asp?categoryID=20](http://www.industrialseats.com/category.asp?categoryID=20)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio, tesis y otros trabajos de grado. Quinta Actualización. Bogotá. ICONTEC, 2002, presentación de trabajos escritos NTC 1486

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Resoluciones del 2009. España. Pagina web disponible en internet en: [www.insht.es](http://www.insht.es)

IRAN POLYURETHANE MFG Co. cold cure Flexible Foam, disponible en: [www.iranpolurethane.com](http://www.iranpolurethane.com)

KVISGAARD, BJØRN. Innova Air Tech Instruments A/S, Denmark [Brüel & Kjær], Copyright © 1997. "Thermal Comfort". Pagina web versión htm, disponible en internet en: [www.innova.dk/books/thermal/thermal.htm](http://www.innova.dk/books/thermal/thermal.htm)

LUPACKS, S.L. Página web versión html, disponible en internet en: [www.lupacksl.com/afmasinfo.html](http://www.lupacksl.com/afmasinfo.html)

MATA CABRERA, FRANCISCO. Pagina web disponible en internet en: [www.tecnicaindustrial.es](http://www.tecnicaindustrial.es)

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Documentos. Colombia. Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/PDF/Parque\\_Automotor\\_2005.pdf](http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/PDF/Parque_Automotor_2005.pdf)

-----, Estadísticas. Colombia. Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.mintransporte.gov.co/Servicios/Estadisticas/DIAGNOSTICO\\_TRANSPORTE\\_2008.pdf](http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Estadisticas/DIAGNOSTICO_TRANSPORTE_2008.pdf)

MONDELO, Pedro R.; TORADA, Enrique Gregori; COMAS Uriz, Santiago; CASTEJÓN Villela, Emilio y LACAMBRA Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. Ed. Mutua uiversal. Barcelona, 3ra edición 1999.

MONOGRAFÍAS S.A. Investigación de la fatiga en la conducción de camiones cisternas. Pagina web versión shtml, disponible en internet en: [www.monografias.com/trabajos40/fatiga-conductor-camiones/fatiga-conductor-camiones.shtml](http://www.monografias.com/trabajos40/fatiga-conductor-camiones/fatiga-conductor-camiones.shtml). 2006

M.S.A Selladoras, (2009). Pagina web disponible en internet en: [www.msaselladoras.com/](http://www.msaselladoras.com/)

NEWSMAX HEALTH. Pagina web versión htm, disponible en internet en: [www.newsmax.com/health/heated\\_car\\_seats\\_sperm/2008/09/05/128023.html](http://www.newsmax.com/health/heated_car_seats_sperm/2008/09/05/128023.html)

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL DEL TRABAJO. Pagina web versión html, disponible en internet en: [www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/index.htm](http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/index.htm)

PATENT STORM, U.S. Patent 5016302 - Motive air seat cushion. Issued on May 21-1991. Estados Unidos. Pagina web versión html, disponible en internet en: [www.patentstorm.us/patents/5016302/fulltext.html](http://www.patentstorm.us/patents/5016302/fulltext.html)

PEDRAGOSA RADUA, JOSE LUIS. MC Salud Laboral, Estudios internacionales sobre patologías laborales Viales. Octubre 2008. Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [ww.mc-mutual.com/contenidos/export/sites/default/webpublica/Publicaciones/McSaludLaboral/resources/10/camion.pdf](http://ww.mc-mutual.com/contenidos/export/sites/default/webpublica/Publicaciones/McSaludLaboral/resources/10/camion.pdf)

P.O. FANGER. Thermal Comfort. El confort térmico en los vehículos y su impacto medioambiental. Ed. Mc Graw Hill, New York, 1972  
Octubre 2005

PRADO león, Lilia Roselia; ÁVILA Chaurand, Rosario; HERRERA Lugo, Enrique. Factores ergonómicos en el diseño- antropometría. Universidad de Guadalajara

PROQUIMSA, Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.proquimsaec.com/PDF](http://www.proquimsaec.com/PDF)

PUGG, Stuart. Total design, cap 3 (1991)

QUIMINET.COM. Pagina web versión htm, disponible en internet en: [www.quiminet.com.mx/ar4/ar\\_H%2505%2509%25EB%255E7%25A2%25C3.htm](http://www.quiminet.com.mx/ar4/ar_H%2505%2509%25EB%255E7%25A2%25C3.htm)

SÁNCHEZ GARCÍA, María José y FORERO HENAO, Santiago. Estudio de las condiciones de trabajo de los conductores de vehículos de carga en Colombia para proponer mejoras en los puestos de trabajo. Santa fe de Bogotá, 2004, 273 p. Trabajo de grado (Ingenieros industriales). Pontifica Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería.

SEIGLER M, Ahmadian. Journal of Automobile Engineering. Volumen 217. Number 5. 1 May 2003. pp. 343-348(6). Ed. Professional Engineering Publishing

SPINEL BARRETO, Gustavo Adolfo y SEYD VELASCO, Hans Edward. Caracterización y evaluación del diseño de puestos de trabajo para la población de conductores de transporte de carga terrestre en el departamento de Cundinamarca – Colombia. Santa fe de Bogotá, 2004, 112 p. Trabajo de grado (Ingenieros industriales). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería.

TÉCNICA INDUSTRIAL. El confort térmico en los vehículos y su impacto medioambiental. España. Pagina web versión aspx, disponible en internet en: [www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1240-El-confort-termico-vehiculos-impacto-medioambiental.aspx](http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1240-El-confort-termico-vehiculos-impacto-medioambiental.aspx)

THE ROHO GROUP. Shape fitting technology. Estados Unidos. Pagina web versión aspx, disponible en internet en: [www.therohostore.com/Products/AIRHAWK-Truck-Seat-Cushion-System-wCover--by-ROHO\\_\\_AHTRUCKPL.aspx](http://www.therohostore.com/Products/AIRHAWK-Truck-Seat-Cushion-System-wCover--by-ROHO__AHTRUCKPL.aspx)

TRABAJOSENUM.COM “Y” VERTICAL ALLIANCE GROUP, INC. Pagina web versión html, disponible en internet en: [www.trabajosenus.com/articles/TrabajosEnUS\\_4741.html](http://www.trabajosenus.com/articles/TrabajosEnUS_4741.html). 2008

TWI LTDA. TECHNOLOGY ENGINEERING. Pagina web versión html, disponible en internet en: [www.twi.co.uk/content/pjkrfweld.html](http://www.twi.co.uk/content/pjkrfweld.html)

ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y Desarrollo de Productos: Enfoque Multidisciplinario. 3ª ed. México DF, 2004. 366p.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Pagina web versión php, disponible en internet en: [www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php](http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php). 2006-2009

WESTERN REGIÓN UNIVERSITIES CONSORTIUM (WRUC), Programa de Salud Laboral, Universidad de California, Berkeley, Estados Unidos. Ergonomía. Pagina web versión pdf, disponible en internet en: [www.lohp.org/graphics/pdf/hw24sp09.pdf](http://www.lohp.org/graphics/pdf/hw24sp09.pdf)

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre. (2009) Pagina web disponible en internet en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Glicol>.

-----, Pagina web disponible en internet en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tuberosidad\\_isqui%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Tuberosidad_isqui%C3%A1tica).

ZARAGOZA DINÁMICA. Pagina web disponible en internet en: [http://www.zaragozadinamica.es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1005&Itemid=191](http://www.zaragozadinamica.es/index.php?option=com_content&task=view&id=1005&Itemid=191)