16.

FECHA	lunes, 26 de noviembre de 2018

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Soacha
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	**Ingeniería Industrial**

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Vásquez Santoyo	Mayra Alejandra	1012431328
Velandia Hernández	Andres Esteban	1018479576

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
López Carreño	Diana Karina

TÍTULO DEL DOCUMENTO
FORMULACIÓN DE TÉCNICAS DE TRABAJO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS BIOMECÁNICOS EN LOS TRABAJADORES DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE AUTOMOTORES DEL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero Industrial

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
26/11/2018	158

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1.Ergonomia	
2.Cuestionario	
3.Sector informal	
4.Evaluación	
5.Prevencion de accidentes	
6.Enfermedad profesional	

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En Colombia según las ARL los trastornos musculoesqueléticos con mayor incidencia en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores están relacionadas con la zona lumbar, hombros y muñecas. Por esto se ha planteado el objetivo de técnicas de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha Cundinamarca, entendiendo que las prácticas operacionales se registran en condiciones de informalidad debido a que el 6% de las 433 organizaciones registradas en la cámara de comercio aporta a las ARL. Para la ejecución de la investigación se contextualizo sobre las características de la población muestra y los síntomas musculoesqueléticos con la aplicación del cuestionario Nórdico Estandarizado, con el fin de identificar los factores de riesgo biomecánicos presentes en este sector, para valorar el nivel de riesgo alcanzado en cada puesto de trabajo se empleó distintos métodos de evaluación ergonómica como RULA (Posturas), NIOSH (Manipulación de carga) y OCRA (Movimientos repetitivos). De manera que, con los resultados obtenidos, se establezcan y prioricen técnicas de trabajo que permitan la minimización de los riesgos, mediante el método AHP y la respectiva retroalimentación al recurso humano de este sector.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÒN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una “X”:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.		X
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.		X
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.		X

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** X **NO** ___.
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÒN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos)

el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. FORMULACIÓN DE TÉCNICAS DE TRABAJO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS BIOMECÁNICOS EN LOS TRABAJADORES DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE AUTOMOTORES DEL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA.pdf	Texto
2. ANEXO A. Cuestionarios.pdf	Texto
3.ANEXO B. Diagrama cambio de aceite.xlsx	Texto
4.ANEXO C. Diagrama cambio de resortes.xlsx	Texto
5. ANEXO D. Diagrama alineación.xlsx	Texto
6. ANEXO E. Diagrama cambio de bomba del agua.xlsx	Texto
7. ANEXO F. Diagrama cambio de caja de velocidades.xlsx	Texto
8. ANEXO G. Factores de riesgo-Enfermedad laborales.xlsx	Texto
9.ANEXO H. Método AHP.xlsx	Texto
10. ANEXO I. Certificado de validación.jpg	Imagen
11. ANEXO J. Integración de métodos.xlsx	Texto
12. ANEXO K. Plano dispositivo.pdf	Texto
13. ANEXO L. Lista participantes.jpg	Imagen

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Vasquez Santoyo Mayra Alejandra	Mayra Vasquez
Velandia Hernandez Andres Esteban	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

FORMULACIÓN DE TÉCNICAS DE TRABAJO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS BIOMECÁNICOS EN LOS TRABAJADORES DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE AUTOMOTORES DEL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA

MAYRA ALEJANDRA VASQUEZ SANTOYO

ANDRES ESTEBAN VELANDIA HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

SOACHA-CUNDINAMARCA

2018

FORMULACIÓN DE TÉCNICAS DE TRABAJO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS BIOMECÁNICOS EN LOS TRABAJADORES DEL SECTOR DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE AUTOMOTORES DEL MUNICIPIO DE SOACHA CUNDINAMARCA

MAYRA ALEJANDRA VASQUEZ SANTOYO

ANDRES ESTEBAN VELANDIA HERNANDEZ

PROYECTO MONOGRÁFICO TIPO INVESTIGACIÓN

DIRECTOR

DIANA KARINA LOPEZ CARREÑO

INGENIERA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

SOACHA-CUNDINAMARCA

2018

CONTENIDO

RESUMEN 13

INTRODUCCIÓN 14

CAPÍTULO I 15

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2. ANTECEDENTES 16

1.3. ALCANCE Y LIMITACIONES 18

1.4. MARCO TEORICO 18

1.4.1. Evaluación ergonómica 18

1.4.2. Métodos de evaluación 19

1.4.2.1. Cuestionario nórdico estandarizado 19

1.4.2.2. RULA Rapid Upper Limb Assessment 19

1.4.2.3. OCRA (Check List) (Occupational Repetitive Action) 20

1.4.2.4. NIOSH (The National Institute for Occupational) 21

1.4.3. Riesgos biomecánicos 22

1.4.4. Carga física de trabajo 22

1.4.5. Trastornos musculo esqueléticos 23

1.4.6. Diseño industrial 23

1.4.7. Sector de mantenimiento y reparación de automotores 24

1.5. OBJETIVOS 25

1.5.1. OBJETIVO GENERAL 25

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 25

1.6. JUSTIFICACIÓN 26

CAPÍTULO II 28

2. DISEÑO METODOLÓGICO 28

2.1. FASE I CONTEXTUALIZACIÓN 28

2.1.1. Tabulación y análisis de datos. 29

2.2. FASE II EVALUACIÓN DE RIESGOS 29

2.3. FASE III CATEGORIZACIÓN 30

2.4. FASE IV INTEGRACIÓN 31

2.5. FASE V RETROALIMENTACIÓN 31
CAPÍTULO III 32
3. DESARROLLO METODOLÓGICO 32
3.1. FASE I CONTEXTUALIZACIÓN 32
CAPITULO IV 52
4. FASE II EVALUACIÓN DE RIESGOS 52
4.1. RULA (Evaluación de la carga postural) 52
4.1.1. Proceso de cambio de fluidos mecánicos 54
4.1.2. Proceso de cambio de resortes de retención 62
4.1.3. Proceso de alineación 73
4.1.4. Proceso cambio de bomba del agua 82
4.2. OCRA CHECK LIST (MOVIMIENTOS REPETITIVOS) 90
4.3. NIOSH (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional) 97
4.3.1. Proceso de cambio de caja de velocidades 97
4.3.1.1. Ecuación de NIOSH en el origen 107
4.3.1.2. Ecuación de NIOSH en el destino 108
4.3.1.3. Ecuación del índice de levantamiento de carga 108
CAPITULO V 109
5. FASE III CATEGORIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MITIGACIÓN 109
5.1. Definición de criterios de evaluación 110
5.1.1. Definición de alternativas 111
5.1.2. Escala numérica de Saaty aplicado 122
5.1.3. Indicador razón de consistencia 123
5.2. Matriz de comparación de criterios 124
5.3. Matriz de alternativas con base al criterio de carga física por posturas de trabajo en grupo anatómico B. 126
5.4. Matriz de alternativas con base al criterio de carga física por posturas de trabajo en grupo anatómico A. 127
5.5. Matriz de alternativas con base al criterio de carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A. 129
5.6. Matriz de alternativas con base al criterio de dinámica por el levantamiento y transporte de cargas 130
5.7. Priorización de las alternativas 131
CAPITULO VI 134

6. Fase IV Integración de alternativas de mitigación 134
6.1. DISEÑO DEL DISPOSITIVO REMAES 134
6.1.1. Formulación de objetivos (Análisis de necesidades) 135
6.1.2. Análisis y asignación de funciones 135
6.1.3. Diseño Básico 136
6.1.4. Diseño detallado 137
6.2. Fase V Retroalimentación 138
6.2.1. Realización, implementación y validación 138
6.2.1.1. Ángulo de inclinación en el tronco 138
6.2.1.2. Ángulo de inclinación del cuello 139
6.2.1.3. Ángulo de inclinación de brazos 140
6.2.1.4. Angulo de inclinación antebrazo 141
6.3. Lista de verificación de deficiencia postural 142
CONCLUSIONES 145
RECOMENDACIONES 147
BIBLIOGRAFIA 148

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Calificación RULA 20
Tabla 2. Calificación OCRA Check List 20
Tabla 3. Índice de levantamiento NIOSH 22
Tabla 4. Escala numérica de dolor 39
Tabla 5. Variables evaluadas por el método RULA 53
Tabla 6. Ficha de proceso cambio de aceite 54
Tabla 7. Ubicaciones de trabajo 55
Tabla 8. Rula, apertura del vertimiento de aceite 58
Tabla 9. Método RULA, cambio de filtro y abastecimiento de aceite 61
Tabla 10. Ficha de proceso, Cambio de resortes de retención 62
Tabla 11 Método RULA, Inspección y uso de gato hidráulico 68
Tabla 12. Método RULA, Cambio de resortes de retención 72
Tabla 13. Ficha Proceso alineación 73
Tabla 14. Método RULA, alineación, inspección 1 77
Tabla 15. Método RULA, alineación, nivelación 79
Tabla 16. Método RULA, alineación, fijación de sensores 81
Tabla 17. Ficha de proceso cambio de bomba del agua 82
Tabla 18. Método RULA, cambio bomba del agua 1 85
Tabla 19. Método RULA, cambio de bomba del agua 2 87
Tabla 20. Método RULA, cambio de bomba del agua 3 89
Tabla 21. Variables para la medición del riesgo (OCRA) 91
Tabla 22. Evaluación método OCRA, cambio de bomba del agua 94
Tabla 23. Ficha de proceso cambio de caja de velocidades 97
Tabla 24.Evaluación método NIOSH, Transporte de caja de velocidades 105
Tabla 25. Levantamiento de cargas en el origen 106
Tabla 26.Levantamiento de cargas en el destino 107
Tabla 27. Criterios de evaluación para el método A.H.P. 111
Tabla 28. Métodos de mitigación de riesgos biomecánicos de la macroergonomia 113
Tabla 29. Método de mitigación de riesgos biomecánicos en la microergonomia 114
Tabla 30. Adaptación de la escala numérica de Saaty 122
Tabla 31.Matriz de criterios 125
Tabla 32. Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B 126
Tabla 33. Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A 128
Tabla 34. Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A 129
Tabla 35. Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas 130
Tabla 36.Priorización de alternativas 132
Tabla 37. Análisis de necesidades 135
Tabla 38. Asignación de funciones 136

Tabla 39. Lista de verificación posturas en el dispositivo Remaes..... 143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Edad de los trabajadores 34
Gráfico 2. Antigüedad laboral 35
Gráfico 3. Prevalencia sintomatológica 36
Gráfico 4. Cambio puesto de trabajo 38
Gráfico 5. Nivel de dolor (Cuello) 40
Gráfico 6. Nivel de dolor (hombros) 41
Gráfico 7. Nivel de dolor (Lumbar y dorsal) 42
Gráfico 8. Nivel de dolor (codos y antebrazos) 43
Gráfico 9. Nivel de dolor (mano y muñecas) 44
Gráfico 10. Tratamiento médico 45
Gráfico 11. Regresión lineal 46
Gráfico 12. Probabilidad normal 48
Gráfico 13. Probabilidad normal 49

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de flujo del proceso, cambio de aceite 56
Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso, cambio de resortes 64
Diagrama 3. Diagrama flujo de proceso alineación 74
Diagrama 4. Diagrama de flujo de proceso cambio de bomba del agua 83
Diagrama 5. Diagrama bimanual. 91
Diagrama 6. Diagrama de flujo de proceso, cambio de caja de velocidades 99

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Factores multiplicadores de la ecuación de NIOSH 21
Ilustración 2. Diseño industrial..... 24
Ilustración 3. Ubicación de unidades productivas..... 33
Ilustración 4. Prevalencia sintomatológica en el último año 37
Ilustración 5. Distribución normal de la edad de los trabajadores 50
Ilustración 6. Sistema de frenado tipo tambor 63
Ilustración 7, Caja de cambio de velocidades 98
Ilustración 8. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el método AHP 110
Ilustración 9. Elementos de la micro ergonomía y la macroergonomia 112

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Van N300 55
Imagen 2. Posición decúbito supino, cambio de aceite 57
Imagen 4 Flexión de espalda, cambio de aceite 59
Imagen 3. Flexión de cuello, cambio de aceite 59
Imagen 5. Flexión de antebrazo, cambio de aceite 60
Imagen 6. Posición decúbito supino, cambio resortes de retención 66
Imagen 7. Decúbito supino torsión lateral, cambio resortes de retención 66
Imagen 8. Flexión antebrazo, cambio resortes de retención 66
Imagen 9. Flexión de espalda, cambio resortes de retención 69
Imagen 10. Flexión de cuello, cambio resortes de retención 70
Imagen 11. Flexión de brazo, cambio resortes de retención 71
Imagen 12. Flexión antebrazo, cambio de resortes de retención 71
Imagen 13. Flexión brazo, alineación 75
Imagen 14. Flexión antebrazo, alineación 75
Imagen 15. Flexión antebrazo, alineación 78
Imagen 16. Extensión del cuello, alineación 78
Imagen 17. Flexión del cuello, alineación 80
Imagen 18. Flexión de espalda, cambio de bomba del agua 84
Imagen 19. Flexión del cuello, cambio de bomba del agua 86
Imagen 20. Posición decúbito supino- flexión del antebrazo, cambio de bomba del agua 88
Imagen 21. Bomba del agua 92
Imagen 22.Levantamiento de carga, caja de velocidades 1 101
Imagen 23. Levantamiento de carga, caja de velocidades 2 101
Imagen 24. Levantamiento caja de velocidades 3 102
Imagen 25.Peso caja de velocidades 103
Imagen 26. Peso partes caja de velocidades 104
Imagen 27. Rodilleras 114
Imagen 28.Protector de tronco 114
Imagen 29. Guantes 115
Imagen 30. Multiplicadores de fuerza 116
Imagen 31. Herramienta de extensión magnética 116
Imagen 32. Rampas de elevación 117
Imagen 33.Elevadores hidráulicos 118
Imagen 34. Grúas de elevación 119
Imagen 35.Rengasnostin 119
Imagen 36. Escaleras manuales 120
Imagen 37. Camillas de trabajo 120
Imagen 38. Silla con regulación de alturas 121

Imagen 39. Mesa elevadora 121
Imagen 40. Angulo de flexión zona dorsal y lumbar – decúbito supino 138
Imagen 41. Angulo de flexión zona dorsal y lumbar posición 139
Imagen 42. Angulo de flexión en la zona cervical-decúbito supino 139
Imagen 43.Angulo de flexión en la zona cervical 140
Imagen 44. Angulo de flexión en miembros superiores 140
Imagen 45.Angulo de flexión en miembros superiores- decúbito supino 141
Imagen 46. Angulo de inclinación de miembros superiores (Antebrazo) - sedente 141
Imagen 47. Angulo de inclinación de miembros superiores (Antebrazo) – decúbito supino 142

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Cuestionario aspectos organizacionales-Nórdico estandarizado

***ANEXO B**. Diagrama de flujo del proceso, cambio de aceite*

ANEXO C. Diagrama de flujo del proceso, cambio de resortes

ANEXO D. Diagrama flujo de proceso alineación

ANEXO E. Diagrama de flujo de proceso cambio de bomba del agua

ANEXO F. Diagrama de flujo de proceso, cambio de caja de velocidades

ANEXO G. Cuadro factores de riesgo versus enfermedades laborales

ANEXO H. Método AHP

ANEXO I. Certificado de validación

ANEXO J. Integración de métodos

ANEXO K. Plano dispositivo

ANEXO L. Lista de participantes

ANEXO M. Evaluación de ponencias para encuentro de semilleros de investigación 2018

RESUMEN

En Colombia según las ARL los trastornos musculoesqueléticos con mayor incidencia en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores están relacionadas con la zona lumbar, hombros y muñecas. Por esto se ha planteado el objetivo de técnicas de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha Cundinamarca, entendiendo que las prácticas operacionales se registran en condiciones de informalidad debido a que el 6% de las 433 organizaciones registradas en la cámara de comercio aporta a las ARL. Para la ejecución de la investigación se contextualizo sobre las características de la población muestra y los síntomas musculoesqueléticos con la aplicación del cuestionario Nórdico Estandarizado, con el fin de identificar los factores de riesgo biomecánicos presentes en este sector, para valorar el nivel de riesgo alcanzado en cada puesto de trabajo se empleó distintos métodos de evaluación ergonómica como RULA (Posturas), NIOSH (Manipulación de carga) y OCRA (Movimientos repetitivos). De manera que, con los resultados obtenidos, se establezcan y prioricen técnicas de trabajo que permitan la minimización de los riesgos, mediante el método AHP y la respectiva retroalimentación al recurso humano de este sector.

INTRODUCCIÓN

El El sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha Cundinamarca cuenta con 433 empresas registradas ante la cámara de comercio de Bogotá con el CIIU (Clasificación Internacional Industrial Uniforme) 4520, de las cuales solamente el 6% aportan a las ARL (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010). Por otra parte, el sector presenta una prevalencia a sintomatologías musculoesqueléticas del 82% (de la muestra tomada para el presente estudio), debido a que los trabajadores se encuentran expuestos a factores de riesgos biomecánicos tales como carga física por posturas de trabajo, carga dinámica por movimientos repetitivos y manipulación de cargas. Es por esto que la investigación tiene como fin, identificar técnicas de trabajo con las cuales el recurso humano del sector minimice la probabilidad de ocurrencia de accidentes o enfermedades de origen laboral.

Para el desarrollo de la investigación en primer lugar se llevó a cabo identificación inicial de la sintomatologías presentadas en relación al sistema musculo-esquelético mediante la aplicación del cuestionario nórdico estandarizado y su relación a los factores de riesgo biomecánicos por medio de la consulta de fuentes de información secundaria, en segundo lugar se hizo uso de métodos de evaluación ergonómica para medir el nivel de riesgo relacionado con las posturas, movimientos repetitivos y levantamiento de cargas, en tercer lugar se realizo la consulta de fuentes de información secundaria acerca de los métodos de mitigación de riesgos biomecánicos existentes, para categorizarlos mediante el método AHP de acuerdo a los criterios establecidos, seguido de la integración de distintos métodos que permitan un mayor grado de mitigación de cada uno de los riesgos biomecánicos, asimismo se diseñó un dispositivo que integre los beneficios de varias de las alternativas expuestas, para finalizar se retroalimento a los trabajadores mediante la socialización y uso del dispositivo.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de mantenimiento y reparación de automotores reporta un elevado índice de enfermedades y accidentes laborales, para el año 2011 en los Estados Unidos 3.9 de cada 100 trabajadores de tiempo completo se vieron afectados por estas problemáticas de salud, esta tasa fue mayor a comparación de otros sectores aparentemente más peligrosos como: la industria química o la minería que tenían tasas de 2.3 y 2.4 respectivamente (Lopez Arquillos & Rubio Romero, 2016). En Venezuela un estudio enfocado a la evaluación de riesgos biomecánicos en este sector encontró que más del 75% de los casos de accidentes con lumbalgias fue provocado por empujar, halar, levantar objetos con movimientos de flexión y el ejercicio de fuerza (Rodríguez Marquéz, Medina Chacon, & Manero Alfret, 2008).

La primera encuesta nacional de condiciones de salud y trabajo en el sistema general de riesgos profesionales en Colombia realizada en el 2007 reveló que 90 de los 138 centros de trabajo evaluados pertenecientes al sector de reparación de automotores y comercialización al por mayor y al por menor reportaron alguna clase de accidente de trabajo, representando un 55,2% , (Minesterio de la Protección Social, 2007) como también se encontró que los factores de riesgo biomecánico fueron por mucho los agentes con más incidencia en los centros de trabajo evaluados de las diferentes actividades económicas (Ministerio del Trabajo, 2013). Para el 2015 según los indicadores del sistema general de riesgos mostraron que en el sector de reparación automotores; 6.16 trabajadores afiliados de cada 100 sufrieron algún accidente laboral y 58.43 por cada 100.000 afiliados presentan alguna enfermedad laboral (Ministerio del Trabajo, 2016)

Las patologías que tienen mayor relación con el sector de mantenimiento y reparación automotriz que afectan notablemente a los trabajadores según las Administradoras de Riesgos Laborales de Colombia son: el Síndrome del túnel del carpo, con una frecuencia de 42,5% frente a las demás patologías, pero esta ha ido disminuyendo en comparación al síndrome del manguito rotador y enfermedades de discos intervertebrales con un

aumento del 118% y 112% respectivamente entre los años 2009 y 2012 (Gutierrez Cubillos, Cuellar Barreto, & Ortiz Salom, 2016).

Soacha es uno de los municipios de la sabana cundinamarqués que se ha caracterizado por tener un alto grado de industrialización, este se encuentra en la región con mayor concentración empresarial la cual aporta el 29% de las empresas del país (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015), este municipio cuenta con 433 empresas legalmente constituidas ante la Cámara de Comercio de Bogotá; dedicadas al comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010), la mayoría de ellas son pequeñas empresas que se han forjado empíricamente, las cuales no tienen conocimientos de la ergonomía ni tampoco un personal calificado que se encargue de la gestión y el control de estos riesgos para sus trabajadores, por otra parte el último registro del programa de prevención y vigilancia de riesgos profesionales, ofrecido por la Secretaría de Salud Municipal de Soacha datan del 2010 (Alcaldia de Soacha-Cundinamarca, 2010), con esto se evidencia el bajo grado de compromiso que se ha tenido frente al tema.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué técnicas de trabajo minimizaría los riesgos biomecánicos en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha

1.2. ANTECEDENTES

La ergonomía surgió como una disciplina integrada a mediados del año 1949 (I. Leirós, 2009), pero esta disciplina guarda una relación muy estrecha con los principios de la administración científica de Taylor quien afirmó que:

> “la fatiga lleva al trabajador a disminuir la productividad, la calidad del trabajo y a la pérdida de tiempo. También contribuye al aumento de la rotación de personal,

de enfermedades y accidentes, y a la disminución de la capacidad de esfuerzo" (Chavenato, 2007)**.**

Los esfuerzos por su implementación y obtención de resultados visibles han sido de interés mundial (ERGON, 2017), actualmente ha tomado una mayor relevancia en las industrias, ya que se identifica como pilar fundamental para el bienestar y desempeño del operario como también para el crecimiento de las compañías. La IEA (International Ergonomics Association), se encuentra desarrollando una continua investigación en busca de diferentes técnicas ergonómicas que puedan ser aplicadas en distintas áreas y cuenta con varios países afiliados alrededor de todo el mundo, entre ellos se encuentra Colombia que se unió a este grupo en 1998 SCE(Sociedad Colombiana de Ergonomía), también trabaja conjuntamente con la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la OIT (Organización Internacional del Trabajo) (IEA, 2006).

En América latina la perspectiva acerca del papel de la ergonomía en el cambio de las condiciones de trabajos se centra en reconocer la importancia de esta en la preservación de la salud de los trabajadores,"…se puede observar una red razonable de desarrollo de la ergonomía, sin embargo esta insuficiente para explicar el enorme reto de apoyar el desarrollo de la formación de ergonomistas con el objetivo de superar las dificultades…" (Gomez, 2014).

Aunque en Colombia la aplicación de la ergonomía se encuentra en el nivel mínimo de madurez, algunas academias se han interesado por la aplicación de distintos estudios ergonómicos en diferentes sectores tales como el sector minero "cerrejón" que ha sido objeto de análisis, al cual se ha aplicado la ergonomía desde distintos dominios de esta; el cargue y descargue de camiones es una actividad inherente del sector, un estudio denominado "eventos pala camión" permitió diseñar el procedimiento adecuado para el descargue del camión como también un proceso de reentrenamiento a supervisores y operadores de camión y de pala (Pihedradíta L, 2014) como también estudios ergonómicos en el sector floricultor han demostrado la validez de la academia en la industria, ya que nos permite identificar los potenciales riesgos en la salud de los trabajadores tanto en las operaciones que realizan como al igual los que son generados por sus herramientas de trabajo; ya que si estas no están diseñadas antropométricamente genera una desventaja mecánica y resalta la necesidad de desarrollar o rediseñar los instrumentos para que se ajusten a las dimensiones de la población (Barrero, 2014).

1.3. ALCANCE Y LIMITACIONES

La presente investigación será realizada en el municipio de Soacha Cundinamarca y tiene como objeto de análisis un grupo de empresas dedicadas al mantenimiento y reparación de automotores, donde el alcance estará dado por la formulación de técnicas de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos y su respectiva retroalimentación a los trabajadores de este sector.

1.4. MARCO TEORICO

1.4.1. Evaluación ergonómica

El objeto de la evaluación ergonómica es medir la existencia y el nivel de riesgo presente en un puesto de trabajo, que puede llegar afectar la salud de los trabajadores, esta se divide en 2 niveles de actuación, en primer lugar, se encuentra el nivel básico o identificación inicial de riesgos, esto puede ser mediante el uso de cuestionarios sobre daño percibido por los trabajadores como por ejemplo, el cuestionario nórdico estandarizado, que permite identificar la prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas lo cual se convierte en indicador de la presencia de riesgos, por otra parte, el segundo nivel evalúa la amplitud de los factores de riesgos detectados, a partir de la identificación inicial previamente realizada, existen varios métodos para la evaluación ergonómica del puesto trabajo, de acuerdo a los factores de riesgo detectados tales como movimientos repetitivos, carga postural, levantamiento y manipulación de cargas. (Mas & Antonio, Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia, 2015)

1.4.2. Métodos de evaluación

1.4.2.1. Cuestionario nórdico estandarizado

Este cuestionario fue publicado 1987 y se constituye como una herramienta para la detención de sintomatologías musculoesqueléticas que aún no están constituidas como enfermedad, el cual puede ser aplicado a los trabajadores de distintos sectores económicos, ya sea en forma de encuesta o entrevista, indagando sobre la presencia de sintomatologías musculoesqueléticas en la zona dorsal, lumbar, cuello y miembros superiores, antigüedad de la dolencia, duración de los episodios de dolor, frecuencia, nivel de dolor percibido en una escala de 1 a 5, entre otros, lo cual es útil para una posterior evaluación ergonómica y adopción de medidas preventivas. Por otra parte, de acuerdo a estudios de confiabilidad y validez se ha demostrado que el cuestionario provee datos verídicos derivados de su aplicación, debido a que fueron confrontados los resultados de su aplicación con historias clínicas estableciendo una conformidad entre 80% y 100% entre ambas evaluaciones. (Martinez & Alvarado Muñoz, 2017).

1.4.2.2. RULA Rapid Upper Limb Assessment

RULA fue desarrollado en 1993, por McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham (Institute for Occupational Ergonomics), este es un método de evaluación ergonómica el cual calcula la carga física estática sobre el sistema musculo esquelético, del grupo anatómico A (manos, brazos, antebrazos) y el grupo anatómico B (tronco,cuello,piernas),este método valora además otros factores físicos de exposición como la duración, frecuencia y fuerzas ejercidas cuando se mantiene determinada postura, este cataloga las posturas en 4 niveles de actuación, donde el nivel 1 representa un riesgo aceptable por lo cual no es necesario incluir cambios a corto plazo, el nivel 2 significa que es necesario realizar cambio o análisis complementarios, por otra parte el nivel 3 precisa el rediseño de la tarea, y el nivel 4 sugiere cambio urgentes en la tarea. (Mas & Antonio, 2015)

Tabla 1. Calificación RULA

Puntuación Rula	Nivel de Riesgo	Actuación
1 o 2	1	Riesgo aceptable
3 o 4	2	Es necesario realizar cambios o análisis complementarios de la tarea
5 o 6	3	Se sugiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requiere cambios urgentes en la tarea

Fuente: Mas,2015

1.4.2.3. OCRA (Check List) (Occupational Repetitive Action)

Este método de evaluación ergonómica fue construido en 1998 a partir de literatura científica en un consenso, de la de la Asociación Internacional de Ergonomía. (IEA) y el comité técnico sobre trastornos musculoesqueléticos. (Stanton, y otros, 2005),se ocupa de valorar el nivel de riesgo al cual se encuentran expuestos los trabajadores por carga dinámica (movimientos repetitivos) en miembros superiores, además, tiene en cuenta otras variables tales como (duración del ciclo repetitivo, periodos de recuperación, frecuencia de acciones, duración, posturas adoptadas en los miembros superiores durante la ejecución del movimiento, y otros factores adicionales como la utilización de guantes, vibraciones, ritmo de trabajo, entre otros), la sumatoria de estos factores da como resultado el índice OCRA Check List, el cual expresa el nivel de riesgo (Hernández, 2016)

Tabla 2. Calificación OCRA Check List

Puntuación OCRA	Nivel de Riesgo	Actuación
<=5	Optimo	No se requiere
5.1 a 7.5	Aceptable	No se requiere
7.6 a 11	Incierto	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto
11.1 a 14	Inaceptable leve	Se recomienda mejora del puesto de trabajo

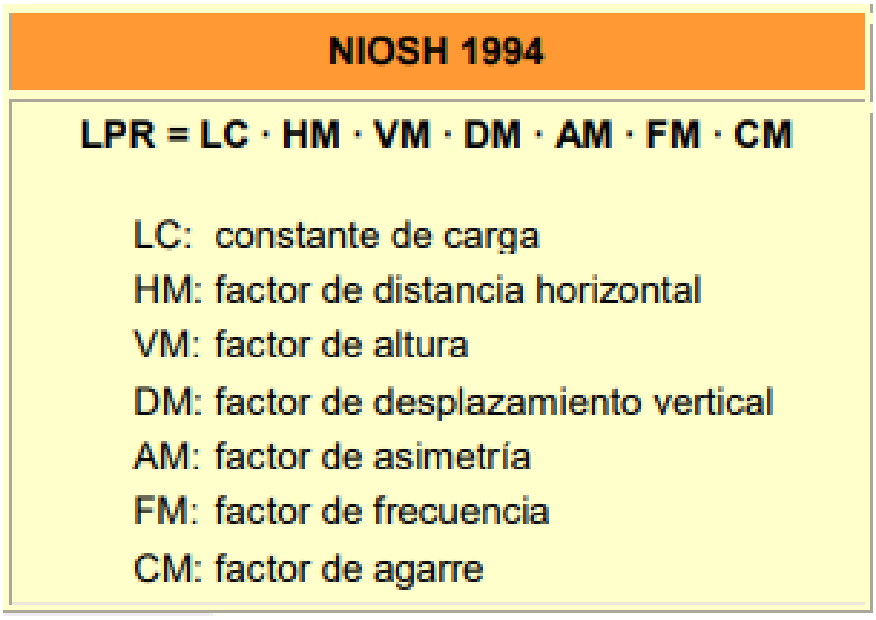
14,1 a 22.5	Inaceptable medio	Se recomienda mejora del puesto de trabajo
>22.5	Inaceptable alto	Se recomienda mejora del puesto de trabajo

Fuente: Hernandez, 2016

1.4.2.4. NIOSH (The National Institute for Occupational)

Este método de evaluación ergonómica valora el riesgo por levantamiento y transporte manual de cargas, fue desarrollado por The National Institute for Occupational Safety and Health en 1981, y aprobado en 1994, el cual permite calcular el peso recomendado que puede ser levantado en determinadas condiciones de trabajo, teniendo en cuenta factores como “manejo asimétrico de cargas, la duración de la tarea, la frecuencia de los levantamientos y la calidad de agarre” para ello se realiza el producto de los factores multiplicadores visualizados en la ilustración 1, además es posible calcular el índice de levantamiento (IL) el cual proporciona una estimación del nivel de riesgo al que se exponen los trabajadores por el levantamiento manual de determinadas cargas (Nogareda Cuixart & Canosa Bravo , 1998).

Ilustración 1. Factores multiplicadores de la ecuación de NIOSH



Fuente: Nogareda & Canosa, 1998

Tabla 3. Índice de levantamiento NIOSH

IL	Nivel de riego
<1	Riesgo limitado
1<IL>3	Incremento moderado del riesgo
>3	Incremento acusado del riesgo

Fuente: Ruiz,2011

1.4.3. Riesgos biomecánicos

Son aquellos factores o elementos externos al proceso "que incluyen aspectos organizacionales, de la interacción del hombre-medio ambiente-condiciones de trabajo y productividad", (Ministerio de la Protección Social, 2011), los principales riesgos biomecánicos "están producidos generalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de movimientos repetitivos, por la manipulación manual de cargas y por la aplicación de fuerzas durante la jornada laboral" (Prevalia, 2013).

1.4.4. Carga física de trabajo

La carga física es la cuantificación dada entre las exigencias laborales y la fatiga , esta se puede manifestar a corto o largo plazo en la salud de los trabajadores, la primera mención está relacionada con los accidentes de origen laboral y la segunda con las enfermedades musculoesqueléticas (Gutiérrez Strauss, 2011), esta sobrecarga se presenta principalmente en los miembros superiores, cuello y tronco cuando existe una interacción con factores de riesgo ergonómico como las posturas forzadas y un manejo inadecuado de cargas (Xavier Lima, Meneghini Belmonte, Pereira Moro, Quintero, & Armando, 2016).

1.4.5. Trastornos musculo esqueléticos

Los trastornos Musculoesqueléticos (TME) de origen laboral son, lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, que afectan la calidad de vida de los trabajadores, estos son considerados como una de las principales causas de absentismo laboral, además de ello traen consigo repercusiones económicas para los trabajadores, empresas, producto interno bruno del país. En Estados Unidos las pérdidas económicas en términos de absentismo se calculan en 215 mil millones de dólares en un año, por otra parte, en la "Unión Europea los costos económicos de todas las enfermedades y accidentes de trabajo representan 2.6 a 3.8% del producto interno bruto, 40 a 50% de esos costos se deben a los trastornos musculoesqueléticos" (Arenas Ortiz & Cantú Gómez, 2013).

Los trastornos musculoesqueléticos pueden ser originados por factores de riesgo tales como carga física(posturas), carga dinámica (movimientos repetitivos, levantamiento y transporte de cargas).En el sector de reparación y mantenimiento de automotores las patologías lumbares son las más comunes, ya que se presentan con una prevalencia del 65% en la población Europea, 42% en Asia; 20%, 46% Norte América y Latino América respectivamente (Guimaraes, Anzanello, & Renner, 2012).

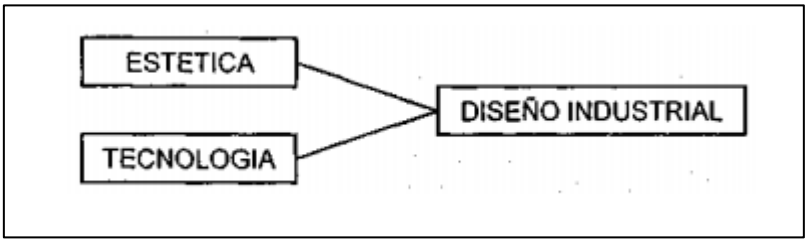
1.4.6. Diseño industrial

Según lo dicho por Tomas Maldonado el diseño industrial es aquel proceso por el cual se toman las propiedades formales de lo producido industrialmente, es decir "no solo las características exteriores, sino, sobre todo las relaciones funcionales y estructurales que hacen que un objeto tenga una unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario", estas características son el resultado formal de la integración del factores culturales, económicos, funcionales y tecnológicos (Rodriguez).

El diseño industrial satisface una serie de características como la satisfacción de las necesidades de una sociedad determinada, mediante bienes, procesos, servicios, e innovación, incremento del valor de los productos, asignación de propiedades formales, lo cual plantea la necesidad de concordar aspectos técnicos y estéticos, es decir el diseño industrial abarca una perspectiva de conciliación entre los aspectos funcionales y componentes estéticos "teniendo en cuenta la integración coherente de los diversos

factores intervinientes (forma, función, materiales, técnicas constructivas)" (Aquiles Gay, 2004).

Ilustración 2. Diseño industrial



Fuente: Aquiles, 2004

1.4.7. Sector de mantenimiento y reparación de automotores

El sector de mantenimiento y reparación de automotores se clasifica con el CIIU (clasificación internacional industrial uniforme) 4520, compuesto por procesos como diagnostico automotriz, lineación, balanceo, sincronización, reemplazo de piezas mecánicas, cambio de fluidos, monta llantas, latonería y pintura, en las cuales están presenten una serie de riesgos biomecánicos que afectan la salud de los trabajadores, tales como movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, uso manual de herramientas, vibraciones, levantamiento y transporte de cargas, estos factores de riesgos son la principal causa de trastornos musculoesqueléticos entre ellos, Síndrome del Túnel del Carpo, discopatías, lumbalgias, síndrome del manguito rotador entre otras. Estudios realizados mundialmente han demostrado que la prevalencia de trastornos musculo esqueléticos en este sector es significativa, en Asia una investigación realizada en el 2011 expuso que los trastornos musculoesqueléticos representaban un 8,88 % de las patologías laborales presentadas en este sector, y constituían 4.33 más veces el riesgo de absentismo que otras patologías, por otra parte, un estudio realizado en india encontró que la prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas en este sector representaba un 50% (Gutierrez Cubillos, Cuellar Barreto, & Ortiz Salom, 2016).

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Formular técnicas de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos en los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores de riesgos biomecánicos que afectan a los trabajadores del sector de mantenimiento y reparación de automotores.

- Evaluar los riesgos biomecánicos en la salud de los trabajadores de este sector.

- Categorizar los diferentes métodos de mitigación de acuerdo a los factores de riesgo.

- Integrar un conjunto de alternativas que permitan el control y prevención de los riesgos biomecánicos evidenciados.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La ergonomía como ciencia inter multidisciplinaria se plantea varios retos como lo son generar nuevos conocimientos y también crear respuestas concretas a problemas específicos, las empresas alrededor del mundo presentan retos en materia de salud y seguridad en el trabajo; una correcta gestión y control de los riesgos biomecánicos beneficia tanto los trabajadores como a las organizaciones de forma recíproca dado que manteniendo unas adecuadas condiciones de salud del recurso humano este contribuirá con sus conocimientos y habilidades para la realización de las tareas, que favorecerá al crecimiento de la organización en aspectos económicos y productivos; mientras que "un diseño ineficiente de las condiciones en los que se debe realizar el trabajo propicia la disminución de la productividad humana, rotación de personal que ya había sido entrenado y la aparición de lesiones músculo – esqueléticas" (Rodríguez Marquéz, Medina Chacon, & Manero Alfret, 2008), lo cual significa que las empresa incurran en gastos adicionales.

La aplicación de nuevas técnicas de trabajo basadas en un estudio ergonómico brinda una serie de beneficios a corto, mediano o largo plazo. Una compañía brasileña obtuvo resultados favorables como la "Reducción del 80% de los accidentes laborales, reducción del 100% de los trastornos musculo esqueléticos relacionados con el trabajo, consultas médicas, reducción del 45,65% en el absentismo y mejora de la producción en un aumento de la productividad del 3%" (Guimaraes, Anzanello, & Renner, 2012).

La presente investigación centra todos sus esfuerzos en la formulación de técnicas de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos en los trabajadores del sector de reparación y mantenimiento de automotores en el municipio de Soacha, puesto que se observó la ausencia de medidas preventivas sobre este tipo de riesgo, acorde con esto es necesario la identificación inicial de los riesgos a través de la recolección de información primaria, empleando cuestionarios para indagar sobre el daño percibido por los trabajadores. Posteriormente con la aplicación de distintos métodos de evaluación de riesgos detectar el nivel de presencia de estos, como los relacionados con las posturas inadecuadas o mantenidas durante periodos de tiempo prolongados, manipulación de cargas y movimientos de elevada repetitividad, métodos tales como el REBA que permite "evaluar de forma detallada la carga postural considerando la totalidad del cuerpo" (Mas & Antonio, Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia, 2015); este se aplicó el sector automotriz de Irán, donde se obtuvieron resultados que revelaron que "el 55,5% de los mecánicos de automóviles estaban en niveles altos y muy altos de riesgo…posiciones sedentarias, permanentes y prolongadas se encuentran entre las principales causas de alta incidencia de WMSD en este grupo de trabajadores" (Moradi, y otros, 2017).

Posteriormente, con la formulación de técnicas de trabajo y su respectiva retroalimentación a las empresas involucradas en el estudio, se propiciará los primeros pasos para la apropiación de una cultura ergonómica en el sector, con la idea de que estos conocimientos trasciendan en las demás organizaciones de este tipo, puesto que Soacha cuenta con 433 empresas legalmente constituidas ante la cámara y comercio de Bogotá dedicadas al comercio, mantenimiento y reparación de automotores (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

CAPÍTULO II

2. DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio es de tipo descriptivo transversal puesto que “busca especificar propiedades, características y rasgos importantes” (Sampieri Hernandez, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006) de una población definida mediante la recopilación de información primaria en el sector de mantenimiento y reparación de automotores en el municipio de Soacha**.** El desarrollo de la investigación consta de 5 fases que permitieron la identificación inicial de riesgo y su respectiva valoración, luego una categorización e integración de las alternativas de mitigación de los riesgos biomecánicos para posteriormente retroalimentar los resultados a las empresas que participaron en la investigación.

Para la recolección de información primaria se determinó el uso de muestreo tipo no probabilístico en cuyo caso será muestreo casual o fortuito **“**Aquí las muestras se integran por voluntarios o unidades muéstrales que se obtienen en forma casual” (Pimienta Lastra, 2000) las empresas participantes serán aquellas que permitan acceder a su información para hacer parte del estudio.

2.1. FASE I CONTEXTUALIZACIÓN

La primera fase integra la recolección de información primaria relativa al sector, para contextualizar sobre las características generales de las organizaciones y los trabajadores que participaron en la investigación, mediante la aplicación de un cuestionario que permitió identificar aspectos de las empresas como nombre, ubicación, existencia de matrícula mercantil ante la cámara de comercio, número de trabajadores vinculados, entre otras, como también variables demográficas de la población estudiada referente a: edad, sexo, además otros rasgos propios de la labor, como la duración de la jornada de trabajo, y antigüedad en el puesto. Luego, para la “Identificación inicial de riesgos” se pretende analizar las situaciones de riesgo, mediante fuentes de información primaria, como los cuestionarios sobre el daño de origen laboral percibido por los trabajadores en este caso el cuestionario Nórdico de Kourinka es un cuestionario estandarizado para la detección y análisis de síntomas musculoesqueléticos, con el fin

de detectar la existencia de síntomas iniciales (Kuorinka, y otros, 1987), lo cual se constituye como un indicador de la presencia de riesgos biomecánico. (Mas & Antonio, 2018).

El cuestionario Nórdico de Kourinka cuenta con una totalidad de 11 preguntas, donde 9 de ellas son de elección múltiple, las cuales indagan sobre la presencia de dolencias musculoesqueléticas en cuello, hombro, dorsal, lumbar, codo, antebrazo, muñeca y mano, asimismo tiene en cuenta otros factores como lo es el tiempo de antigüedad, frecuencia, duración de los episodios y nivel de dolor percibido valorado en una escala numérica de 1 a 5. Por otra parte, deja la posibilidad que el trabajador manifieste a que actividades en específico atribuye las molestias presentadas. Este cuestionario puede ser aplicado a modo de entrevista o de forma autoadministrada, es decir, contestado autónomamente por el trabajador.

2.1.1. Tabulación y análisis de datos.

Para el análisis de la información recopilada se hizo uso de herramientas estadísticas a nivel descriptivo e inferencial, con el fin de reflejar la caracterización de los datos obtenidos, mostrando el grado de asociación que existe entre la variable dependiente e independientes de la investigación, y así poder asociar la prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas con los factores de riesgo, basándose en fuentes de información secundaria.

2.2. FASE II EVALUACIÓN DE RIESGOS

Medición del nivel alcanzado en el puesto de trabajo por los factores de riesgos biomecánicos, se dividió el puesto de trabajo en procesos, midiendo los tiempos empleados para el desempeño de cada uno de ellos mediante la técnica estudio de tiempos acoplado al diagrama de flujo de proceso (W. Niebel, 2009) luego se determinó cuáles de los factores de riesgo determinados en la fase I “Contextualización” de la investigación están presentes en cada proceso, de este modo se procedió a la evaluación mediante el empleo de tres métodos. Para abordar la evaluación concerniente a las posturas inadecuadas o mantenidas durante periodos de tiempo prolongados se utilizó el método RULA, que fue aplicado mediante la observación con apoyo de evidencias

fotográficas y videográficas, haciendo uso de la herramienta Ruler para medir el grado en el cual el cuerpo se encuentra fuera de la posición neutral, como también se hizo uso de la ecuación de NIOSH para la respectiva valoración de los riesgos biomecánicos relacionados con la manipulación de cargas, para la consideración de movimientos de elevada repetitividad se aplicó el método OCRA en su Variante check list (Mas & Antonio, Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia, 2015).

El método RULA cataloga las posturas en 4 niveles de actuación, donde el nivel 1 representa un riesgo aceptable por lo cual no es necesario incluir cambios a corto plazo, el nivel 2 significa que es necesario realizar cambio o análisis complementarios, por otra parte el nivel 3 precisa el rediseño de la tarea, y el nivel 4 sugiere cambio urgentes en la tarea. (Saéz), en cuanto a la valoración realizada por método OCRA Check List permite clasificar el riesgo en 6 niveles, (optimo, aceptable, incierto, inaceptable leve, inaceptable medio e inaceptable alto), en cuyo caso para los niveles bajos el método sugiere que no es necesario implementar acciones y para los más altos propone realizar mejoras en el puesto de trabajo (Mas & Antonio, Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia, 2015), por otra parte, la ecuación de NIOSH nos proporciona el índice que levantamiento (IL) que da una estimación del nivel de riesgo asociado al levantamiento manual de una carga, en el caso que sea >3 (Incremento acusado del riesgo), sugiere un riesgo inaceptable y la tarea debe ser modificada,<1 representa un riesgo limitado y (1<IL>3) incremento moderado del riesgo. (Ruiz, 2011).

Identificar aquellas tareas que requieren de atención inmediata por su alto grado de riesgo.

2.3. FASE III CATEGORIZACIÓN

Esta fase consiste en la indagación sobre los métodos de mitigación existentes para los riesgos biomecánicos, mediante la recopilación de fuentes de información secundarias para posteriormente categorizarlos por medio del método AHP que “muestra fuertes potencialidades en el interés de identificar y de priorizar los problemas y las subsecuentes acciones que derivarán (A. Berumen & LLamazares Redondo, 2007)” que permitirán analizar y definir cuáles son las mejores técnicas que se adaptan al espacio de trabajo, evitando la incidencia de enfermedades y lesiones de origen laboral relacionadas con los riesgos biomecánicos, con respecto aquellas actividades que presentan elevados niveles de riesgo. La priorización de los distintos métodos de mitigación será valorada mediante la escala de Saaty propia del método AHP, y validada por profesionales en el área de

fisioterapia, que confirmen la pertinencia de los métodos para la mitigación de los riesgos biomecánicos y su contribución en la salud de los trabajadores

2.4. FASE IV INTEGRACIÓN

La fase IV consta de la adaptación e integración de los métodos, técnicas, herramientas, con el fin de consolidar diferentes alternativas que permitan la formulación de las técnicas, métodos y herramientas de trabajo más acordes a las necesidades de los trabajadores de este sector, para ello se hará uso de una matriz de consolidación que permita mostrar los resultados obtenidos. Por otra parte, se realizará el diseño de un dispositivo que permita la disminución de los factores de riesgos relacionados con la mayor prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas, teniendo en cuenta algunos aspectos de NTC 5655 Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.

2.5. FASE V RETROALIMENTACIÓN

Para finalizar, la fase V radica en la apropiación social del conocimiento mediante un proceso “de comprensión e intervención de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, construido a partir de la participación activa de los diversos grupos sociales que generan conocimiento” (Colciencias, 2018), para ello, se pondrá a disposición de las empresas los resultados y productos obtenidos, tales como las operaciones que tienen mayores índices de riesgo y las correspondientes técnicas de trabajo para su mitigación, por medio de la interacción personal y el uso de herramientas electrónicas las cuales permitan una asimilación más sustancial de los nuevos conocimientos.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

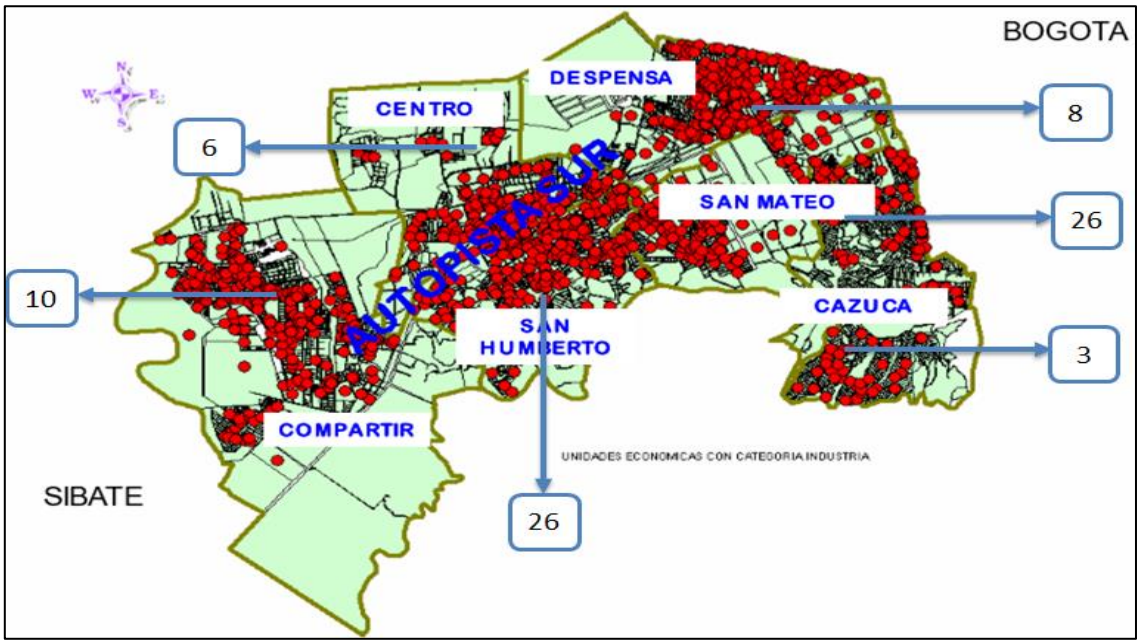
3.1. FASE I CONTEXTUALIZACIÓN

El mantenimiento y reparación de vehículos automotores categorizado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (C.I.I.U.) 4520, está compuesto por diferentes procesos como, alineación, balanceo, sincronización, cambio de fluidos, reemplazo de piezas mecánicas, el monte y desmonte de llantas. En el municipio de Soacha este sector cuenta con 433 organizaciones registradas ante la Cámara de Comercio de Bogotá (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018), no obstante, la informalidad en el municipio en cuanto a servicios es de un 23% en donde se incluye esta actividad económica y servicios telefónicos, además se refleja que solo el 6% de las organizaciones dedicadas a la reparación de automotores hacen aportes a las Administradoras de Riesgos Laborales A.R.L.

Según el último censo empresarial realizado en el municipio de Soacha en el 2010, las unidades productivas tienen mayor concentración en las comunas denominadas Centro y San Humberto, sin embargo, para la actividad económica 4520 se halló una mayor aglomeración en las comunas 6 y 5 que hacen referencia a San Mateo y San Humberto donde la gran mayoría de estos establecimientos están agrupados en conjuntos debido a que tienen como eje principal la autopista sur; lo cual se puede contrastar con un estudio, sobre la localización industrial en el área urbana de Murcia, donde se precisa que los talleres mecánicos están ubicados en las principales avenidas y carreteras debido a la gran intensidad de tráfico que se presentan en ellas (Morales Gil & Lopez Ontiveros, 1972).

Para la identificación inicial de riesgos biomecánicos presentes en cada uno de los procesos de esta labor, se hizo uso del cuestionario nórdico estandarizado, el cual es una herramienta que permite la detección y análisis de síntomas musculoesqueléticos, que aún no constituyen una enfermedad. Este cuestionario fue aplicado a modo de entrevista a un total de 79 trabajadores pertenecientes a 67 organizaciones de esta actividad. (Ver Anexo A)

Ilustración 3. Ubicación de unidades productivas



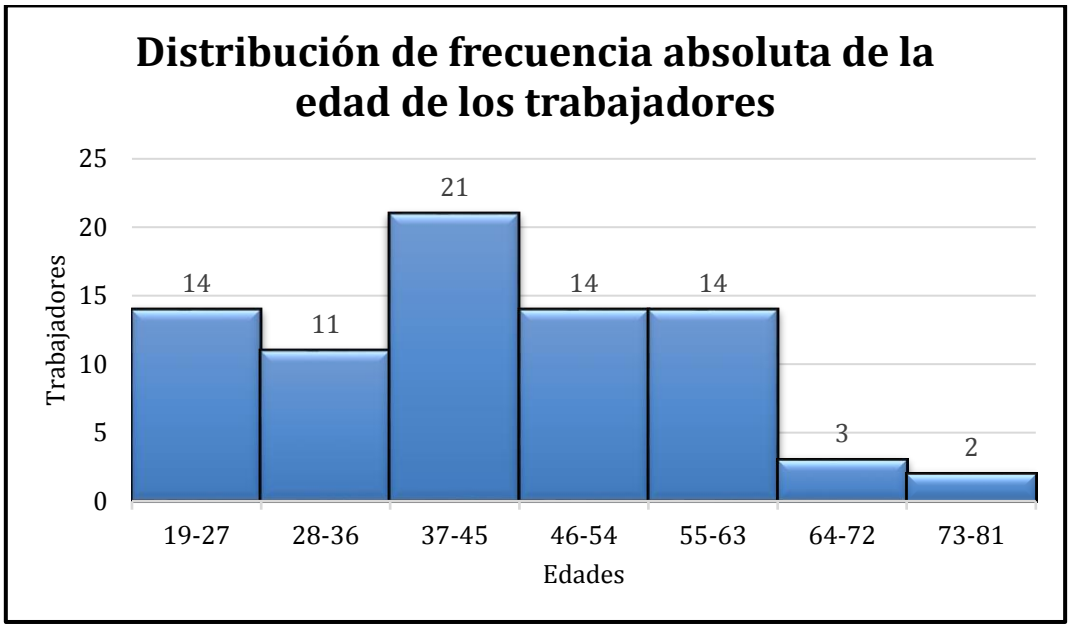
Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, 2010

En la ilustración 3 se puede apreciar las comunas en las cuales se encuentra dividido el municipio de Soacha y la cantidad de cuestionarios aplicados en cada una de ellas, teniendo como principal zona muestral las comunas de San Humberto y San Mateo con un total de 26 unidades cada una, por otra parte, en la comuna Cazuca el espacio muestral se redujo a 3 unidades debido a factores de seguridad que dificultan el acceso a esta, de las organizaciones que participaron en el estudio, el 98,7% son microempresas dado que cuentan con un personal no superior a los 10 empleados y el restante 2,3% pertenecen a pequeñas empresas (Artículo 2° de la Ley 590 de 2000, modificado por el Artículo 2° de la Ley 905 de 2004), valorado según el criterio número total de trabajadores establecido en el artículo 43 de la Ley 1450 de 2011. (Congreso de la Republica, 2011).

En la recolección de información se evidenció que el 100% de los trabajadores son del género masculino y es debido a que esta labor tiene un alto nivel de exigencia física; como por ejemplo “el uso de herramientas que requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana” (Pino, 1995). A pesar de que las mujeres cuentan con la capacidad de desarrollar diferentes actividades en el sector industrial, según (Todaro, Godoy, & Abramo, 2001) la perspectiva de los ejecutivos encuentra que el trabajo en estas áreas tiene más inconvenientes para ellas, puesto que requieren mayor esfuerzo físico y

sacrificio, además “se realizan muchas veces en turnos de noche, en ambientes poco gratos (sucios) y que revisten algún grado de peligrosidad”.

Gráfico 1. Edad de los trabajadores



Fuente: Autores

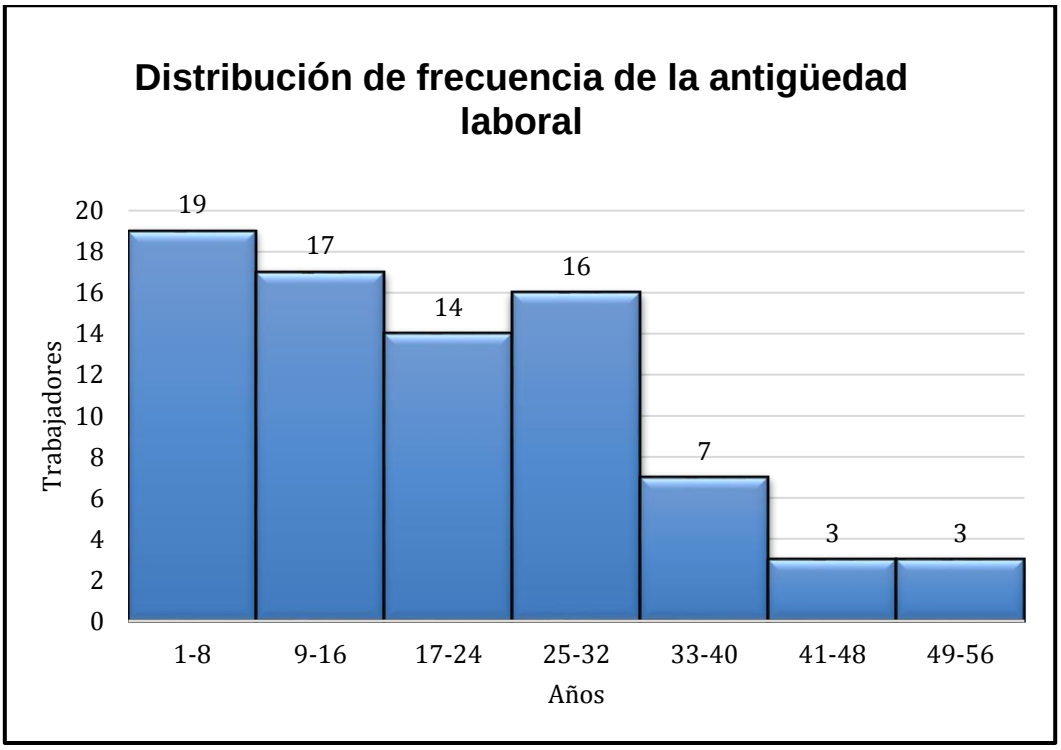
Se encontró que los trabajadores pertenecientes a esta actividad tienen un rango de edad entre 19 y los 75 años, donde la mayor frecuencia está dada entre los 37 a los 45 años con un total de 21 operarios, además se aprecia que existe una medida polimodal en los rangos 19-27, 46-54 y 55-63 dado que cuentan con una frecuencia de 14 trabajadores cada uno.

El trabajo infantil en esta labor no es tan notorio como en otros sectores tales como: Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con una tasa del 44,4 % del total nacional (DANE, 2018), pero se halló que el 39% de casos manifiestan haber comenzado en esta labor antes de cumplir su mayoría de edad; donde los más jóvenes iniciaron a los 10 y 12 años. Para el año 2012 el Observatorio del Bienestar de la Niñez reveló que el 35% de los niños y adolescentes vinculados a alguna actividad laboral lo hacen porque les gusta trabajar y tener su propio dinero, mientras por otra parte el 35% dice que es su

obligación participar en el negocio familiar, mientras tanto el 14,9% tiene que ayudar con los gastos de la casa y costear sus propios estudios (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2013).

Por otra parte surgieron casos donde el inicio en este trabajo fue dado a una avanzada edad, donde el 2% de la muestra empezó después de los 50, como por ejemplo un mecánico que inició en este ejercicio a la edad de los 58 años; debido a la experiencia adquirida como conductor de transporte público, acompañado de la necesidad de poder trabajar desde la comodidad de su hogar, según un estudio sobre la situación económica en la tercera edad este suceso está dado por dos situaciones "aquéllos que lo hacen para sobrevivir, aun en condiciones precarias, y los que lo hacen en condiciones dignas, con pleno uso de sus capacidades y experiencia acumuladas" (Nieto, 1999).

Gráfico 2. Antigüedad laboral



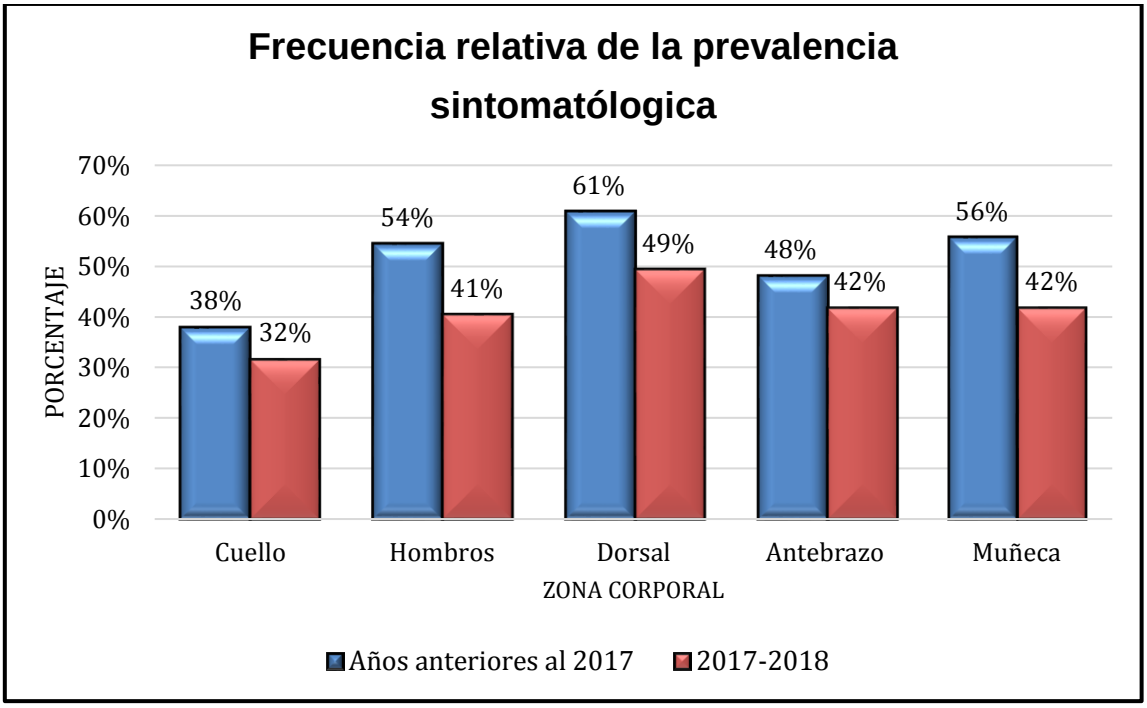
Fuente: Autores

Se encontró que el 24% de la muestra equivalente a 19 operarios tienen una antigüedad laboral entre 1 y 8 años, siendo el rango de mayor frecuencia, además se puede apreciar que en los rangos de 41-48 y 49-56 encontramos una medida bimodal con 3 operarios en cada uno de ellos.

El 82% expresa haber sentido o sufrido alguna sintomatología musculoesquelética a causa de su labor, exponiendo que el trabajo por debajo de los automotores, las posturas prolongadas, levantamiento de cajas, llantas y además del manejo de herramientas han causado estas dolencias, es importante decir que del 18 % restante, el 4% se encuentra en la entre la etapa de adolescencia y juventud los cuales hasta ahora inician en este ejercicio pero también hay casos donde el personal se ubican en la etapa de tercera edad y adultez representando un 3% y 11% respectivamente, los cuales señalan que jamás han sufrido de este tipo de molestias.

La identificación de sintomatologías estuvo enfocada a las partes anatómicas superiores como: Cuello, Hombros, Zona Dorsal o Lumbar, Codo o Antebrazo y Manos y Muñeca.

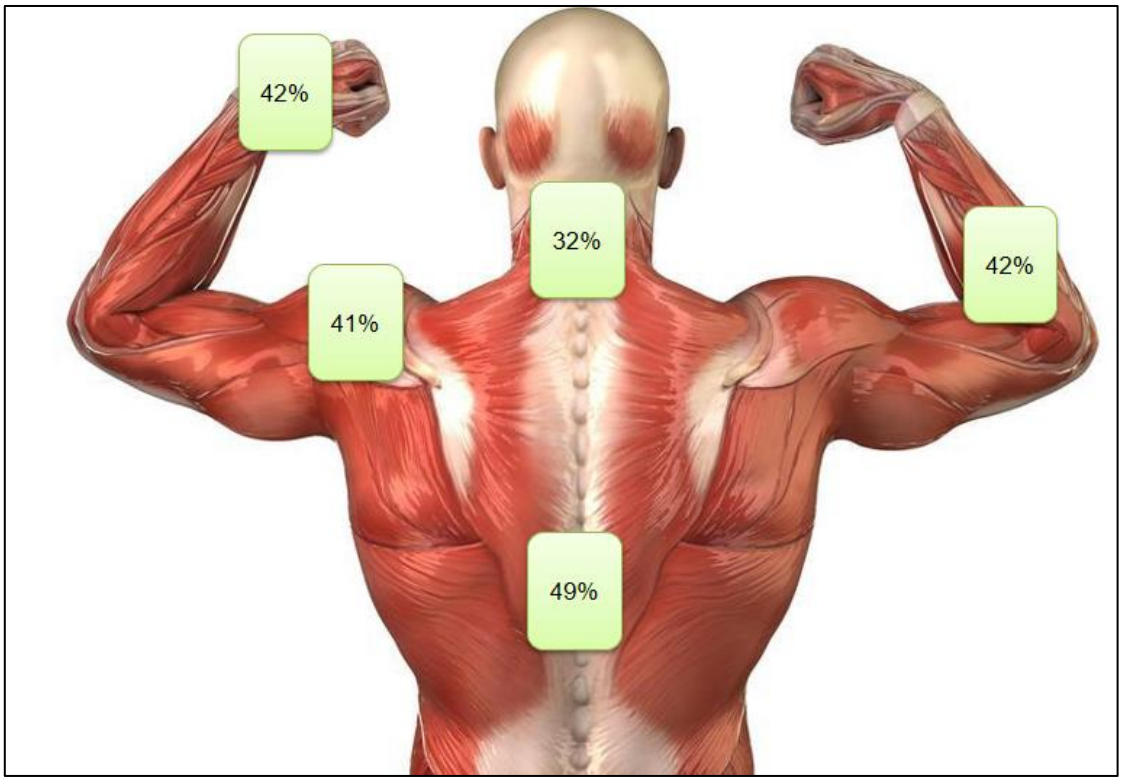
Gráfico 3. Prevalencia sintomatológica



Fuente: Autores

La prevalencia de dolencias musculoesqueléticas más significativa se presentó en la zona dorsal o lumbar con un 61%, seguido de mano o muñeca con un 56%, hombros con un 54%, y la zona corporal con menor incidencia fue cuello con 38%.Por otra parte, del total de la muestra que presento algún microtraumatismo en su vida laboral, en los en los últimos 12 meses el 69% de ellos han presentado alguna clase de sintomatología musculoesquelética, manteniendo la proporción, en cuyo caso la mayor prevalencia se encuentra en la zona dorsal o lumbar con un 49% seguida de muñeca o mano y codo o antebrazo con 42%, la zona del cuello con la prevalencia más baja con 32%; es importante resaltar que los porcentajes anteriormente ilustrados están basados sobre el total de la muestra y por ende son independientes por cada zona anatómica.

Ilustración 4. Prevalencia sintomatológica en el último año

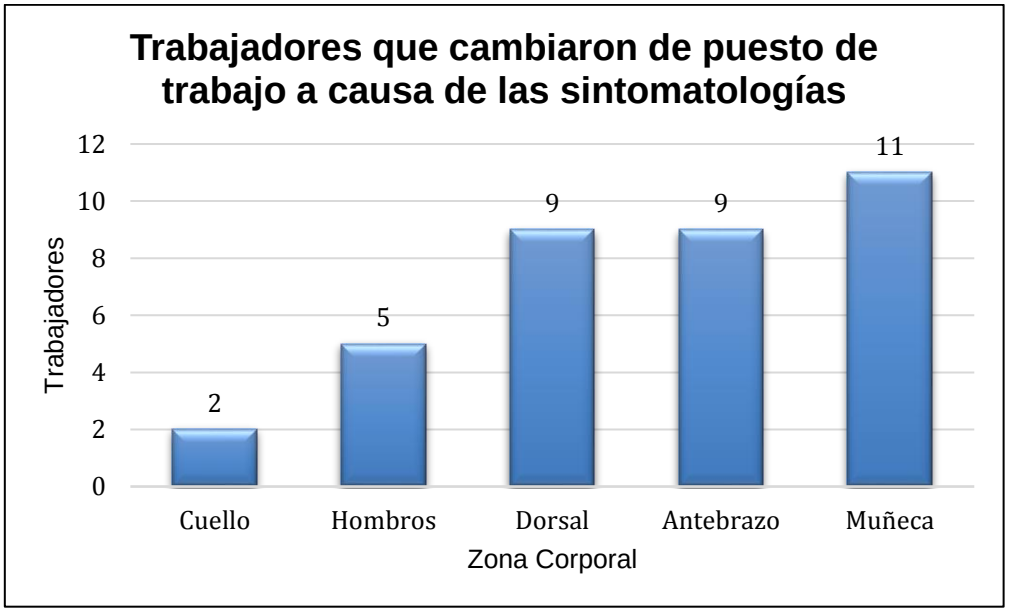


Fuente: Autores

La ilustración 4 muestra la prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas percibida por los trabajadores en el último año, algunos de ellos relacionaron que habían sufrido dolencias en una o más regiones, es por ello que la sumatoria de los porcentajes no es igual al 100%.

Este sector tiene una variedad de trabajadores que han llegado a esta labor por diferentes razones ya sea como la vocación, la inducción desde la niñez, como un hobby y demás. No obstante, las dolencias presentadas por las actividades ejercidas en esta ocupación han llevado a cambiar su puesto de trabajo dentro de esta misma labor por cortos periodos de tiempo, con el fin de disminuir estas molestias ya que les impiden llevar una vida con normalidad, tal como muestra el Grafico 5, donde la mayor causa ha sido las dolencias en manos o muñecas con una frecuencia de 11 mecánicos, además se refleja una medida bimodal entre la zona dorsal y el antebrazo con 9 casos cada una y la región que influencio con menor relevancia en el cambio de puesto de trabajo fue el cuello con una frecuencia de 2 situaciones.

Gráfico 4. Cambio puesto de trabajo



Fuente: Autores

El dolor entendido como una percepción sensorial o emocional desagradable, es decir es la manera en que el cuerpo expresa que algo no está funcionando correctamente, según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) el dolor es subjetivo a cada persona (International Association for the Study of Pain, 1994), es por ello que por medio de una escala numérica de dolor se indago sobre los niveles percibidos en las zonas corporales donde se presentaba la sintomatología.

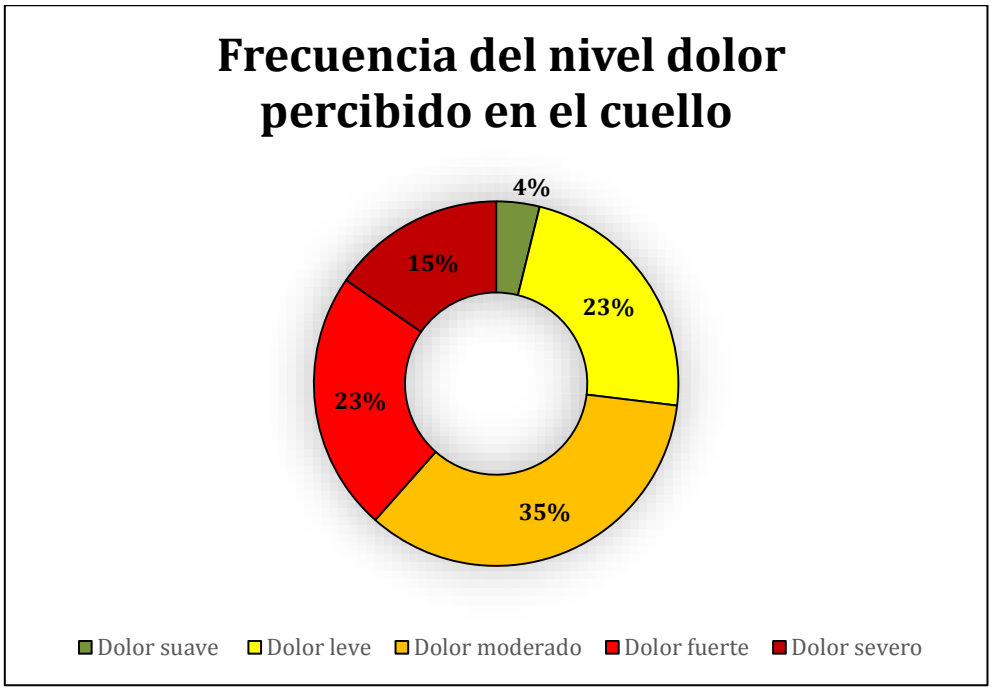
Tabla 4. Escala numérica de dolor

ESCALA NUMERICA DE DOLOR				
Dolor suave	Dolor leve	Dolor moderado	Dolor fuerte	Dolor severo
1	2	3	4	5

Fuente: Autores

En los siguientes gráficos se aprecian los niveles de dolor que ha percibido la muestra en cada una de las zonas corporales evaluadas.

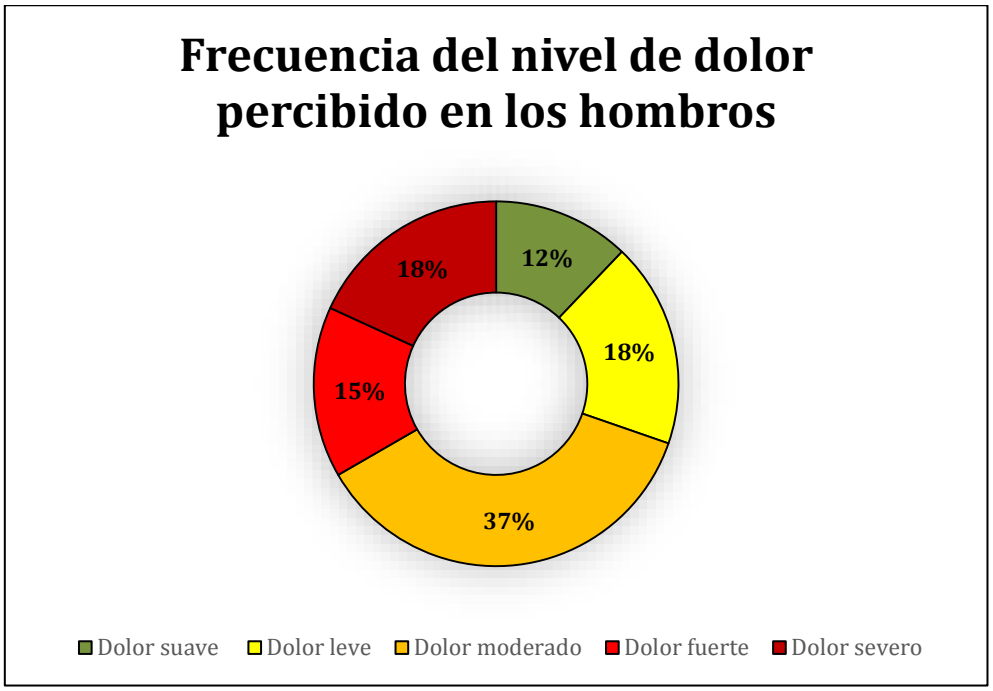
Gráfico 5. Nivel de dolor (Cuello)



Fuente: Autores

El cuello es la zona corporal con menor prevalencia de dolencias musculoesqueléticas con un 32%, equivalente a 25 trabajadores, donde el 35% de ellos vincularon que el nivel de dolor más predominante es 3. Por otra parte, se aprecia una medida bimodal entre las escalas de dolor leve y fuerte con un 23%.

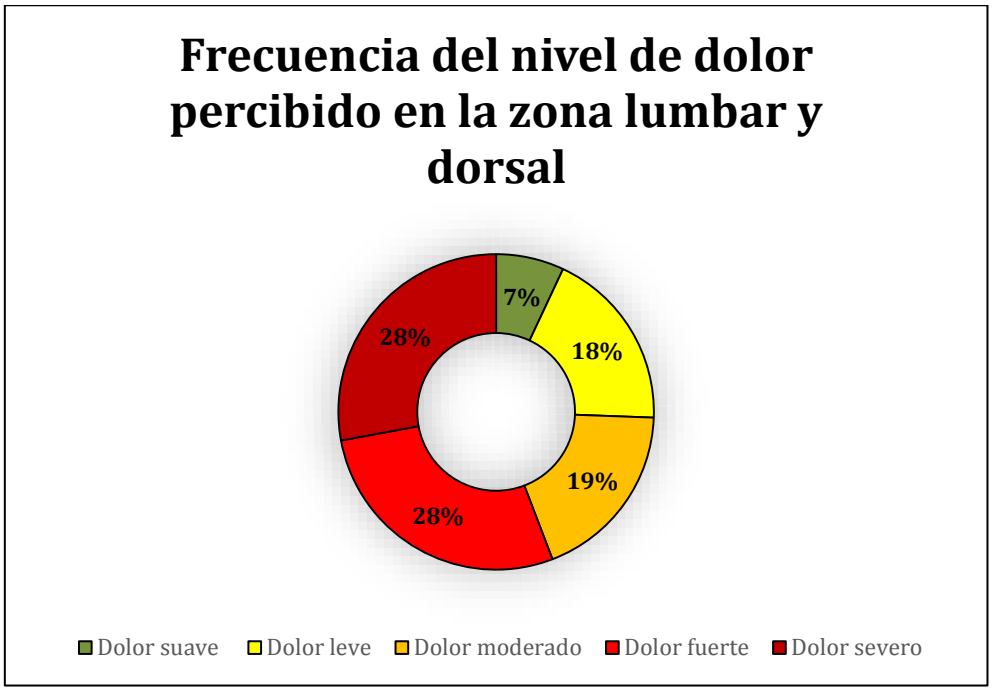
Gráfico 6. Nivel de dolor (hombros)



Fuente: Autores

La región de los hombros conto con una preponderancia del 41% del total de la muestra, la cual equivale a 32 trabajadores, donde la mayor frecuencia del nivel dolor percibido por los trabajadores en esta zona fue “moderado” con un 37%, también se puede evidenciar una medida bimodal entre el dolor leve y el dolor severo con un 18%.

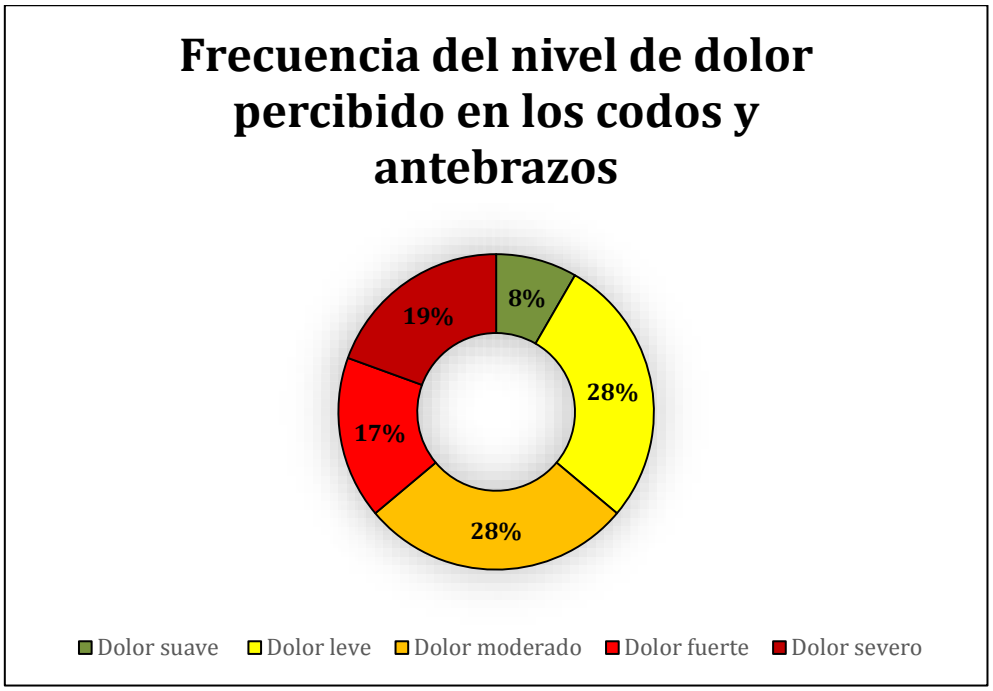
Gráfico 7. Nivel de dolor (Lumbar y dorsal)



Fuente: Autores

La zona lumbar y dorsal presenta la mayor prevalencia de dolencias musculoesqueléticas con un 59%, equivalente a 39 trabajadores del sector, donde la mayor frecuencia del nivel de dolor percibido por los trabajadores se encuentra en los niveles 4 - 5 haciendo referencia a un dolor fuerte y muy severo con 28% cada uno, es decir, el 56% de los trabajadores, clasifican el dolor percibido en los niveles más altos de esta escala

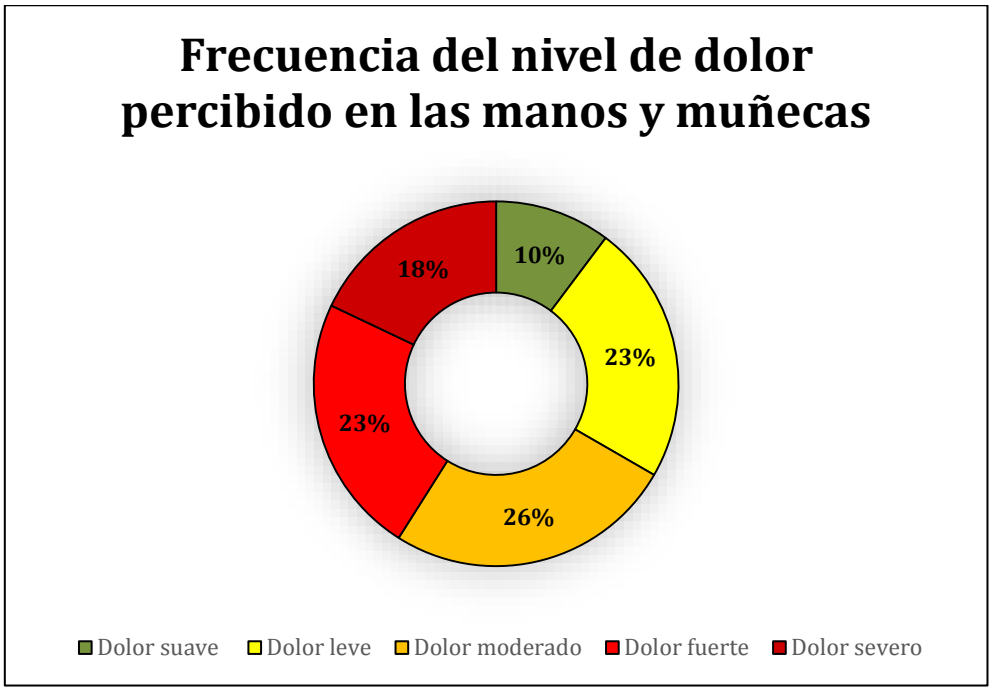
Gráfico 8. Nivel de dolor (codos y antebrazos)



Fuente: Autores

Las dolencias musculoesqueléticas en la región de codos y antebrazos cuentan con una prevalencia de 42%, equivalente a 33 trabajadores, los cuales relacionaron que el nivel de dolor percibido, con mayor frecuencia esta dado en los niveles de leve y moderado con un 28% cada uno, por otra parte, la menor frecuencia corresponde a dolor suave con un 8%.

Gráfico 9. Nivel de dolor (mano y muñecas)



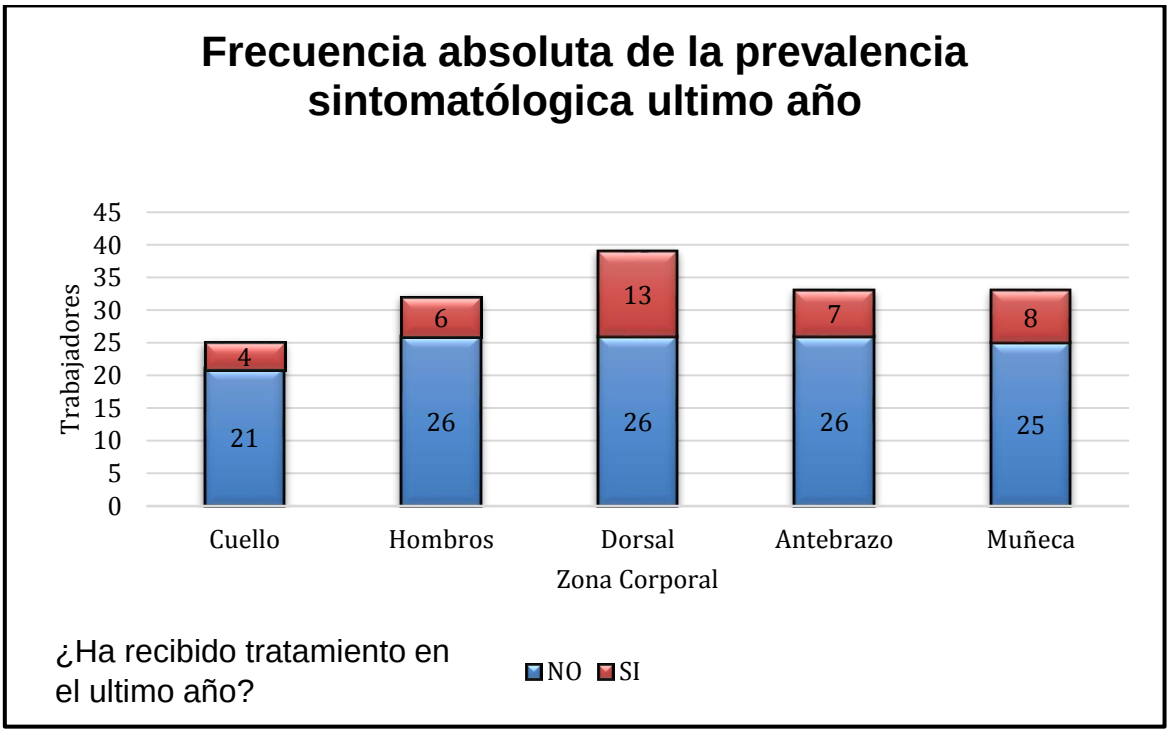
Fuente: Autores

Las dolencias musculoesqueléticas en las manos y muñecas presentaron una prevalencia del 42% del total de la muestra, equivalente a 33 trabajadores del sector, los cuales relacionaron, que el nivel de dolor percibido con mayor frecuencia es de 3 correspondiente a un dolor moderado, también se puede observar que hay una medida bimodal entre los niveles 4 y 5 con un 23%.

En promedio se manifiesta que las dolencias musculoesqueléticas en cada una de las zonas anatómicas evaluadas tienen un tiempo de antigüedad entre los 5 y 7 años, sin embargo, algunos de ellos han percibido estas dolencias por más de 20 años a causa de su labor en la mecánica, ocasionándoles dificultades para ejecutar su trabajo diario, no obstante del 69% de la muestra que tuvo alguna sintomatología en los últimos 12 meses solo el 36% de ellos se vieron obligados a recibir tratamientos médicos desde la automedicación con antinflamatorios hasta tratamientos con seguimiento médico por la complejidad de la molestia, este porcentaje es bajo debido a que ellos prefieren tolerar el dolor en lugar de invertir tiempo y dinero en medicina, además no están dispuestos a perder uno o más días de trabajo, dado que en algunos casos no cuentan con afiliación a ARL y EPS, que cubra los gatos de incapacidad.

Las sintomatologías musculoesqueléticas tienen diferentes tratamientos en primer lugar el suministro de analgésicos, guiado por la escalera analgésica de la OMS (Organización Mundial de la Salud) (Díaz, 2005),antinflamatorios no esteroides, infiltraciones con corticosteroides, incluyendo el uso de férulas, terapia física, aplicación de medios físicos con ultrasonido, cargas galvánicas, uso de ondas de choque extracorpóreas, intervención quirúrgica según la severidad y evolución de la patología, entre otras que son aplicadas de acuerdo al TME (trastornos musculoesqueléticos) (Cárdenas, 2010).

Gráfico 10. Tratamiento médico



Fuente: Autores

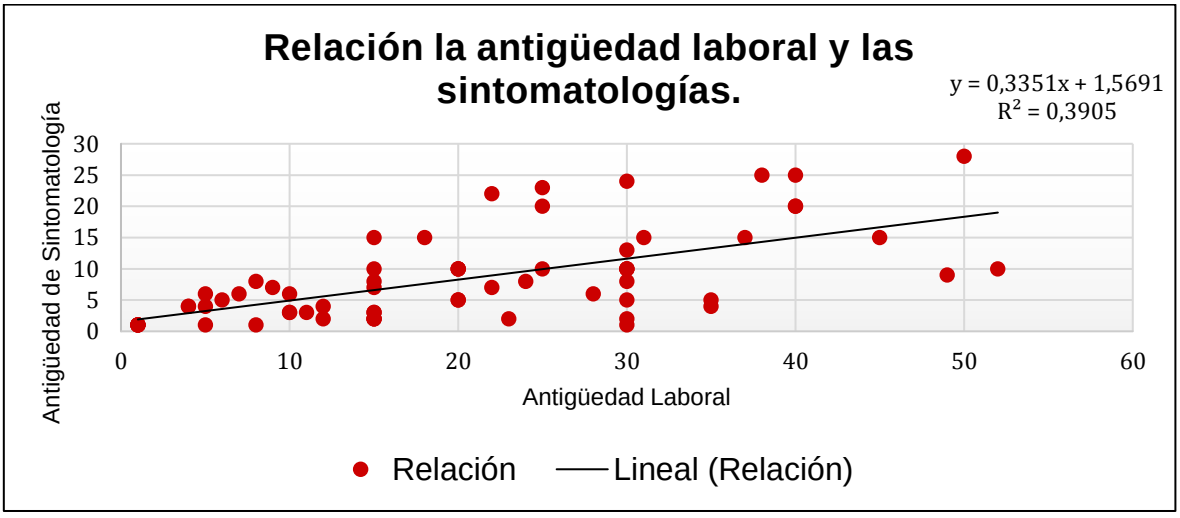
En el Gráfico 10. se observa la cantidad de trabajadores que en el último año sufrieron alguna sintomatología por cada una de las zonas corporales, también se puede evidenciar que en ninguna de las zonas evaluadas superaron el 50% en la asistencia médica o por lo menos en la automedicación farmacológica para la reducción o eliminación del dolor obtenido a causa de su trabajo, la región dorsal obtuvo un 33% siendo la zona con mayor asistencia y el cuello obtuvo un 16% siendo la de menor. La OIT (Organización Internacional del trabajo) estima que las enfermedades de origen

laboral derivan grandes costos para los trabajadores y su familia, “así como para el desarrollo económico y social de los países, esta organización estima que los accidentes y las enfermedades profesionales originan la pérdida del 4% del producto interno bruto (PIB)” (Ordóñez, Gómez, & P. C, 2016),en cuanto al sistema general de riesgos laborales en Colombia, expertos aseguran un creciente aumento en los costos derivados de desórdenes musculoesqueléticos de origen laboral, de esta manera “las estrategias actuales limitan su alcance al desarrollo de programas de intervención clínica y rehabilitación” que no contribuyen en ningún aspecto a la prevención de DME (Rincones Ortiz & Castro Calderón, 2015), señalando la necesidad de incluir técnicas, métodos y herramientas que mitiguen los riesgos biomecánicos.

La regresión lineal es un método estadístico inferencial que tiene como finalidad la obtención de una función lineal de una variable predictora que también es llamada independiente y a partir de ella explicar o pronosticar los valores que tome un criterio o también llamado variable dependiente (Rodriguez Jaime & Morar Catalá, 2001).

Para valorar el modelo de regresión lineal dentro de la investigación fue necesario determinar dos variables una de ellas independiente y otra de ella dependiente, las cuales fueron la antigüedad laboral y la antigüedad de la sintomatología respectivamente, es necesario hacer énfasis en que solo se tuvo en cuenta el 82% de la muestra porque fueron los que manifestaron dolencias musculoesqueléticas a causa de su trabajo.

Gráfico 11. Regresión lineal



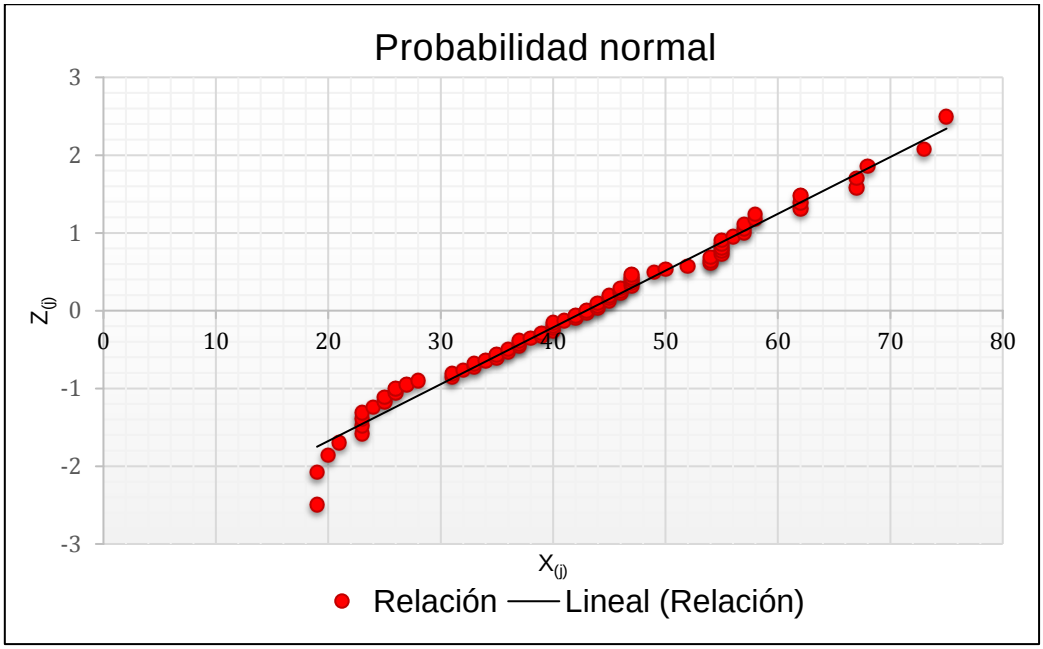
Fuente: Autores

La solución del modelo matemático dio como resultado la ecuación lineal $Y = 0{,}3351x + 1{,}5691$, donde se determinó que el coeficiente de determinación R^2; el cual indico que la proporción de variación total de la antigüedad de la sintomatología solo se le atribuye el 39.05% a la variable de antigüedad laboral, esto quiere decir que el ajuste lineal no es perfecto (Rodríguez, 2005), además de ello se evidencio que el coeficiente de correlación R es de 62.49%, esto indica que la fuerza de asociación entre las variables anteriormente mencionadas se encuentran en un rango determinado como fuerte (Martínez, Ortiz, Rios, & Acosta, 2010), lo cual lleva inferir que a mayor tiempo de exposición en esta labor sin tener un control en los riesgos biomecánicos presentes habrá una mayor probabilidad de adquirir microtraumatismo a causa de fuerzas mecánicas, y con ello presente es posible que esto conduzca a una lesión degenerativa de las articulaciones de los trabajadores (Armijo O, Aqueveque A, & Rodríguez A, 2002).

La edad de los participantes en la muestra es una variable que tiene una gran importancia en la investigación dado que es independiente, por consiguiente, la antigüedad laboral y de las sintomatologías dependen de esta, es por ello que se acreditara lo dicho por (Álvarez & Jurgenson, 2003) …"la selección de la muestra resulta crucial, puesto que al obtenerse mediante la aleatoriedad se aspira que tal muestra tenga la misma distribución normal del universo y, por ende, los resultados obtenidos puedan generalizarse".

A continuación, se evidencia el grafico de probabilidad, constituido como una importante herramienta “para comprobar si un conjunto de datos puede considerarse o no procedente de una distribución normal” (Díaz S & Fernández S. , 2001).

Gráfico 12. Probabilidad normal



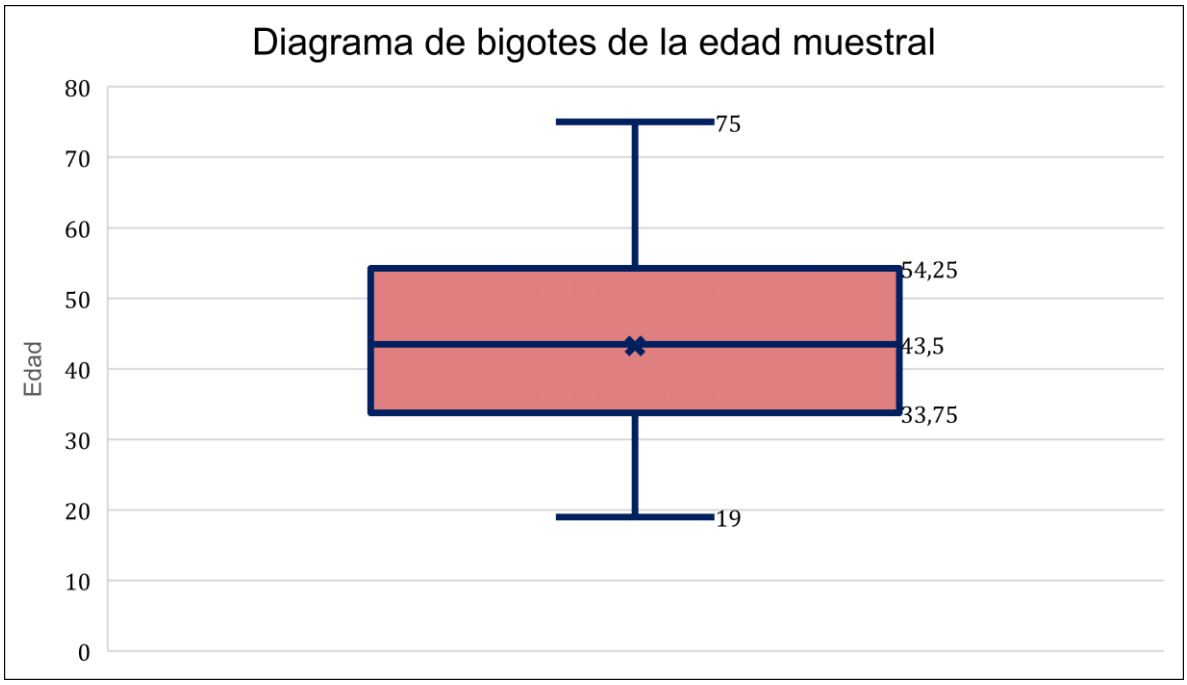
Fuente: Autores

El grafico 12. muestra el eje $Z_{(j)}$ el cual es denominado como los puntajes estandarizados, los cuales son la imagen inversa de la distribución normal estándar de la frecuencia acumulada y un eje $X_{(j)}$; también llamado las edades de la muestra, la línea de relación expone que tan agrupados están los datos y según (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013) se debe prestar una mayor observación a los puntos que están ubicados en el medio de ella, que a los que se encuentran en los extremos y asimismo se observa que la gran mayoría de los puntos están sobre la línea, por ende no hay evidencia que diga que los datos no pertenecen a una distribución normal.

Evidenciando que los datos pertenecen a una distribución normal, se le dio un tratamiento estadístico por medio de la herramienta llamada Diagrama de caja o de bigotes, el cual permitió determinar el 50% de los datos de mayor confiabilidad de la muestra debido a

que agrupa el cuartil uno y tres, cerca de la mediana la cual es una medida de tendencia central.

Gráfico 13. Probabilidad normal



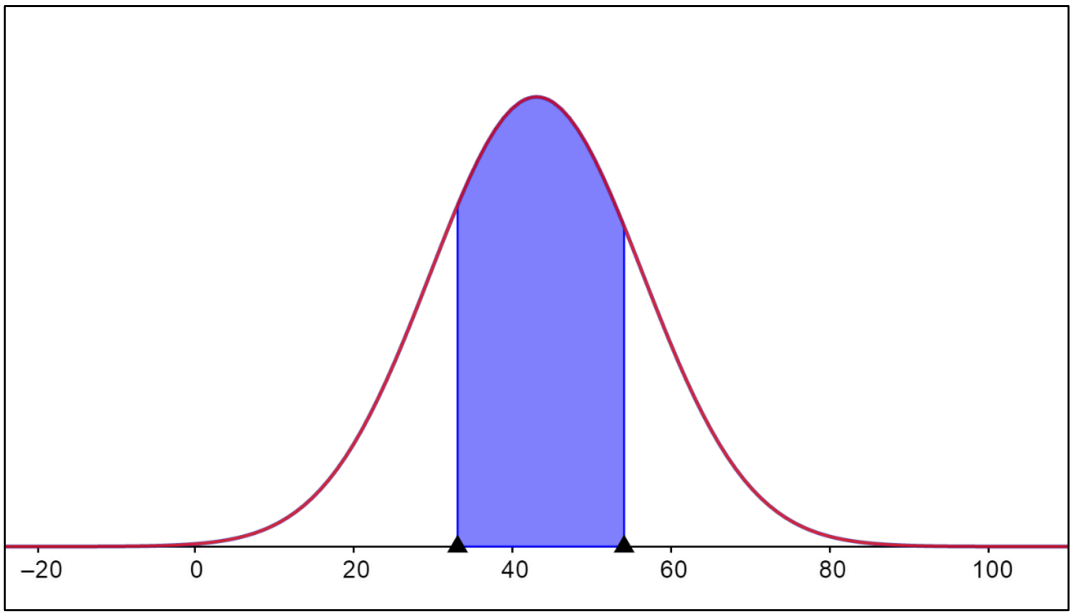
Fuente: Autores

En el grafico 13 se puede apreciar que hay una variación de datos entre 19 y 75 años, con ello se refleja que esta labor es ejercida por personas de las edades más jóvenes hasta los de la tercera edad, pero donde se agrupa una mayor cantidad muestral es dentro de los rangos del cuartil uno con una edad 33 años (aproximada por defecto) y el cuartil tres con una edad de 54 años (aproximada por defecto), con una mediana de 43.5 años, además de esto se puede apreciar que la longitud que tiene el bigote del cuartil tres tiene una mayor longitud lo que quiere decir que existe un sesgo hacia las edades entre 54 y 75 años de edad, es decir que hay un mayor número de trabajadores en este rango de edad.

La distribución normal es un punto importante en la estadística, no solo por su utilidad en modelos de teorías de errores, biometría y hasta la antropometría que está ligada

directamente a la ergonomía, sino también al desarrollo de la inferencia con pequeñas muestras (Tauber, 2001), es por ello que considerando los resultados del diagrama de bigotes y la probabilidad de encontrar aleatoriamente operarios entre un rango de edad de los 34 a los 54 años en el municipio de Soacha, se obtuvo el siguiente resultado.

Ilustración 5. Distribución normal de la edad de los trabajadores



Fuente: Autores

El promedio de edad de la muestra fue 42.9 años el cual fue aproximado por exceso a 43, la desviación estándar de la distribución tiene un valor de 7.9 unidades, y considerando la correspondencia entre probabilidad y área, se puede concluir que la probabilidad de encontrar un operario aleatoriamente entre las edades de 33 y 54 años está dada por Z= -0.75 y Z=0.82 respectivamente, en otras palabras, hay una probabilidad del 57% de hallar operarios con estas características.

A partir de los resultados obtenidos se identificó que, en la actividad de mantenimiento y reparación de automotores, los trabajadores se encuentran expuestos a un conjunto de riesgos biomecánicos tales como: levantamiento de cargas, posturas forzadas sostenidas, movimientos repetitivos en miembros superiores; (Juno Natarén & Noriega Elío, 2004) lo cual se ve reflejado, en las sintomatologías musculo esqueléticas

presentadas en el 82% del total encuestado. En Colombia la mayoría de los trastornos músculos esqueléticos por exposición a riesgos biomecánicos, están relacionados con las extremidades superiores y espalda, corroborando el resultado de la aplicación del cuestionario nórdico estandarizado, cuya mayor prevalencia de estas, reposa en espalda, hombros, brazos, antebrazos, muñecas y manos (Tolosa-Guzmán, 2014).

Los factores de riesgo biomecánicos en esta actividad relacionados a las posturas de trabajo (Carga estática), se ven evidenciados en las actividades donde el trabajador debe permanecer fuera de la posición corporal neutra, estando cerca a los límites de la articulación (posturas forzadas o extremas),involucrando mayormente miembros superiores, cuello y tronco, igualmente mantenidas por un prolongado lapso de tiempo, a causa de ello se produce una reducción del flujo sanguíneo a los músculos, generando con rapidez la fatiga muscular. (Ministerio de Potección Social, 2011).

Por otra parte, “la carga estática es la ocasionada por el trabajo muscular durante el movimiento repetitivo o durante acciones esforzadas como el levantamiento y transporte de cargas o pesos” (Ministerio de la Protección Social, 2011). La realización de movimientos repetitivos en extremidades superiores también es comúnmente encontrada en los procesos pertenecientes al mantenimiento y reparación de automotores, en especial a la actividad de torque , lo cual involucra acciones técnicas estáticas (contracción de los músculos continua o mantenida por 5 segundos o más) y dinámicas(sucesión periódica de tensiones y relajamiento de los músculos actuantes de corta duración); es decir repetición e invariabilidad en el trabajo, haciendo referencia a las actividades que se repiten lo largo del tiempo, sumado al uso de herramientas manuales, impidiendo que estructuras del cuerpo se recuperen, por lo que implica un riesgo elevado de contraer lesiones (Arenas Ortiz & Cantú Gómez, 2013), otro factor de riesgo presente es la manipulación o levantamiento de cargas que son realizadas en condiciones ergonómicas inadecuadas, levantamientos desde el nivel del piso, con posturas forzadas, frecuentemente, agarre inadecuado y pesos que sobrepasan el peso máximo de manipulación (Juno Natharen & Noriega Elio, 2004).

CAPITULO IV

4. FASE II EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para la evaluación de riesgos biomecánicos se seleccionaron algunos de los procesos de la actividad de mantenimiento y reparación de automotores identificada con el código C.I.I.U. 4520 (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018), tales como Alineación de llantas, Cambio de: Aceite, Bomba de agua, Resorte de retención en el sistema de frenos y caja de velocidades, los procesos previamente mencionados fueron documentados considerando que ellos están asociados a los factores de riesgo biomecánicos identificados en la anterior fase de la investigación, mediante el uso de diagramas de flujo del proceso los cuales permitieron la visualización a detalle de cada una de las operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenamientos (Niebel & Freivalds, 2009), la información proporcionada por ellos permitió determinar los tiempos de exposición relacionados a los factores de riesgo presentes en cada actividad; según el Ministerio de la Protección Social (2011) la carga estática (posturas) está presente en aquellas actividades donde se origina una prolongada contracción muscular, por el contrario la carga dinámica es “ocasionada por el trabajo muscular durante el movimiento repetitivo o durante acciones forzadas como el levantamiento y transporte de cargas o pesos”, lo cuales se convierten en un factor de riesgo cuando estos superan el 50% de la duración total, los métodos de realización de fuerzas, herramienta ,agarres son inadecuados o el esfuerzo realizado no es proporcional al tiempo de recuperación, referente a esto se aplicó la evaluación RULA, a los procesos de alineación, cambio de: bomba de agua, aceite, resortes de retención, debido a la carga estática que involucran estos procesos, por otra parte el método OCRA fue aplicado al cambio de bomba del agua, dado que la carga dinámica evidenciada representa el 51% del tiempo total empleado para el desarrollo del proceso, por último se hizo uso de la ecuación de NIOSH en el cambio de caja de velocidades, ya que en este, el operario debe levantar cargas con peso superiores a los 23 kg, en condiciones inadecuadas.

4.1. RULA (Evaluación de la carga postural)

La excesiva carga postural es uno de los principales factores de riesgo encontrados en esta actividad, puesto que contribuye a la aparición de trastornos musculoesqueléticos, esta es dada cuando el trabajador se encuentra “fuera de la posición corporal neutra por un determinado tiempo”, (López Torres, González Muñoz, Colunga Rodríguez, & Oliva

López, 2014). Existen varios métodos para medir el grado de riesgo al que se encuentra expuesto el trabajador por la adopción de posturas inadecuadas, “algunos de ellos solamente contemplan valoraciones posturales de distintos segmentos del cuerpo” (García García, Sánchez-Lite, Camacho, & Domingo, 2013), mientras que otros como el RULA valoran además factores físicos de exposición como la duración, frecuencia y fuerzas ejercidas cuando se mantiene determinada postura, este método fue aplicado mediante la observación, con apoyo de evidencias fotográficas y videográficas, además de ello se hizo uso de la aplicación Ruler la cual permitió la determinación de los grados de inclinación de las partes anatómicas que se comprometen en las diferentes actividades que hacen los operadores en su puesto de trabajo.

RULA divide el cuerpo en dos grupos A y B, donde el primero en mención está conformado por las manos, antebrazo y brazo, el grupo b está constituido por el cuello, tronco y piernas, en la siguiente imagen se observan los grupos A y B de evaluación

Con referencia a la información mencionada anteriormente, la valoración del nivel de riesgo al que se encuentra sometido el operador cuenta con los posteriores aspectos a consideración para cada una de las zonas anatómicas evaluadas, es importante precisar que la calificación final que da como resultado el método es proporcional al riesgo que genera la tarea, en otras palabras esto quiere decir que los valores más altos denotan mayores posibilidades de contraer lesiones músculo esqueléticas (Escalante, 2009).

Tabla 5. Variables evaluadas por el método RULA

GRUPO A	
Brazos	• Ángulo formado • Posición de los hombros
Antebrazos	• Posición • Ángulo
Muñeca	• Grado de flexión • Desviación radial o cubital • Giros
GRUPO B	
Cuello	• Flexión • Rotación o inclinación
Tronco	• Posición • Torción o inclinación
Piernas	• Peso • Apoyo • Posición

Fuente: Escalante, M.,2018

4.1.1. Proceso de cambio de fluidos mecánicos

Tabla 6. Ficha de proceso cambio de aceite

Ficha de procesos automotores		
Nombre del proceso:	Cambio de aceite	
Objetivo:	Reducir el rozamiento de las piezas mecánicas que intervienen en el funcionamiento del motor, evitando su desgaste anticipado. además de ello por medio de los filtros se evita que se traspase impurezas que impidan el rendimiento adecuado (Sion filtros, 2017)	
Alcance:	Aplicable para el cambio de fluidos de vehículos automotores,	
Recursos:	Herramientas manuales	Mano de obra
	Insumos	Repuestos
Periodicidad:	✓ Se recomienda realizar el cambio del aceite cada 5000 Km. ✓ Tener una medida de tiempo de mínimo 6 meses a los autos que no lleguen a los 5000 km.	

Fuente: Autores

Este es un proceso el cual se le debe hacer a todos los automotores, la diferencia que existe entre ellos es el lugar donde se encuentran ubicados el filtro, los espacios de inserción y vertimiento del aceite. En la siguiente imagen se podrá apreciar los lugares anteriormente indicados en una camioneta VAN N300 de transporte de materiales, la cual tiene ubicado el filtro, el depósito de aceite en la silla del copiloto y piloto respectivamente además de ello el drenaje del aceite ya utilizado por el auto estaba ubicado en la parte inferior de este.

Imagen 1. Van N300

Fuente: Chevrolet, 2018

Tabla 7. Ubicaciones de trabajo

Color	Ubicación
	Inserción de aceite
	Filtro del aceite
	Vertimiento del aceite

Fuente: Autores

En el siguiente cuadro se observa el resumen del Diagrama de flujo de proceso del cambio de aceite en este automotor (Diagrama completo se encuentra en el Anexo B.)

Diagrama 1. Diagrama de flujo del proceso, cambio de aceite

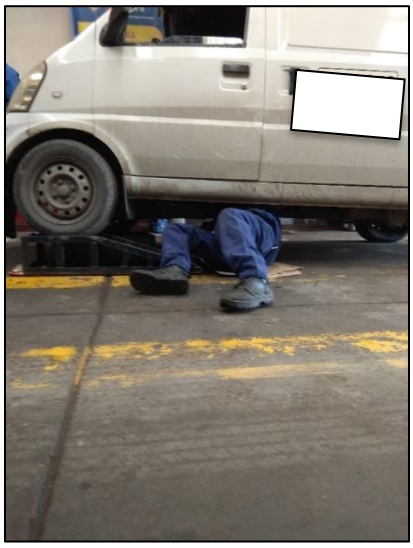
Diagrama de flujo de proceso					
EMPRESA:	Lubricantes Rom	RESUMEN			
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	EVENTO	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
PROCESO:	Cambio de aceite	OPERACIÓN		6	18,8
UNIDADES	1	TRANSPORTE		4	0,9
FECHA:	21/03/2018	RETRASOS		0	0
MÉTODO:		INSPECCIÓN		0	0
Presente		ALMACENAMIENTO		1	3,5
TIPO:	Trabajador	DISTANCIA (m)	44		
DIAGRAMA ELABORADO POR:	Mayra Vásquez-Andres Velandia	TIEMPO (min)	23.2		

Fuente: Autores

El cambio de aceite cuenta con 11 actividades, donde 6 de ellas son operaciones, 4 transporte, 1 recorrido de 44 m y 1 almacenamiento, con una duración total de 23.2 min de los cuales el 12% corresponde a actividades de carga dinámica (movimientos repetitivos). En este proceso se valoraron tres operaciones “donde las posturas

adoptadas por el trabajador suponía una carga postural más elevada" (Zagarra & Andara, 2012),con un porcentaje de exposición del 78% del total del tiempo empleado para llevar a cabo estas actividades; el primero de ellos es el trabajo por debajo del automotor en el cual se extrae el tornillo para el vertimiento del aceite quemado, donde el operario adopta posturas sobre su plano coronal posterior generando movimientos de torsión en su tronco para mantener un equilibrio en la zona lumbar y además de ello su cuerpo debe realizar movimientos de quinta clase los cuales consumen una cantidad de tiempo en el trabajo, normalmente esta clase de movimientos deben evitarse (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 113), esta operación estuvo divida en dos instancias con una sumatoria de tiempo de 3 min y con un porcentaje de participación del 12%, la segunda operación es la desinstalación e instalación del filtro de aceite, en donde se aprecia que el operario mantiene una postura inadecuada en la zona lumbar-dorsal y de su cuello por un tiempo de 10.8 min equivalente al 46.5% del total del tiempo empleado para llevar a cabo el proceso y para finalizar se encuentra el abastecimiento de aceite del automotor, donde el operario mantiene en su zona lumbar y cuello una postura fuera de la posición neutral del cuerpo, por un tiempo de 1.3 min equivalente a 5.3

Imagen 2. Posición decúbito supino, cambio de aceite



Fuente: Autores

En esta actividad el operario involucra los dos grupos anatómicos que evalúa el método Rula, dentro del grupo A la totalidad de sus extremidades superiores están comprometidas debido que los brazos-antebrazos mantienen una posición aducida, por

otra parte, las manos y muñecas deben hacer intercambios entre las posiciones de pronación y supinación. En el grupo B el cuello es una de las zonas anatómicas que mayor impacto tiene, debido a que hace una extensión, además de ello hace rotaciones he inclinaciones laterales para una mejor visualización, el tronco, aunque no hace flexión en su plano coronal posterior debe hacer torsiones con el fin de que el trabajo que hacen las extremidades superiores sea más sencillo.

Tabla 8. Rula, apertura del vertimiento de aceite

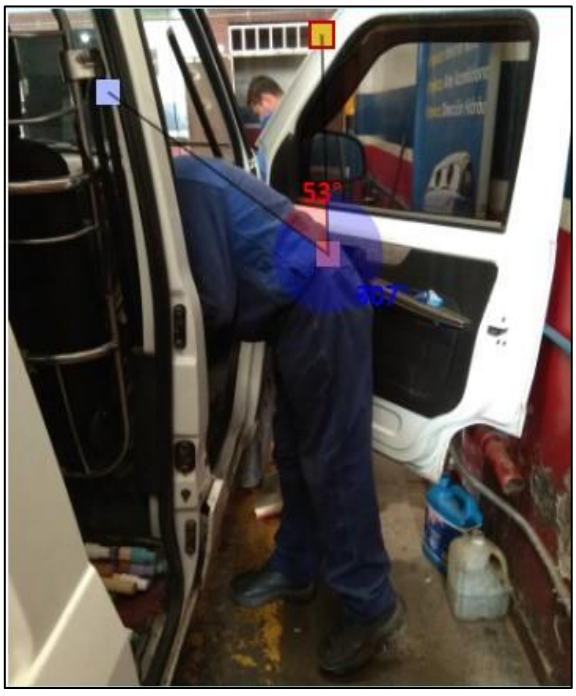
EVALUACIÓN MÉTODO RULA: APERTURA DEL VERTIMIENTO DE ACEITE			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión mayor a 90° Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	5
Antebrazo	(1-3)	No aplica Antebrazos con flexión mayor a 100°	3
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión de 0 a 15° Desviación radial	2
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	La acción sucede repetidamente (4 veces/min o más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión entre 0° y 10° Cuello rotado e inclinación lateral	3
Tronco	(1-6)	Tronco tiene una flexión entre 0° a20° Torsión hacia el lado derecho	4
Piernas	(1-2)	El peso no está distribuido El apoyo no es equilibrado	2
Tipo de actividad	(0-1)	Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga fuerza menor a 2kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			7
Nivel de riesgo (1-4)			4

Se requieren cambios urgentes en el puesto de trabajo.	

Fuente: Autores

Se hace la valoración del método Rula a la actividad de torque para el drenaje y sellado del recipiente de aceite quemado, en los grupos A y B del operario, obteniendo como resultado una puntación final 7 lo cual es equivalente a un nivel de riesgo 4 por ende se requieren cambios urgentes en el puesto de trabajo.

Imagen 4 Flexión de espalda, cambio de aceite



Fuente: Autores

Imagen 3. Flexión de cuello, cambio de aceite

Fuente: Autores

Imagen 5. Flexión de antebrazo, cambio de aceite

Fuente: Autores

En las imágenes 3,4 y 5 se puede visualizar que el trabajador en el grupo anatómico B, adopta una postura inapropiada puesto que su zona lumbar y cuello ejercen una flexión sobre el plano coronal anterior de 53° y 61° respectivamente, además de esto, el apoyo de sus pies no es simétricamente estable, Juno y Noriega (2004) afirman que las lumbalgias se relacionan con tareas cuando el cuerpo del operador recae solo en uno de los pies entre otras posiciones, igualmente en el grupo anatómico A se evidencia que además del trabajo ejercido por el tronco es necesario generar una posición de flexión de 143° sobre el antebrazo con el fin de tener un mejor alcance al automotor para la realización de la tarea, por otra parte, las manos y muñecas ejercen movimientos de segunda clase para llevar el trabajo y con ello se hizo presente intercambios entre posiciones de manos como flexiones, desviaciones cubitales, pronaciones y supinaciones en el momento de torque.

Tabla 9. Método RULA, cambio de filtro y abastecimiento de aceite

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: Cambio de filtro y abastecimiento de aceite			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión entre 20° y 45°	2
		Hombros elevados y abducidos	
Antebrazo	(1-3)	Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	3
		Antebrazo con extensión mayor 100°	
Muñeca	(1-4)	Flexiones y extensiones entre los 15°	3
		Desviación radial	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación y supinación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Existen agarres mayores superiores 1 min	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión a más de 20°	4
		Cuello con movimientos de rotación	
Tronco	(1-6)	Tronco tiene una flexión ente 20° y 60°	4
		Tronco con inclinaciones laterales	
Piernas	(1-2)	El peso no está bien distribuido	2
		El apoyo en el suelo no es simétrico	
Tipo de actividad	(0-1)	Postura principalmente estática	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2 Kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			7
Nivel de riesgo (1-4)			4
Se requiere cambios urgentes en la tarea			

Fuente: Autores

Se hace la valoración del método Rula a las actividades de abastecimiento de aceite y del cambio del filtro, debido a que manejan las mismas posiciones del cuerpo para llevar a cabo su objetivo, en los grupos anatómicos A y B, obteniendo como resultado una puntación final 7 lo cual es equivalente a un nivel de riesgo 4 por ende se requieren cambios de manera de inmediata al puesto de trabajo.

4.1.2. Proceso de cambio de resortes de retención

Tabla 10. Ficha de proceso, Cambio de resortes de retención

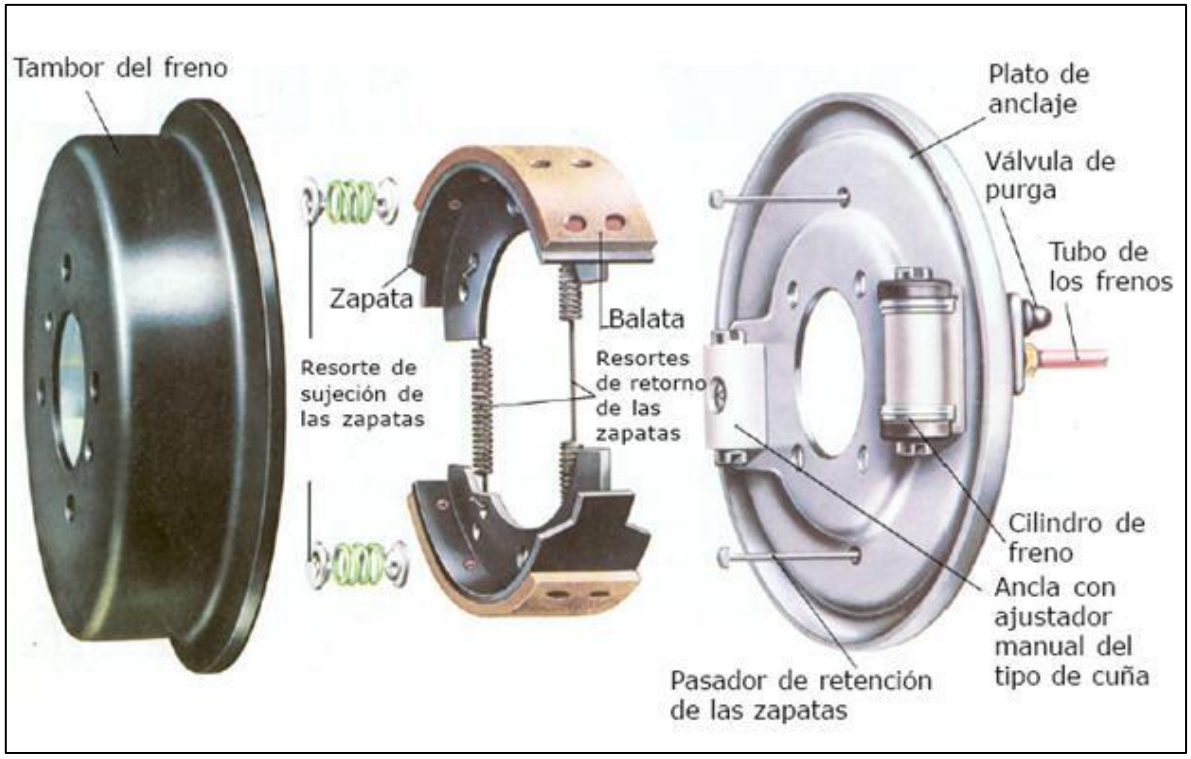
<table>
<tr><th colspan="3">Ficha de procesos automotores</th></tr>
<tr><th>Nombre del proceso:</th><th colspan="2">Cambio de resortes de retención</th></tr>
<tr><td>Objetivo:</td><td colspan="2">Realizar cambio a los resortes de retención.

Los resortes de retención son encargados de devolver a la posición de reposo las bandas internas de las llantas después de haber liberado la presión en el frenado (Campuseina, 2018)</td></tr>
<tr><td>Alcance:</td><td colspan="2">Aplicable para cambio de resortes de retención de vehículos automotores.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Recursos:</td><td>Herramientas manuales</td><td>Recurso humano</td></tr>
<tr><td>Insumos</td><td>Repuestos</td></tr>
<tr><td>Periodicidad:</td><td colspan="2">✓ Se recomienda realizar el cambio de los resortes cada vez que haya un cambio de balatas de freno.
✓ Cuando los resortes estén flojos, sueltos o por la deformación consecuente al cambio de temperatura al que se encuentran expuestos (Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo, 2011)</td></tr>
</table>

Fuente: Autores

Este proceso es gran importancia para todos los automotores debido a que el sistema de frenos es una de las partes que más se desgasta, ya sea por exceso de uso o por el tiempo de utilización que este tiene, es por ello que mediante mantenimientos preventivos se debe asegurar su buen estado (Ruano, 2016),en la siguiente imagen se visualiza las partes que conforman un sistema de frenado de tipo tambor.

Ilustración 6. Sistema de frenado tipo tambor



Fuente: Tecnofullpc, 2018

En el siguiente cuadro se observará el resumen del Diagrama de flujo de proceso del cambio de aceite de un automotor (Diagrama completo se encuentra en el Anexo C.

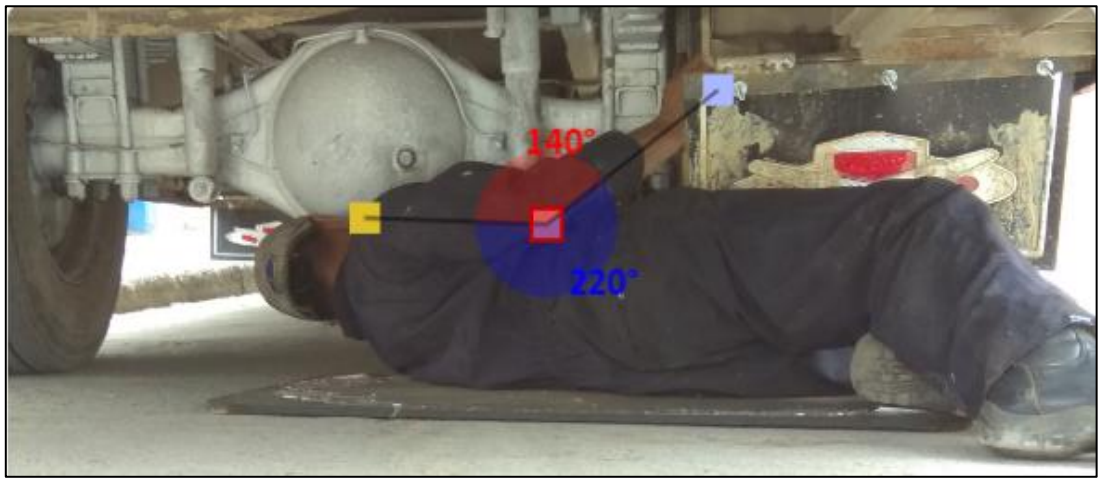
Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso, cambio de resortes

Diagrama de flujo de proceso					
EMPRESAS:	CubriServicios	RESUMEN			
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	EVENTO	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (min)
SERVICIO:	Cambio de resortes	OPERACIÓN		22	32,8
UNIDADES	1	TRANSPORTE		11	2,1
FECHA:	21/03/2018	DEMORAS		2	5,8
MÉTODO:		INSPECCIÓN		3	3,4
Presente		ALMACENAMIENTO		0	8,6
TIPO:	Trabajador	DISTANCIA (m)	125		
DIAGRAMA ELABORADO POR:	Mayra Vásquez-Andres Velandia	TIEMPO (min)	52.7		

Fuente: Autores

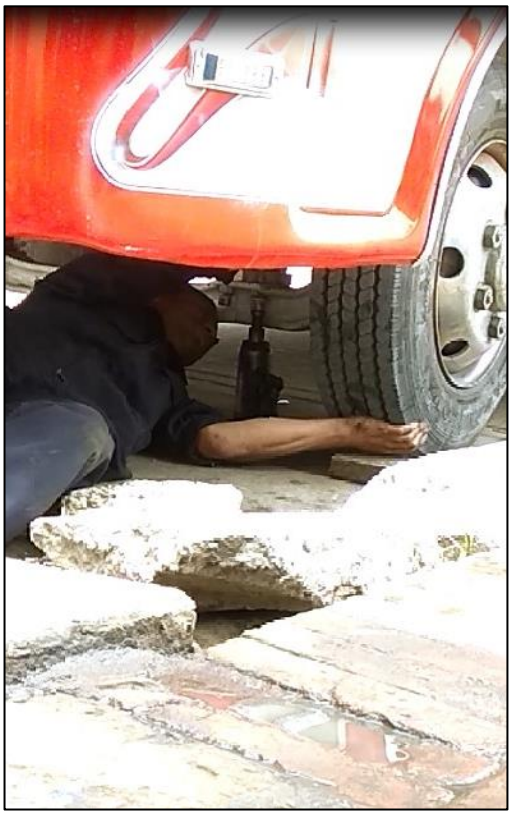
El proceso cambio resortes para retención de bandas cuenta con 42 actividades, 22 de ellas son operaciones directas con el automotor, 11 transportes con una distancia recorrida de 125 m, 3 inspecciones, 4 almacenamientos, 2 demoras correspondientes a la búsqueda de herramientas e interacción con el dueño del automotor, con un tiempo total de trabajo de 52.7 min, de los cuales el 26% corresponden a actividades que involucran movimientos repetitivos. En este proceso se evidencio principalmente dos actividades en las cuales la postura del trabajador se encuentra fuera de la posición corporal neutra, una de ellas es el trabajo por debajo del automotor donde este hace un intercambio de posiciones sobre el plano coronal anterior, adicionalmente este debe hacer movimientos de quinta clase donde interviene el troco y el grupo anatómico A, para llevar a cabo la operación donde el objetivo es la elevación del automotor por medio de un gato hidráulico y forzar la salida de la llanta produciendo impactos a esta; hubo 3 instancias en las cuales se evidencio esta posición con duración acumulada de 4.8 min equivalentes al 9% del total del tiempo utilizado en proceso, la segunda actividad fue el trabajo en cuclillas o sentado sobre su extremidad inferior izquierda a la altura de la llanta delantera con el fin de hacer el cambio del resorte, se efectuaron 20 momentos donde el trabajador obro de tal manera que la zona lumbar y cuello ejercieron flexiones sobre sobre el plano frontal además se hicieron presentes giros, torsiones en su tronco y cuello; Fonseca (2006) afirma "La postura agachada se asocia con un aumento en el riesgo de lesiones. Generalmente se considera que más de una articulación que se desvía de la posición neutral produce alto riesgo de lesiones", este trabajo se realizó sobre un andén lo cual provoca que la interacción entre el Grupo anatómico A y el automotor generara posiciones como aducciones y abducción en brazos, de igual manera por ser un trabajo donde era necesario la desinstalación de varias piezas se presentaron supinaciones y pronaciones en las muñecas; el tiempo acumulado en esta posición fue de 29.5 min equivalentes al 56% del tiempo en el que se ejecutó el proceso.

Imagen 6. Posición decúbito supino, cambio resortes de retención



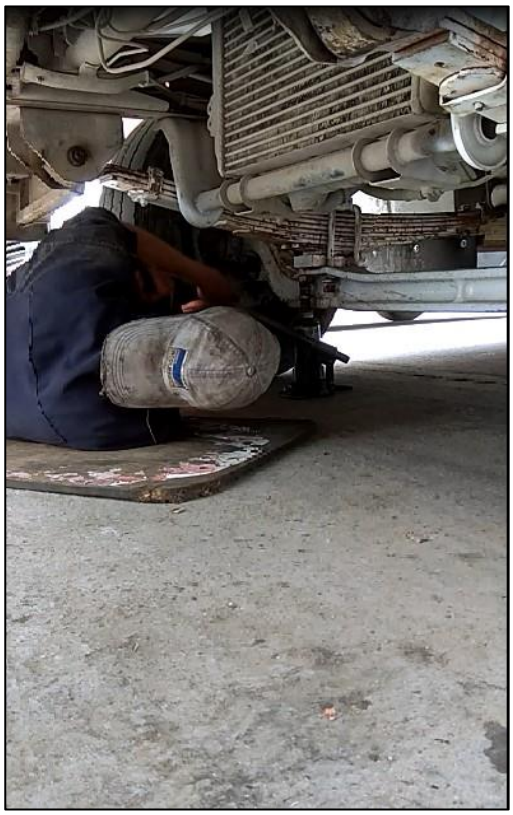
Fuente: Autores

Imagen 8. Flexión antebrazo, cambio resortes de retención



Fuente: Autores

Imagen 7. Decúbito supino torsión lateral, cambio resortes de retención



Fuente: Autores

En las imágenes 6,7 y 8 se puede apreciar las posiciones que el trabajador debe adoptar para llevar a cabo su trabajo, en primera medida permanece todo el tiempo en posiciones decúbito supino y decúbito lateral sobre una tabla de madera que impide el contacto con el suelo, para realizar esta serie de posiciones se observa que el tronco ejerce torsiones sobre su eje con el fin de generar fuerza tanto para la utilización del gato hidráulico, como para la inspección de las llantas; el espacio de trabajo con el que cuenta el operario es reducido debido a que no tiene las herramientas o equipos que faciliten una mayor elevación del automotor. Por otra parte, se evidencia que los miembros superiores ejercen posiciones inadecuadas, los brazos mantienen posición de aducción y abducción constantemente, el antebrazo del operador se encuentra expuesto a extensiones cercanas a los 140°, por ultimo las manos, muñecas ejercen cambios sucesivos de posiciones no neutrales, asimismo se evidencian extensiones de muñeca, desviaciones cubitales, radiales y supinaciones en el uso del gato hidráulico.

Tabla 11 Método RULA, Inspección y uso de gato hidráulico

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: Inspección y uso de gato hidráulico			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión entre 45° y 90°	5
		Hombros elevados, abducidos y en aducción	
Antebrazo	(1-3)	Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	3
		Antebrazo con extensión	
Muñeca	(1-4)	Flexiones y extensiones entre 0° y 15°	3
		Desviación radial y cubital	
Giro de Muñeca	(1-2)	Supinación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Actividad de corta duración	0
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión a más de 20°	3
		Cuello con inclinación lateral	
Tronco	(1-6)	Tronco tiene una flexión entre 0° y 20°	4
		Tronco con inclinaciones laterales y torsiones	
Piernas	(1-2)	El peso no está bien distribuido	2
		El apoyo en el suelo no es simétrico	
Tipo de actividad	(0-1)	Postura principalmente estática	0
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2 Kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			7
Nivel de riesgo (1-4)			4
Se requieren cambios urgentes en la tarea			

Fuente: Autores

La valoración de nivel de riesgo con el método RULA a la posición realizada por el trabajador en esta labor, da como resultado que tanto el grupo anatómico A y B, se ven directamente afectados, es por ello que la puntuación es de 7 lo cual es equivalente a un nivel de riesgo 4, que indica la necesidad de hacer cambios urgentes en el puesto de trabajo para salvaguardar la integridad del operador.

Imagen 9. Flexión de espalda, cambio resortes de retención

Fuente: Autores

Imagen 10. Flexión de cuello, cambio resortes de retención

Fuente: Autores

En las imágenes 9 y 10 se observa como el grupo anatómico B ejerce un sobre esfuerzo en la zona lumbar debido a que esta tiene grado de flexión sobre el plano coronal anterior de 61°,ejerciendo inclinaciones laterales reiterativamente, también se aprecia como la zona anatómica del cuello debe generar flexiones de 80° hacía el automotor para tener una mejor visualización del trabajo realizado, además de ello se observa que el peso del cuerpo no se encuentra simétricamente distribuido sobre miembros inferiores, debido a que el operario se mantiene en reiterativo cambio de posiciones como de cuclillas considerada como una de las posturas más incomodas (Ortiz, 2004), apoyando su rodillas sobre la superficie o sobrecargando el peso sobre su extremidad inferior izquierda, motivo por el cual pueden adquirir lumbalgias, dolencias en la zona dorsal, siendo los dolores lumbares la principal causa de absentismo por patologías o

discapacidades en la comunidad trabajadora, (Vargas Porras, Orjuela, & Vargas Porras, 2013).

Imagen 12. Flexión antebrazo, cambio de resortes de retención

Fuente: Autores

Imagen 11. Flexión de brazo, cambio resortes de retención

Fuente: Autores

Las imágenes 11 y 12 reflejan como el trabajador adopta posiciones que pueden generar una serie de complicaciones en la salud física, consecuencia de cargas elevadas o sobrecargas prolongadas (Arenas Ortiz & Cantú Gómez, 2013), en primera medida se observa que los brazos del operario se encuentran a 66° de inclinación ejerciendo una posición de extensión, paralelamente los antebrazos realizan una posición de flexión con ángulo de 131°, además de ello generan posiciones de aducción, sobrepasando la línea media del cuerpo; estas zonas corporales no se encuentran en posición neutral por ende la sobrecarga postural se hace presente lo que favorece la aparición de dolores, inflamaciones o cualquier otra limitación física (López Torres, González Muñoz, Colunga Rodríguez, & Oliva López, 2014) paralelamente las manos y muñecas ejercen tareas de

torque con el fin de extraer las piezas mecánicas generando una carga dinámica, con ello posiciones de flexión, extensión, supinación y pronación.

Tabla 12. Método RULA, Cambio de resortes de retención

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: Cambio de resortes de retención			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión entre 45° y 90°	4
		Hombros aducidos y en aducción	
Antebrazo	(1-3)	Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	3
		Antebrazo con extensión mayor a los 100°	
Muñeca	(1-4)	Flexiones entre 0° y 15°	2
		No aplica	
Giro de Muñeca	(1-2)	Supinación y Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Actividad de corta duración	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión a más de 20°	5
		Cuello con inclinación lateral y rotación	
Tronco	(1-6)	Tronco tiene una flexión entre mayor a 60°	5
		Tronco con inclinaciones laterales	
Piernas	(1-2)	El peso no está bien distribuido	2
		El apoyo en el suelo no es simétrico	
Tipo de actividad	(0-1)	Postura principalmente estática	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor a 2 Kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			6
Nivel de riesgo (1-4)			3
Se requiere el rediseño de la tarea			

Fuente: Autores

La evaluación de riesgo da como resultado que la puntuación RULA es de 6 y el nivel de riesgo es de 3, lo cual indica que la postura en la cual el operario ejerce su trabajo no es recomendable y se requiere el rediseño de la tarea para preservar la salud física del operador.

4.1.3. Proceso de alineación

Tabla 13. Ficha Proceso alineación

<table>
<tr><th colspan="3">Ficha de procesos automotores</th></tr>
<tr><th>Nombre del proceso:</th><th colspan="2">Alineación</th></tr>
<tr><td>Objetivo:</td><td colspan="2">Ajustar los ángulos y reglajes dentro de los limites adecuados.
Las llantas deben estar paralelas entre sí y perpendiculares al camino (Bridgestone, 2018)</td></tr>
<tr><td>Alcance:</td><td colspan="2">Aplica al proceso de alineación de vehículos automotores</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Recursos:</td><td>Mano de obra</td><td>Instalaciones y equipo de alineación automotriz</td></tr>
<tr><td>Herramientas manuales</td><td>Repuestos</td></tr>
<tr><td>Periodicidad:</td><td colspan="2">✓ Es recomendado realizar ajuste y verificación cada10000 km
✓ Cuando lo amerite (Desgaste rápido e irregular del neumático, entre otros) (Vallejo, 2009)</td></tr>
</table>

Fuente: Autores

Resumen del diagrama de flujo de proceso para alineación de vehículos automotores (diagrama completo Anexo D)

Diagrama 3. Diagrama flujo de proceso alineación

Diagrama de flujo de proceso					
EMPRESA:	Tecni alineación	RESUMEN			
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	EVENTO	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (min)
SERVICIO:	Alineación	OPERACIÓN		15	28,0
UNIDADES	1	TRANSPORTE		3	3,7
FECHA:	21/03/2018	DEMORAS		0	0,0
MÉTODO:		INSPECCIÓN		1	3,0
Presente		ALMACENAMIENTO		0	0,0
TIPO:	Trabajador	DISTANCIA (m)	8		
DIAGRAMA ELABORADO POR:	Mayra Vásquez-Andres Velandia	TIEMPO (min)	34.7		

Fuente: Autores

Para el proceso de alineación existen en el mercado diversos sistemas dados por sencillos equipos mecánicos hasta otros más sofisticados donde la lectura de los datos se hace digitalmente, por medio del uso de programas informáticos. El proceso de alineación de un vehículo tarda aproximadamente de 30 a 45 minutos, (Michelin, 2018) en cuyo caso el proceso tomado tuvo una duración de 34,7 (min), de los cuales el 23% corresponden a actividades que involucran movimientos repetitivos, durante este proceso

el vehículo se encuentra a determinada altura dependiendo del tipo de plataforma empleada; aunque este proceso no sea tan extenso en cuanto a su duración, como lo son aquellos que implican un cambio de piezas mecánicas, el trabajador debe adoptar posiciones fuera de la postura corporal neutra, involucrando, cuello, brazos, antebrazos, muñecas y manos, ya que el operario debe mantener sus extremidades superiores por encima de los hombros y cabeza en el plano corporal céfalo, con un total de 13 (min), en actividades tales como inspección, nivelación, fijación de captadores y regulación de convergencia representando el 37% del tiempo total empleado, , asimismo la espalda (dorsal y lumbar) del trabajador debe permanecer en posición de flexión sobre el plano coronal anterior, por un tiempo de 10 (min) en actividades como la ubicar, retirar los sensores de alineación y compensación en cada neumático, equivalentes al 28,8% del total empleado.

Imagen 14. Flexión antebrazo, alineación

Fuente: Autores

Imagen 13. Flexión brazo, alineación

Fuente: Autores

En las imágenes se puede observar como el trabajador adopta una posición elevando sus extremidades superiores en el plano transversal superior, puesto que sus brazos sobrepasan la altura de los hombros y cabeza, con una flexión de más de 90°, además los antebrazos se encuentran en aducción, cruzando la línea media del cuerpo, las muñecas deben asumir movimientos de flexión y extensión en el desarrollo de la

actividad. Por otra parte, en el grupo anatómico B, el cuello mantiene una posición neutral al igual que su troco y piernas, sin embargo, cabe aclarar que, debido a la baja estatura, el operario no tiene los pies totalmente apoyados y el peso no está simétricamente distribuido.

En la siguiente tabla se muestra la valoración dada para cada una de las partes anatómicas evaluadas por el método RULA divididas en Grupo anatómico A (brazos, antebrazos y muñecas) y Grupo anatómico B (cuellos, tronco y piernas).

Tabla 14. Método RULA, alineación, inspección 1

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: ALINEACIÓN INSPECCIÓN			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión mayor a 90° y abducidos	6
		Hombros elevados	
Antebrazo	(1-3)	Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	3
		Antebrazos con flexión mayor a 100°	
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión de 0 a 15°	3
		Desviación radial	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	La acción sucede repetidamente (4 veces/min o más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga fuerza menor a 2kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión entre 0° y 10°	1
		No aplica	
Tronco	(1-6)	Tronco recto	1
		No aplica	
Piernas	(1-2)	El peso no se encuentra simétricamente distribuido	1
		El apoyo no es equilibrado	
Tipo de actividad	(0-1)	Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración)	0
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga fuerza menor a 2kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			5
Nivel de riesgo (1-4)			3
Se requiere el rediseño de la tarea			

Fuente: Autores

Con respecto a la evaluación realizada con el método RULA para las actividades inspeccionar, ubicar y retirar los sensores en el proceso de alineación, se obtuvo una puntuación final de 5, representando un nivel de riesgo 3, lo cual sugiere el rediseño de la tarea.

Imagen 15. Flexión antebrazo, alineación

Fuente: Autores

Imagen 16. Extensión del cuello, alineación

Fuente: Autores

En la imagen 16 se puede visualizar como los brazos del trabajador adoptan una posición de 89°, manteniendo los hombros elevados y los brazos abducidos, en cuyo caso los antebrazos se encuentran aducidos sobrepasando la línea media del cuerpo en el plano transversal superior, en cuanto a sus manos y muñecas, estas se flexionan de 0° a 15° desviándose radial y cubitalmente, además de ello se genera un carga dinámica al realizar movimientos repetitivos equivalente al 23% del total empleado, por otra parte, para el grupo anatómico B, se puede apreciar que el cuello se encuentra en extensión con rotación e inclinación en el plano sagital derecho, el tronco aunque esta recto, ejerce

torsiones laterales hacia el lado derecho, por el contrario en el plano trasversal inferior sus pies están correctamente apoyados distribuyendo el pesos simétricamente.

Tabla 15. Método RULA, alineación, nivelación

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: ALINEACIÓN NIVELACIÓN			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión de 45° a 90°, abducido	5
		Hombros elevados	
Antebrazo	(1-3)	Antebrazos con flexión de 60° a 100°	2
		Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión de 0 a 15°	3
		Desviación radial y cubital	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en extensión	6
		Cuello rotado e inclinación lateral derecha	
Tronco	(1-6)	Tronco recto	2
		Tronco en torsión lateral derecha	
Piernas	(1-2)	El peso se encuentra simétricamente distribuido	1
		El apoyo es equilibrado	
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			7
Nivel de riesgo (1-4)			4
Se requieren cambios urgentes en la tarea			

Fuente: Autores

El cuadro anterior muestra la valoración dada a cada uno de los factores de riesgo, evaluados por el método RULA en las posiciones adoptadas por el trabajador al momento realizar actividades tales como la nivelación, fijación de captadores y regulación de convergencia, en dado caso la puntación fue de 7 con un nivel de riesgo de 4, motivo por el cual, se requieren cambios urgentes en el puesto de trabajo.

Imagen 17. Flexión del cuello, alineación

Fuente: Autores

La imagen 17 muestra como el antebrazo del trabajador adopta un ángulo de 90° , en aducción cruzando la línea medio de cuerpo, asimismo las manos y muñecas se desvían radial y cubitalmente al momento de realizar la tarea, con las posiciones de pronación y supinación alternadamente, en cuanto al grupo anatómico B, el cuello tiene una flexión de más de 20° manteniéndose con una rotación en el plano lateral izquierdo, referente a la espalda, la zona dorsal presenta una flexión de 20° con una inclinación hacia el plano

lateral izquierdo, también es importante resaltar que todo el peso del cuerpo recae sobre las rodillas del operario, en donde el peso y el apoyo no están simétricamente distribuidos.

Tabla 16. Método RULA, alineación, fijación de sensores

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: ALINEACIÓN FIJACIÓN DE SENSORES			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión de 20° a 45°	2
		No aplica	
Antebrazo	(1-3)	Antebrazos con flexión de 60° a 100°	2
		Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión de 0 a 15°	3
		Desviación radial y cubital	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión mayor a 20°	4
		No aplica	
Tronco	(1-6)	Tronco en flexión de 0° a 20°	2
		Tronco con inclinación lateral derecha	
Piernas	(1-2)	El peso no se encuentra simétricamente distribuido	1
		El apoyo no es equilibrado	
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Puntuación final RULA (1-7)			6
Nivel de riesgo (1-4)			3
Se requiere el rediseño de la tarea			

Fuente: Autores

La tabla 6. muestra la valoración para cada uno de los factores considerados por el método RULA, cuya puntación final fue equivalente a 6, con un nivel de riesgo 3, lo cual expresa la necesidad de rediseñar la tarea realizada por el trabajador.

4.1.4. Proceso cambio de bomba del agua

Tabla 17. Ficha de proceso cambio de bomba del agua

<table>
<tr><th colspan="3">Ficha de procesos automotores</th></tr>
<tr><td>Nombre del proceso:</td><td colspan="2">Cambio de bomba del agua</td></tr>
<tr><td>Objetivo:</td><td colspan="2">Realizar cambio de pieza mecánica (bomba del agua), cuando se presente daños y causas de fallo (MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L., 2018)</td></tr>
<tr><td>Alcance:</td><td colspan="2">Cambio de bomba de agua en vehículos automotores.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Recursos:</td><td>Mano de Obra</td><td>Instalaciones</td></tr>
<tr><td>Herramientas manuales</td><td>Repuestos (Bomba del agua) e insumos</td></tr>
<tr><td>Periodicidad:</td><td colspan="2">✓ Esta se debe cambiar en situaciones específicas tales como Fuga del líquido refrigerante, ruidos inusuales, sobrecalentamiento entre otros. (Grupo SKF, 2014)</td></tr>
</table>

Fuente: Autores

Resumen del diagrama de flujo de proceso para el cambio de bomba del agua en vehículos automotores (diagrama completo Anexo E)

Diagrama 4. Diagrama de flujo de proceso cambio de bomba del agua

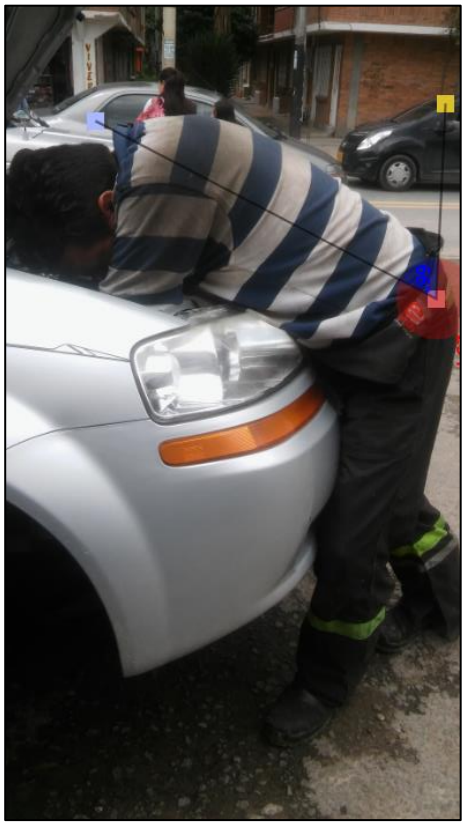
Diagrama de flujo de proceso					
EMPRESAS:	Tecni muelles Soacha	RESUMEN			
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	EVENTO	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO
SERVICIO:	Cambio de bomba del agua	OPERACIÓN		51	110,3
UNIDADES	1	TRANSPORTE		3	4,6
FECHA:	21/03/2018	DEMORAS		2	6,0
MÉTODO:		INSPECCIÓN		4	16,8
Presente		ALMACENAMIENTO		0	0
TIPO:	Trabajador	DISTANCIA (m)	12		
DIAGRAMA HECHO POR:	Mayra Vásquez-Andres Velandia	TIEMPO (min)	137,7		

Fuente: Autores

El cambio de bomba de agua es un proceso de reemplazo de piezas mecánicas, en el presente caso tuvo 51 operaciones, 3 transportes y 4 inspecciones, con una duración total de 137,7 (min), del cual 70,3 (min) son equivalentes a actividades que involucran movimientos repetitivos. Durante el proceso el operario toma 2 pausas con un total de 6 (min) correspondiente al tiempo empleado para hablar con el propietario del vehículo, al ser una actividad la cual demanda retirar varias piezas mecánicas tales como (filtro del aire, guarda polvos, soporte motor, dámper, correa del tiempo, entre otras) requiere que el operario la mayor parte de tiempo este realizando movimientos repetitivos, generando carga dinámica

Por otra parte, se evidencio que el trabajador debe permanecer la mayor parte del tiempo ejerciendo posturas inadecuadas fuera de la posición neutra del cuerpo, las cuales son evidenciadas a continuación

Imagen 18. Flexión de espalda, cambio de bomba del agua



Fuente: Autores

En la imagen se observa que el trabajador se encuentra en posición de flexión sobre el plano coronal anterior, dado que, el cuello, espalda presentan un grado de inclinación de >20° y >60° respectivamente, esta posición tuvo una duración acumulada de 68,5 (min), correspondiente al 49% del tiempo total empleado para el proceso de cambio de bomba del agua.

Tabla 18. Método RULA, cambio bomba del agua 1

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: CAMBIO DE BOMBA DEL AGUA 1			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión de 20° a 45° No aplica	3
Antebrazo	(1-3)	Antebrazos con flexión de 60° a 100° Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	2
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión y extensión > 15° Desviación radial y cubital	4
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión mayor a 20° Inclinación lateral izquierda	3
Tronco	(1-6)	Tronco en flexión > 60° Tronco con inclinación lateral izquierda	6
Piernas	(1-2)	El peso no se encuentra simétricamente distribuido El apoyo no es equilibrado	2
Tipo de actividad	(0-1)	Postura estática	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga	0

Puntuación final RULA (1-7)	7
Nivel de riesgo (1-4)	4
Se requiere cambios urgentes en la tarea	

Fuente: Autores

La tabla anterior muestra la valoración dada a cada uno de los factores de riesgo, evaluados por el método RULA, en dado caso la puntación fue de 7 con un nivel de riesgo de 4, motivo por el cual, se requieren cambios urgentes en el puesto de trabajo.

Imagen 19. Flexión del cuello, cambio de bomba del agua

Fuente: Autores

La imagen 19 muestra como el antebrazo del trabajador adopta un ángulo de 45° a 90° , en aducción cruzando la línea medio de cuerpo, asimismo las manos y muñecas se desvían radial y cubitalmente al momento de realizar la tarea, con las posiciones de pronación y supinación alternadamente, en cuanto al grupo anatómico B, el cuello tiene una flexión de más de 20° manteniéndose con una rotación en el plano lateral izquierdo, referente a la espalda, la zona dorsal presenta una flexión de 50°, también es importante resaltar que todo el peso del cuerpo recae sobre la extremidad inferior izquierda, en donde el peso y el apoyo no están simétricamente distribuidos, esta posición tuvo un tiempo acumulado de 31,6 (min), representando el 22% del total empleado para el proceso de cambio de bomba del agua.

Tabla 19. Método RULA, cambio de bomba del agua 2

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: CAMBIO DE BOMBA DEL AGUA 2			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión de 45° a 90° aducidos	4
		No aplica	
Antebrazo	(1-3)	Antebrazos con flexión de 60° a 100°	2
		Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión y extensión de 0° a 15°	3
		Desviación radial y cubital	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión mayor a 20°	2
		No aplica	
Tronco	(1-6)	Tronco en flexión de 20° a 60°	3
		No aplica	
Piernas	(1-2)	El peso no se encuentra simétricamente distribuido	1
		El apoyo no es equilibrado	

Tipo de actividad	(0-1)	Postura estática	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga	0
Puntuación final RULA (1-7)			6
Nivel de riesgo (1-4)			3
Se requiere el rediseño de la tarea			

Fuente: Autores

El cuadro anterior muestra la valoración dada a cada uno de los factores de riesgo, evaluados por el método RULA, en dado caso la puntación fue de 6 con un nivel de riesgo de 3, motivo por el cual, se requiere el diseño de la tarea.

Imagen 20. Posición decúbito supino- flexión del antebrazo, cambio de bomba del agua

Fuente: Autores

La imagen 20 muestra al trabajador en posición decúbito supino, su espalda aunque se encuentra en un ángulo recto, debe realizar torsiones sobre su tronco, asimismo el cuello presenta una inclinación lateral izquierda, en cuanto al grupo anatómico A, el antebrazo del trabajador adopta un ángulo de 48°, en aducción cruzando la línea medio de cuerpo, las manos y muñecas se desvían radial y cubitalmente al momento de realizar la tarea,

con las posiciones de pronación y supinación alternadamente, esta posición tuvo un tiempo acumulado de 22,6 (min),correspondiente al 16% del total empleado para el proceso de cambio de bomba del agua.

Tabla 20. Método RULA, cambio de bomba del agua 3

EVALUACIÓN MÉTODO RULA: CAMBIO DE BOMBA DEL AGUA 3			
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca			
Zona Anatómica	Ponderación	Consideraciones	Puntaje
Brazo	(1-6)	Brazos en flexión de 20° a 45° aducidos	4
		No aplica	
Antebrazo	(1-3)	Antebrazos con flexión de 0° a 60°	3
		Los antebrazos cruzan la línea media del cuerpo	
Muñeca	(1-4)	Muñecas en flexión y extensión de 0° a 15°	3
		Desviación radial y cubital	
Giro de Muñeca	(1-2)	Pronación	1
Tipo de actividad	(0-1)	Sucede repetidamente la acción (4 veces/min ó más)	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg	0
Grupo B: Análisis de cuello, tronco y piernas			
Cuello	(1-6)	Cuello en flexión mayor a 20°	2
		No aplica	
Tronco	(1-6)	Tronco en flexión de 20° a 60°	2
		No aplica	
Piernas	(1-2)	El peso no se encuentra simétricamente distribuido	2
		El apoyo no es equilibrado	
Tipo de actividad	(0-1)	Postura estática	1
Carga/Fuerza	(0-3)	No resistencia o carga	0
Puntuación final RULA (1-7)			6
Nivel de riesgo (1-4)			3

Se requiere el rediseño de la tarea	

Fuente: Autores

El cuadro anterior muestra la valoración dada a cada uno de los factores de riesgo, evaluados por el método RULA, en dado caso la puntación fue de 7 con un nivel de riesgo de 4, motivo por el cual, se requieren cambios urgentes en el puesto de trabajo.

4.2. OCRA CHECK LIST (MOVIMIENTOS REPETITIVOS)

Los movimientos repetitivos se presentan como un factor de riesgo que contribuye a la aparición de LPMR (lesiones por movimientos repetitivos), y se establecen como una sobreutilización de las partes anatómicas corporales. “Las LPMR evolucionan a lo largo del tiempo; se trata de un proceso que se desarrolla progresivamente con la repetición de la sobreutilización y una recuperación insuficiente”, de las partes anatómicas del cuerpo (Simoneau , St-Vincent, & Chicoine). Para medir el grado de exposición al riesgo asociado con movimientos repetitivos, se hizo uso de la evaluación OCRA (Check list), que representa la abreviación del método OCRA, cabe resaltar que, existe una alta asociación entre los resultados obtenidos por los dos métodos”, motivo por el cual Check list representa una herramienta adecuada para realizar en primera instancia una evaluación del riesgo, y su uso es recomendado en la ISO/NP TR 12295. (Mas & Antonio, Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia, 2015)**.** Este instrumento ha sido aplicado ampliamente en distintas industrias y procesos que requieren una alta exigencia física en los miembros superiores del cuerpo, tal como la actividad floricultora (Hernández, 2016).

OCRA (Check list) es un método observacional y centra su valoración en los miembros superiores del cuerpo, el cual evalúa distintos factores de riesgos de forma independiente (repetitividad, fuerza, posturas y movimientos incómodos, falta de períodos de recuperación y otros, definidos como "adicionales"),a partir de la puntuación de cada uno de los factores se obtiene el índice Check List OCRA (ICKL) el cual permite clasificar el riesgo en 6 niveles de riesgo, (optimo, aceptable, incierto, inaceptable leve, inaceptable medio e inaceptable alto) y proporciona información relevante que contribuye al diseño y rediseño de los puestos de trabajo (Asensio-Cuesta , Diego Mas , & Alcaide Marzal, 2010).

Las variables empleadas para la medición del riesgo por el método OCRA (check list) son las siguientes:

Tabla 21. Variables para la medición del riesgo (OCRA)

EVALUACIÓN MÉTODO OCRA CHECK LIST		
Duración de la jornada del trabajador		
Tiempos	Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada	
	Duración de las pausas oficiales	
	Duración de las pausas no oficiales	
	Duración del descanso para el almuerzo	
	Duración de las tareas no repetitivas	
Periodos de recuperación	Periodos de recuperación	
Frecuencia y tipo de acciones	Tiempo de ciclo	
	Número de acciones técnicas en un ciclo de trabajo	
	Tipo de acciones técnicas	Acciones técnicas dinámicas
		Acciones técnicas estáticas
Posturas adoptadas	Posición del hombro	Posición del hombro
		Permanencia de las manos por encima de la cabeza
	Posición del codo	
	Posición de la muñeca	
	Posición de la mano (agarre)	Tipo de agarre
		Duración del agarre
	Movimientos estereotipados	
Fuerzas ejercidas	Actividades que implican esfuerzo	
Factores adicionales y ritmo de trabajo	Factores de riesgo adicionales	
	Ritmo de trabajo	

Fuente: Hernandez,2016

El proceso de cambio de bomba del agua presento un tiempo global de 70.3 min de movimientos repetitivos a lo largo del proceso, por ende, a continuación, por medio de un diagrama bimanual se observa los movimientos ejercidos en un lapso de tiempo aproximado de 99 s, para la desinstalación de un tornillo

Diagrama 5. Diagrama bimanual.

DIAGRAMA BIMANUAL				
EMPRESA:	Tecni muelles Soacha	RESUMEN	MI	MD
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	TIEMPO EFECTIVO	18	61,2
OPERACIÓN:	Retirar 1 tornillo de sujeción de la bomba de agua	TIEMPO NO EFECTIVO	53	27
METODO:	PRESENTE	TIEMPO DE CICLO	100 (s)	
		DIAGRAMA ELABORADO POR:	Andrés Velandia- Mayra Vásquez	
TIPO:	TRABAJADOR			

Imagen 21. Bomba del agua

Fuente: Autores

MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS	Tiempo (s)	MANO DERECHA	SIMBOLOS	Tiempo (s)
Alcanzar copa	AL	6	Alcanzar racher 3/8	AL	6
Tomar copa	T	1,2	Tomar racher 3/8	T	1,2
Llevar la copa hacia el racher y encajar (Ensamblar)	E	3,6	Sostener racher 3/8	SO	3,6

Ubicar el racher y la copa en unos de los tornillos de la bomba del agua (Preposicionar)	PP	4	Mano libre	-	4
Mano libre	-	2	Tomar racher 3/8	T	2
Sostener la copa	SO	53	Dar giro de 180° al racher en sentido a las manecillas del reloj (Usar)	U	4
			Dar giro de 180° al racher en sentido a las manecillas del reloj “Repetir hasta que los tornillos cedan" (Usar) (12 repeticiones aproximadamente)	U	48
Retirar el racher y la copa (Desensamblar)	DE	1,2	Mano libre	-	1,2
Ubicar copa en unos de los tornillos de la bomba del agua (Preposicionar)	PP	2	Mano libre	-	2
Mano libre	-	27	Sostener el tornillo por la cabeza y girar en sentido contrario de las manecillas	U	27

			del reloj, hasta retirarlo (9 repeticiones aproximadamente)		

Fuente: Autores

En el presente proceso se tomó como un ciclo a la actividad de retirar 1 tornillo, para este caso un ciclo tiene una duración de 100 segundos aproximadamente, con un total de 34 actividades técnicas, 32 de tiempo efectivo tales como (Alcanzar-AL, Tomar-T, Ensamblar-E, Preposicionar-PP, Usar-U, Desensamblar -DE) y 2 de tiempo inefectivo (Sostener-SO), la mano izquierda realizo 7 de estas actividades, por otro lado, en la mano derecha recayó el mayor esfuerzo físico, debido a que esta tuvo que realizar 27 actividades técnicas, de las cuales 22 representan movimientos repetitivos, con una duración de 79 segundos del total del ciclo.

Tabla 22. Evaluación método OCRA, cambio de bomba del agua

EVALUACIÓN MÉTODO OCRA CHECK LIST: CAMBIO BOMBA DE AGUA		
Duración de la jornada del trabajador	8 (h)	
Tiempos		
Criterio	Duración	Consideraciones
Tiempo que el trabajador ocupa el puesto en la jornada	137.7 (min)	Tiempo empleado para el proceso “Cambio de bomba del agua”
Duración de las pausas oficiales	0 (min)	No hay pausas oficiales en este lapso de tiempo
Duración de las pausas no oficiales	6 (min)	Tiempo ocioso
Duración del descanso para el almuerzo	0 (min)	No aplica
Duración de las tareas no repetitivas	62,4 (min)	Actividades tales como: desplazamientos, inspecciones, retirar piezas entre otras.

Periodos de recuperación			
Criterio	Escala de valoración	Consideraciones	Puntaje
Factor de recuperación	(0-10)	1 pausa para el almuerzo en un turno de 8 (h)	6
Frecuencia y tipos de acciones			
Tiempo de ciclo	100 (s)	Conjunto de actividades para retirar un tornillo	-
Número de acciones técnicas en un ciclo de trabajo	34	Ver diagrama bimanual	-
Acciones técnicas dinámicas	(0-10)	Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos (20 acciones/minuto)	0
Acciones técnicas estáticas	(2.5, 4.5)	Se sostiene un objeto durante al menos 5 (s) consecutivos	2.5
Posturas adoptadas			
Posición del hombro	(1-24)	Sin observaciones destacables	1
	-	No aplica	-
Posición del codo	(2-8)	El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo.	4
Posición de la muñeca	(2-8)	La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo.	4

Posición de la mano (agarre)	-	Los dedos están apretados (agarre de pinza o pellizco)	-
	(2-8)	Mas de la mitad del tiempo	4
Movimientos estereotipados	(1.5, 3)	Repetición de movimientos idénticos del hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos al menos 2/3 del tiempo	1.5
Fuerzas ejercidas			
Actividades que implican esfuerzo	Fuerza intensa (4-24)	Utilizar herramientas Fuerza intensa al menos 5 % de tiempo	16
Factores de riesgo adicionales y ritmo de trabajo			
Factores de riesgo adicionales	+2 por cada ítem	No existen factores adicionales de riesgo	-
Ritmo de trabajo	(1-2)	El ritmo de trabajo no está determinado por la máquina	1
Puntuación final OCRA (0-22)	15		
Nivel de riesgo	Riesgo inaceptable medio		

Fuente: Autores

La tabla anterior muestra la valoración dada a cada uno de los factores de riesgo evaluados por el método OCRA (Check list)

En este caso en el factor correspondiente a tiempos encontramos que el trabajador ocupa 137,7 (min) en el proceso de cambio de bomba de agua del total de la jornada laboral que es de 8 (h), sin pausa oficiales y una pusa no oficial de 6 (min) que no es considerada por el método al ser menor a 7 (min), en cuanto a los periodos de recuperación el operario cuenta con 1(h) para el almuerzo en un turno de 8 (h), lo que significa un riesgo para el

trabajador, ya que ” si no existe suficiente tiempo de recuperación tras la actividad aumenta el riesgo de padecer trastornos de tipo músculo-esquelético” (Asensio-Cuesta , Diego Mas , & Alcaide Marzal, 2010),el tiempo empleado para retirar 1 tornillo es de 100(s) (tiempo de ciclo), los movimientos ejercidos son de aproximadamente (20 acciones/minuto) y realiza acciones técnicas estáticas durante al menos 5 (s) consecutivos, en cuanto a la posición de los hombros esta no sugiere un riesgo significativo , pero por otra parte, el codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo y a muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo, también es importante resaltar que para el proceso el trabajador mecánico requiere el uso de herramientas manuales y ejerce fuerza intensa al menos 5 % de tiempo empleado, medido en la “**escala CR-10 de Borg** permite medir la intensidad de un esfuerzo mediante la observación de las expresiones del sujeto durante la realización del esfuerzo” (Asensio-Cuesta , Diego Mas , & Alcaide Marzal, 2010).

El índice OCRA Check list corresponde a 15 puntos los cuales equivalen al quinto nivel de riesgo “riesgo inaceptable medio” lo cual sugiere una mejora en el puesto de trabajo.

4.3. NIOSH (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional)

4.3.1. Proceso de cambio de caja de velocidades

Tabla 23. Ficha de proceso cambio de caja de velocidades

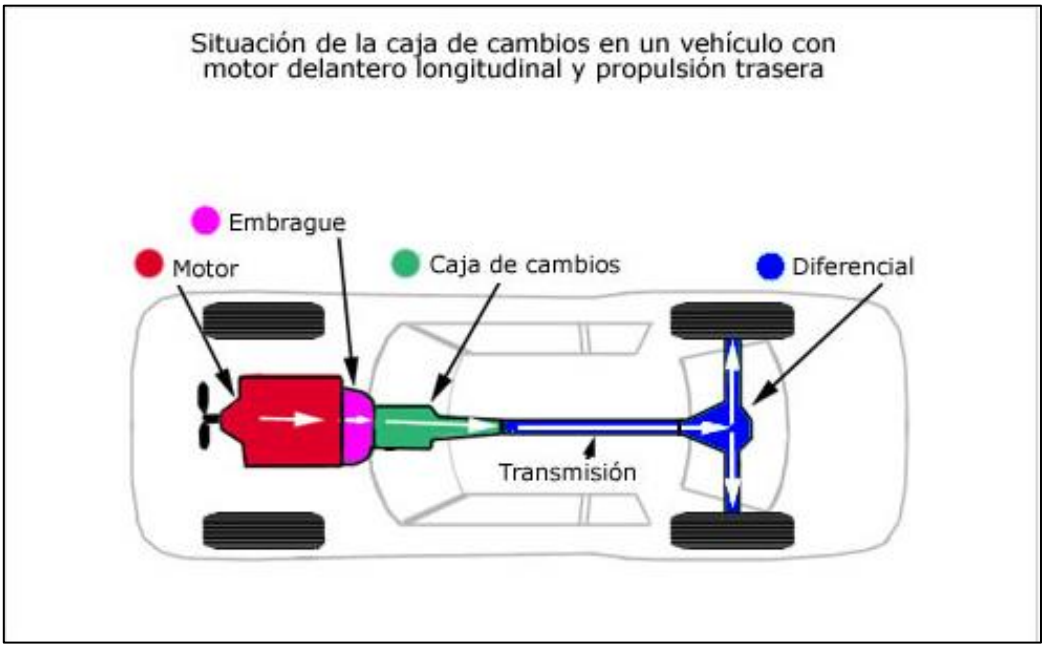
Ficha de procesos automotores	
Nombre del proceso:	Cambio de caja de velocidades
Objetivo:	Realizar el correspondiente mantenimiento preventivo a la caja de velocidades. La caja de velocidades o también llamada caja de cambio es un elemento que posee engranes los cuales interactúan entre sí, presentando un alto grado de fricción, además los arboles de esta generan una gran cantidad de calor que puede ocasionar daños irreversibles en el automotor (Bardahl, s.f.).

Alcance:	Aplicable para el cambio de caja de velocidades en vehículos automotores.	
Recursos:	Herramientas manuales	Mano de obra
	Insumos	Repuestos
Periodicidad:	✓ Se recomienda generar el mantenimiento preventivo una vez al año. ✓ Para el cambio de la valvulina es recomendable hacerlo cada 80.000 km o cada máximo 5 años. (Euro Taller, 2016)	

Fuente: Autores

La caja de velocidades es una de las partes fundamentales del automotor debido a que es la encargada de asegurar el movimiento del automotor, tanto para disminuir o para aumentar la velocidad, existen 4 tipos de cajas en el mercado actualmente, se puede encontrar; la robotizada, la automática, la de variación continua y por último las manuales las cuales son las más comunes. A continuación, se visualizar la posición de la caja de cambios manuales en un autobús Chevrolet NKR, (automotor utilizado en la aplicación del método NIOSH).

Ilustración 7, Caja de cambio de velocidades



Fuente: Aficionados a la mecánica, 2018

En el siguiente cuadro se observa el resumen del diagrama de flujo de proceso cambio caja de cambios (diagrama completo se encuentra en el Anexo F)

Diagrama 6. Diagrama de flujo de proceso, cambio de caja de velocidades

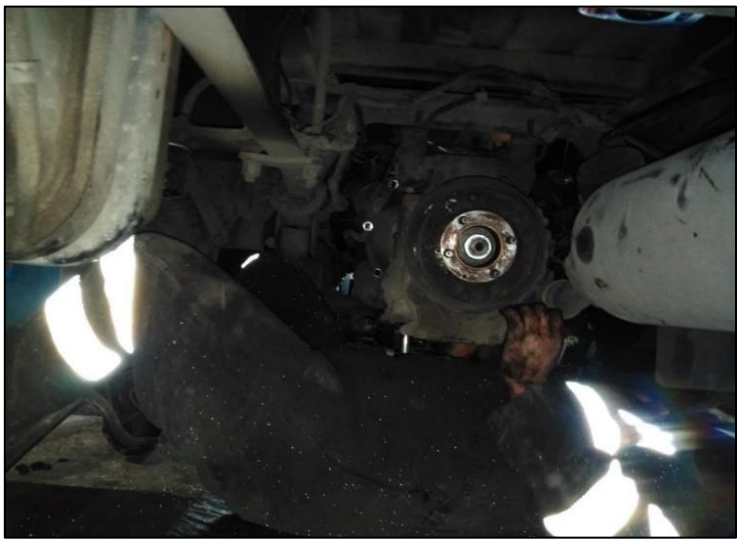
Diagrama de flujo de proceso					
EMPRESAS:	Multicar	RESUMEN			
ÁREA:	Mantenimiento y reparación de automotores	EVENTO	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO (min)
SERVICIO:	Cambio de caja de velocidades	OPERACIÓN		28	78,6
UNIDADES	1	TRANSPORTE		3	0,7
FECHA:	28/08/2018	DEMORAS		7	57,3
MÉTODO:		INSPECCIÓN		4	13,6
Presente		ALMACENAMIENTO		0	0,0
TIPO:	Trabajador	DISTANCIA (m)	24		
DIAGRAMA ELABORADO POR:	Mayra Vásquez-Andres Velandia	TIEMPO (min)	150.1		

Fuente: Autores

El proceso de cambio de caja de velocidades cuenta con 42 actividades, integradas por 28 operaciones, 7 demoras, 4 inspecciones, 3 transportes, un recorrido de 24 m y 0 almacenamientos, con un tiempo total de trabajo de 120.1 min, de los cuales el 42% corresponde a actividades que involucran movimientos repetitivos. En este proceso se evidencio una serie de posiciones críticas y de esfuerzos físicos que el operador ejerce en el transcurso de la desinstalación de la caja; el proceso en mención está relacionado con el levantamiento de cargas, donde el operario se ve expuesto en dos momentos a contraer algún tipo de lesión musculoesquelética. Noriega & Otros (2005).afirman que la probabilidad de contraer una lumbalgia para los trabajadores que ejercen tareas de levantamiento de cargas es 8 veces superior a los que no lo hacen y según la literatura epidemiológica es la principal causa que influye en la aparición de este tipo de enfermedades.

El primer momento donde el operador debió realizar la manipulación manual de cargas corresponde al lapso de tiempo donde se encuentra por debajo del automotor en posición decúbito supino, en esta posición debió bajar y subir la caja de cambios utilizando la fuerza de sus extremidades superiores y reposando esta es su zona abdominal; esta operación consto de dos instantes con un tiempo acumulado de 10.8 min equivalentes al 9% del tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo, el segundo donde se evidencia un riesgo por el levantamiento de cargas corresponde al transporte de este elemento el cual tiene un peso de aproximado 50 Kg hacia la zona de inspección o verificación de su estado; en el primer recorrido fue realizado por un solo operario y en el segundo este tuvo la ayuda de un compañero de trabajo, cada uno de ellos tuvo con una distancia recorrida de 6 m y un tiempo 0.3 min, aunque el tiempo de ejecución de esta actividad fue mínimo; las personas que hacen levantamientos de más de 10 Kg tienen posibilidades 3 veces mayor de provocar la aparición de síndromes musculo esqueléticos (Noriega Elío, y otros, 2005)

Imagen 22.Levantamiento de carga, caja de velocidades 1



Fuente: Autores

Imagen 23. Levantamiento de carga, caja de velocidades 2

Fuente: Autores

En las imágenes 22 y 23 se puede apreciar que el operario se encuentra en la posición decúbito supino sobre una pieza de madera que impide el contacto con el suelo, mientras

que sus miembros superiores ejercen fuerza en el levantamiento y descenso de la caja velocidades, para luego dejarla sobre la zona abdominal mientras termina de desinstalar las tuercas y tornillos faltantes.

En la imagen 24 se evidencia como el operario realiza la manipulación de la caja de velocidades para posteriormente transportarla del automotor a la zona de inspección y viceversa, donde se evidencia que el operario adopta una postura inadecuada para el levantamiento, el transporte y descargue, además de ello es importante resaltar que el agarre de esta pieza tiene un nivel de complejidad elevado debido a que la carga, es un objeto irregular por ende no permite un agarre confortable, además de ello el tamaño (voluminoso) hace que se dificulte mayormente la actividad , sumado a que el contorno tiene capas de grasa, aceite y partículas de polvo que dificultan su manipulación, lo cual aumenta el nivel de riesgo, ya que las manos y muñecas deben desviarse de la posición neutral, adoptando desviaciones y posturas desfavorables. (Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, 2003)

Imagen 24. Levantamiento caja de velocidades 3

Fuente: Autores

En las imágenes 25 y 26 se puede observar la medición del peso correspondiente a la caja de velocidades, la cual se realizó por medio de una báscula digital (debido a ello fue necesario colocar un objeto que evitara el contacto del metal de la caja con ella), está fue realizada después del desmonte de algunas piezas y vertimiento de fluidos (aceite valvulina), es por ello que se evidencian dos valoraciones, la primera hace referencia a la caja de velocidades con un peso de 44,8 kg y la segunda a las partes que fueron desinstaladas para hacer su respectiva inspección, en dado caso el peso fue de 4,3 kg.

Imagen 25.Peso caja de velocidades

Fuente: Autores

Imagen 26. Peso partes caja de velocidades

Fuente: Autores

El peso de la caja de velocidades que se evaluó es de 50 Kg aproximadamente (teniendo en cuenta el peso de aceite valvulina), pero el valor puede variar de acuerdo al tipo de automotor, desde 50kg hasta alcanzar pesos superiores a los 100kg (Ladino Valbuena & Martínez Rodríguez, 2017), lo cual sobrepasa el limite tolerable de carga establecido por el método NIOSH (23 kg), que se fundamenta en criterios psicofísicos basados “en el límite de peso aceptable para una persona trabajando en unas condiciones determinadas e integra el criterio biomecánico y el fisiológico” (Nogareda Cuixart & Canosa Bravo , 1998), la resolución 2004 de 1979 establece que el límite de carga compacta recomendada es de 25 Kg para hombrees y 12.5 Kg mujeres, no obstante se debe tener en cuenta la aptitud física y sus conocimientos para ejercer esta actividad (Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social, 1979).

La aplicación de la ecuación NIOSH, solo se realizó a la actividad de transporte de la caja de velocidades desde el automotor hacia la zona de inspección y viceversa, esta no pudo ser aplicada en el momento donde el operario desinstala la caja del automotor, debido a que se encuentra en posición decúbito supino, y el método no considera esta postura para su valoración, ya que este tiene como criterio de evaluación la posición de pie para el levantamiento.

Tabla 24.Evaluación método NIOSH, Transporte de caja de velocidades

EVALUACIÓN MÉTODO NIOSH: Transporte de caja de velocidades			
MEDICIÓN Y REGISTRO DATOS VARIABLES			
Criterios		Unidades	Observaciones
Peso del objeto (Kg)		49,1	Peso bruto de la caja velocidades
Distancias origen (cm)	Horizontal (H)	12	
	Vertical (V)	5	
Distancias destino (cm)	Horizontal (H)	12	
	Vertical (V)	20	
Angulo de asimetría (Grados) (A)	Origen	0	
	Destino	0	
Frecuencia (Levantamientos/ Minutos)		1	
Duración del levantamiento (min)		0,3	
Tiempos de recuperación (min)		>= 72	El tiempo de recuperación es mayor a 72 minutos, debido a que el cambio y por ende adquisición de una nueva caja o reparación de ella; el tiempo sobrepasara este limite
Tipo de agarre		Malo	La caja de velocidades está cubierta de capas de aceite valvulina, grasa, partículas de polvo.

Fuente: Autores

La medición y registro de datos de las variables se hizo uso de un flexómetro que permitió determinar las medidas de distancias horizontales y verticales, y el peso de la caja de velocidades se determinó por medio de una báscula, con respecto a las distancias verticales en el origen y destino, se aprecia una diferencia puesto que el descenso de esta pieza mecánica se hace sobre una plataforma que cuenta con una altura de 15 cm lo cual hace que la inclinación del cuerpo sobre el plano coronal anterior sea menor.

En las siguientes tablas se observará los resultados de la ecuación R.W.L. (Peso Máximo Recomendado) con los factores multiplicadores del levantamiento de la caja de velocidades en el punto de origen y puesto destino, dado que el factor de Distancia Vertical es diferente se debe solucionar los dos casos con el fin de hallar el menor índice R.W.L. el cual será utilizado en la ecuación de índice de levantamiento.

Tabla 25. Levantamiento de cargas en el origen

DATOS DEL LEVANTAMIENTO DE CARGAS EN EL ORIGEN		
Nombre de los factores multiplicadores	Criterio/Formula	Factores Multiplicadores
Constante de carga (LC)	Constante del método en (Kg)	23
Distancia Horizontal (HM)	$HM = \frac{25}{12}$	1
Distancia Vertical (VM)	$VM = (1 - 0.003\,\lvert 5 - 75 \rvert)$	0,790
Desplazamiento Vertical (DM)	$DM = 0.82 + (\frac{4.5}{15})$	1
Asimetría (AM)	$AM = 1 - (0.0032 * A)$	1
Frecuencia (FM)	$F = \frac{1}{15}$	1
Agarre (CM)	Malo	0,9

Fuente: Autores

Se aprecia en el cuadro, que los factores de Distancia Vertical y el Agarre tienen una puntuación de 0.790 y 0.9 respectivamente, sin embargo, los factores restantes se encuentran en condiciones normales con una puntuación de 1.

4.3.1.1. Ecuación de NIOSH en el origen

$$R.W.L. = (23 * 1 * 0.79 * 1 * 1 * 1 * 0.9)$$
$$R.W.L. = 16.353$$

La solución de la ecuación NIOSH en el origen dio como resultado que el peso de levantamiento recomendado en las condiciones evaluadas es de 16.353 Kg, “el carácter multiplicativo de la ecuación hace que el valor límite de peso recomendado vaya disminuyendo a medida que nos alejamos de las condiciones óptimas de levantamiento” (Nogareda Cuixart & Canosa Bravo , 1998).

Tabla 26.Levantamiento de cargas en el destino

DATOS DEL LEVANTAMIENTO DE CARGAS EN EL DESTINO		
Nombre de los factores multiplicadores	Criterio/Formula	Factores Multiplicadores
Constante de carga (LC)	Constante del método en (Kg)	23
Distancia Horizontal (HM)	$Hm = \frac{25}{12}$	1
Distancia Vertical (VM)	$VM = (1 - 0.003\ \|5 - 75\|)$	0,835
Desplazamiento Vertical (DM)	$DM = 0.82 + (\frac{4.5}{15})$	1
Asimetría (AM)	$AM = 1 - (0.0032 * A)$	1
Frecuencia (FM)	$F = \frac{1}{15}$	1
Agarre (CM)	Malo	0,9

Fuente: Autores

Los datos de los factores multiplicadores en el destino de la carga son similares a los resultados obtenidos en el origen de la misma, difieren en que el factor de Distancia Vertical tiene consigo un coeficiente más elevado el cual es de 0.835.

4.3.1.2. Ecuación de NIOSH en el destino

$$R.W.L. = 23 * 1 * 0.835 * 1 * 1 * 1 * 0.9$$
$$R.W.L. = 17.2845$$

La solución de la ecuación NIOSH en el punto destino dio como resultado que el peso optimo recomendado en estas condiciones es de 17.2845 Kg, por consiguiente, no se debe exceder este límite dado, porque a medida que suceda esto los "índices de lesiones musculoesqueléticas y los grados de severidad aumentan de manera considerable" (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 128).

Dado los resultados anteriores en las ecuaciones de NIOSH, se tomó como resultado base la operación con más bajo R.W.L. (Peso Máximo Recomendado), correspondiente al levantamiento de cargas en el origen debido a que la distancia vertical es más próxima entre los puntos medios de agarre de la pieza y el suelo, el cual fue utilizado para hallar el L.I (índice de levantamiento de cargas).

4.3.1.3. Ecuación del índice de levantamiento de carga

$$LI = \frac{49.1}{16.353}$$

$$L.I. = 3.002$$

El índice de levantamiento es equivalente a un coeficiente de 3.002, es decir que la tarea puede ocasionar problemas a la mayor parte de los trabajadores y por ende requiere modificaciones con el fin de evitar la generación de enfermedades o posibles accidentes de origen laboral. Asimismo, el L.I es "útil para identificar trabajos con un riesgo

significativo, siendo un buen predictor de la relación entre el riesgo por levantamiento manual de cargas y el dolor en la zona baja de la espalda". (Casado, 2012).

4.4. CUADRO FACTORES DE RIESGO VERSUS ENFERMEDADES LABORALES

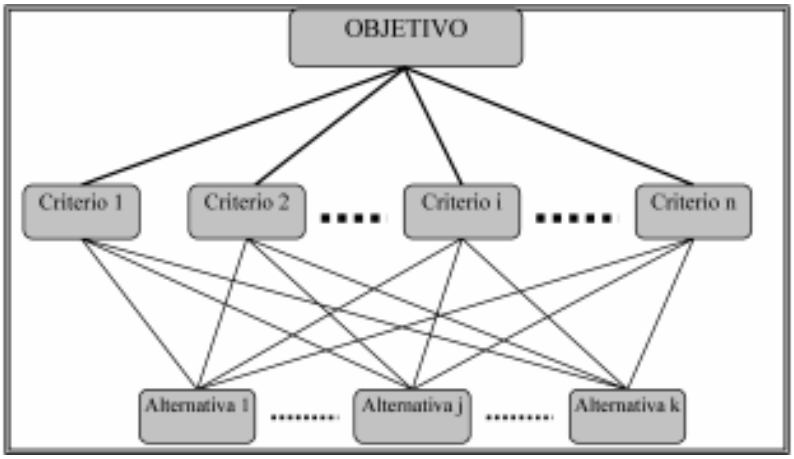
En el Anexo G se evidencia, los procesos evaluados pertenecientes a la actividad de mantenimiento y reparación de automotores, los factores de riesgo evaluados, mediante los métodos (RULA, NIOSH y OCRA), como también la relación con las enfermedades laborales derivadas de la exposición del trabajador, a estos tipos de riesgos biomecánicos, para lo cual se utilizó como principal fuente de información el Decreto 1477 de 2014 del Ministerio de Trabajo por el cual se expide la tabla de enfermedades laborales, que relaciona los agente etiológicos con los factores de riesgo ocupacional que deben tener en cuenta para la prevención de enfermedades laborales. (Misterio del Trabajo, 2014)

CAPITULO V

5. FASE III CATEGORIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MITIGACIÓN

El método AHP (Analytic Hierarchy Process) que traducido al idioma español significa Proceso Analítico Jerárquico, es una herramienta basada en un modelo matemático (Kroenke & Hein, 2011), el cual permite la toma de decisiones multicriterio, esto consiste en relacionar y tener en cuenta cada uno de los criterios establecidos, es de vital importancia contar con la información adecuada para tomar una decisión apropiada, esta resultara de una serie de interacciones entre las alternativas y los criterios, con ello se lograra establecer el ranking de alternativas que permita satisfacer la solución del problema (Osorio Gómez & Orjuela Cabrera, 2008).

Ilustración 8. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el método AHP



Fuente: Saaty, T.L.; Rogers, P y Pell, R

5.1. Definición de criterios de evaluación

"Los criterios son los medios por los que las distintas alternativas de solución se comparan entre sí sobre el objetivo de la toma de decisiones" (Ochoa Ramón, 2009), en ese orden ideas, estos pueden ser características específicas o preferencias organizacionales que dependen de la situación o problemas a evaluar. La relación de los riesgos biomecánicos y el sector de manteamiento y reparación de automotores ha proporcionado una serie de criterios a tener en cuenta para que los trabajadores de este sector no se vean afectados en la salud a nivel accidentes laborales y enfermedades de origen profesional.

Para establecer los juicios de evaluación se tuvo en cuenta los resultados del Cuestionario Nórdico Estandarizado, el cual proporciono las áreas corporales en las cuales el recurso humano de este sector han percibido sintomatologías en el transcurso de su vida laboral, los factores de riesgo hallados con su respectiva evaluación ergonómica a través de los métodos RULA, OCRA y NIOSH, y la identificación de las enfermedades laborales teniendo como referencia las ocupaciones que maneja el decreto 1477 del 2014 expedido por el Ministerio de Trabajo.

Tabla 27. Criterios de evaluación para el método A.H.P.

Criterios	Descripción
Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B.	Son esfuerzos físicos posturales que implican el uso de segmentos del sistema osteomuscular como la zonas cervical, dorsal y lumbar.
Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A.	Son esfuerzos físicos posturales que implican el uso de segmentos del sistema osteomuscular como las zonas brazo, antebrazo, mano y muñeca.
Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas.	Es un trabajo muscular de los grupos anatómicos A y B, donde se supera el límite de levantamiento de peso y los métodos de ejecución fuerza o herramientas no son soportados, sumado a ello los puntos de agarre son insuficientes para ejercer una adecuada operación.
Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.	Es un trabajo muscular en los miembros superiores, que se genera cuando hay una un alto requerimientos de movimientos que sobrepasa 50% de la jornada laboral.

Fuente: Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional

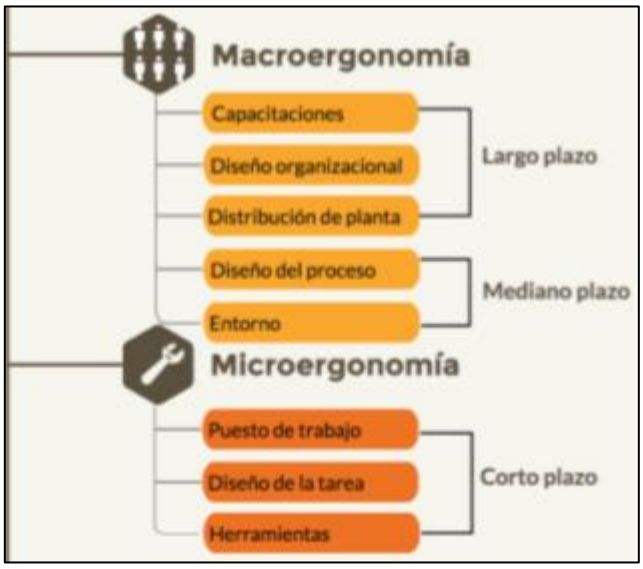
5.1.1. Definición de alternativas

Los métodos fueron seleccionados teniendo como referencia las fuentes de información primaria y secundaria, para esta investigación, estos serán catalogados como las alternativas de solución, las cuales permitirían generar las técnicas de mitigación o eliminación de riesgos biomecánicos con el fin de evitar lesiones o enfermedades de origen profesional.

Las alternativas que se presentaran posteriormente están enfocadas a las subdisciplinas de la ergonomía las cuales son la macroergonomía y microergonomía, la primera en mención tiene un enfoque más amplio… “de todo el diseño de sistemas de trabajo, examinando los entornos organizacionales, cultura, historia y objetivos definidos de

manera amplia” (Morel, Amalberti, & Chauvin, 2009), para cumplir todos los objetivos que la macroergonomia se plantea, se debe garantizar un pensamiento sistémico teniendo en cuenta los aspectos macro y micro, los cuales se componen de elementos como las personas, tecnología, la organización y el ambiente socioeconómicos, físico, educacional, político entre otros (Martínez, 2000), por otro lado la microergonomía hace hincapié principalmente en diseño del puesto de trabajo y las interfaces hombre-máquina y hombre-software como por ejemplo el “diseño de sillas, herramientas, posturas de trabajo, fuerzas, alturas de planos de trabajo, alcances entre otros, en su mayoría su enfoque está dirigido a resolver temas relacionados con los desórdenes musculo esqueléticos” (Rodríguez Ruiz & Pérez Mergarejo, 2015). Es importante precisar que las ventajas de la macroergonomia pueden brindar a una organización mejoras entre el 60 al 90%, mientras que la micro no sobrepasan del 25% (Costa dos Anjos, Diniz Pontes, & Gaspar Sousa, 2016), esto no quiere decir que la microergonomia no sea efectiva en un ámbito organizacional, por el contrario, si se desea consolidar una cultura ergonómica en el entorno laboral es necesario establecer un pensamiento estratégico.

Ilustración 9. Elementos de la micro ergonomía y la macroergonomia



Fuente: Camila Palacio González & Valeria Marín Londoño

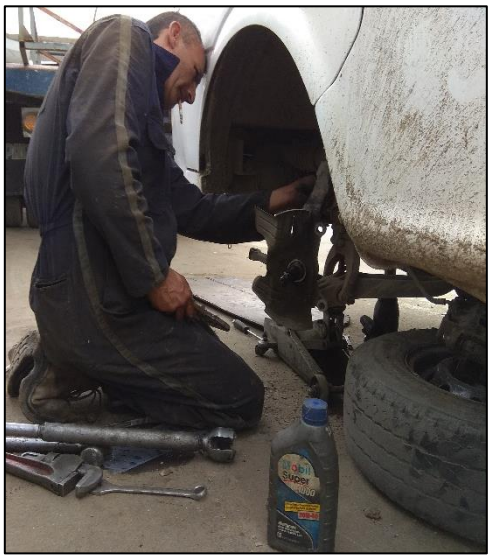
En la imagen interior se puede apreciar los elementos que conforman las subdisciplinas de la ergonomía y los tiempos en los cuales se pueden efectuar en las organizaciones.

Tabla 28. Métodos de mitigación de riesgos biomecánicos de la macroergonomia

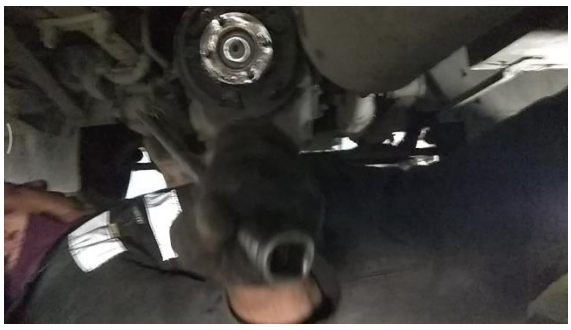
Elemento	Alternativa	Imagen y/o Descripción
Diseño organizacional	Ergonomía participativa	Constitución de un grupo de trabajo en el seno de una organización con la participación de todo el recurso humano, donde ellos principalmente generaran propuesta acciones preventivas, pero además de ello es necesario establecer otras funciones como el diagnostico, la evaluación y el seguimiento de las propuestas con el fin de conseguir las metas deseables. (García, Gadea, Sevilla, Genís, & Ronda, 2009)
Capacitación	Esquemas de entrenamientos de capacidad física	Método indirecto para conocer y fortalecer la capacidad física del recurso humano utilizando una prueba escalonada, ejerciendo entre 8 y 24 repeticiones por minuto. (Sisalema Rea, 2014)
Diseño organizacional	Reconocimientos médicos periódicos	Se deben practicar a los trabajadores que están en servicio con el fin de indicar si la labor que están desempeñando afecta su salud, y con ello se determinara la factibilidad de que continúe con su labor o cambie de funciones que no ponga en riesgo su bienestar. (Loza Ramos & Loza Ramos, 2017)
Capacitación	Capacitaciones	Es recomendable hacer capacitaciones con manual y complementarlo con equipo para el levantamiento de cargas, para que los trabajadores tengan presentes los factores de riesgo y así disminuir la incidencia de sintomatologías que pueden llegar a terminar en trastornos musculoesqueléticos que provoquen ausentismo. (Guerrero Cadena, 2016)

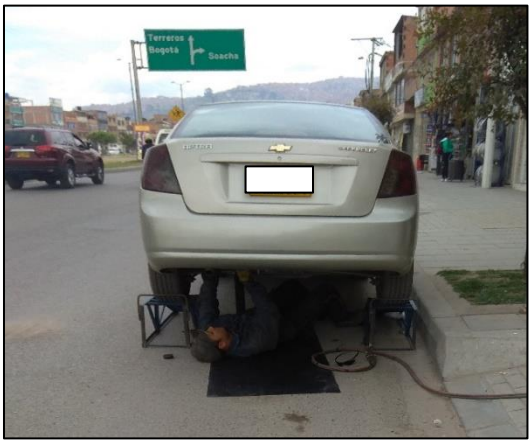
Fuente: Autores

Tabla 29. Método de mitigación de riesgos biomecánicos en la microergonomia

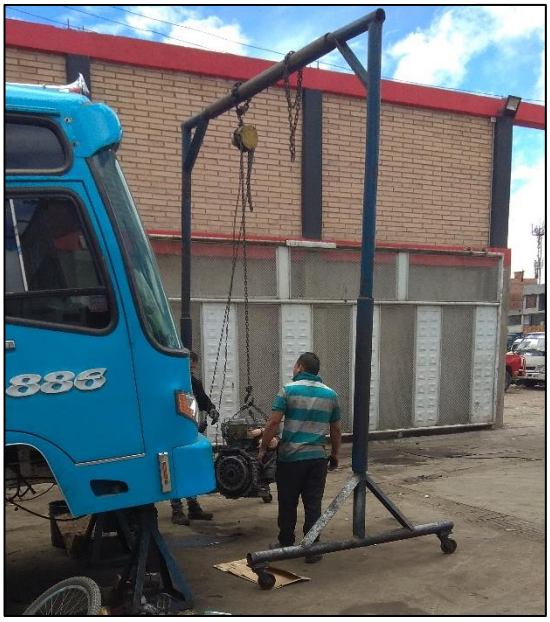
Elemento	Alternativa	Imagen y/o Descripción
Diseño de la tarea	Rodilleras	*Imagen 27. Rodilleras*  Fuente: Autores El uso de rodilleras en trabajos a la altura de la ruedas del automotor, permitira la disminucion de la carga fisica, evitando la fatiga y ademas de ello, los operarios obtendra un beneficio “reduciendo de esta manera lesiones en rodillas” (Vizuete Vizuete, 2015).
Diseño de la tarea	Protectores de tronco y abdomen	*Imagen 28.Protector de tronco* Fuente: Homecenter, 2018

		Las fajas o chalecos son elementos utilizados para mitigar los factores de riesgo de carga física y dinámica, en instancias donde se hacen presentes la manipulación de peso y los sobreesfuerzos posturales (Jiménez Pascual, 2013), reduciendo la fuerza ejercida sobre la espina dorsal y manteniendo la espalda alineada (Cistema-Suratep, 2018).,
Diseño de la tarea	Guantes	*Imagen 29. Guantes* Fuente: Rincón Becerra Ovidio, 2018 Son elementos necesarios cuando se hacen presentes los factores de riesgo por carga dinámica en situaciones de levantamiento y transporte de pesos, estos permiten a los trabajadores un buen agarre y estabilidad con los materiales, “optimizando la distribución de fuerzas sobre los tejidos de la mano” (Becerra Rincón, 2015)

Herramientas	Multiplicadores de fuerza	*Imagen 30. Multiplicadores de fuerza* Fuente: Autores Herramienta manual que permite la extracción de pernos, tuercas y tornillos insertados en los automotores, la cual concede la disminución de carga dinámica en el cuerpo del trabajador, reduciendo los movimientos repetitivos en miembros superiores y la generación de sobresfuerzos en la zona lumbar.
Herramientas	Herramientas de extensión magnéticas	*Imagen 31. Herramienta de extensión magnética*  Fuente: Autores

		Herramienta que permite la reducción de carga dinámica en los miembros superiores del trabajador, por ejecución de movimientos repetitivos en operaciones de torque, por otra parte, evita que las manos y muñecas ejerzan posiciones de supinación y pronación constantes.
Puesto de trabajo	Rampas de elevación	Estructura que proporciona la elevación del automotor, con la finalidad de reducir la carga física presentada en el grupo anatómico A, aminorando las posiciones de aducción en brazos, flexión en antebrazo y extensión en muñecas. *Imagen 32. Rampas de elevación*  Fuente: Autores

Puesto de trabajo	Elevadores Hidráulicos	*Imagen 33.Elevadores hidráulicos* Fuente: Autores Los elevadores son maquinas que permiten la disminución de la carga física en los grupos anatómicos A y B, son de vital importancia para operaciones donde los trabajadores están obligados a permanecer agachados o arrodillados durante un periodo de tiempo (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2017)

Diseño de la tarea	Grúas de elevación	*Imagen 34. Grúas de elevación*  Fuente: Autores Estructura que reduce el factor de carga dinámica por elevación, suspensión y transporte de cargas pesadas (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2017), este elemento genera la “prevención de lesiones de espalda y otras lesiones por carga de objetos” (Molina Ballón, 2006)
Diseño de la tarea	Rengasnostin	*Imagen 35.Rengasnostin* Fuente: Safeparts, 2018

		La máquina gata saca ruedas provee la reducción de carga dinámica y física en la extracción e inserción de las ruedas evitando que el trabajador ejerza posturas por debajo del plano corporal transversal. (Vizuete Vizuete, 2015)
Diseño de la tarea	Escaleras manuales	*Imagen 36. Escaleras manuales* Fuente: Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2018 Las escaleras con peldaños regulables otorgan una merma en la carga física del grupo anatómico A, debido a que evitan una postura de este grupo por encima de los hombros lo cual puede causar tendinitis y otras patologías (Guillén Fonseca, 2006), además inclinaciones de la zona dorsal sobre el plano coronal anterior. (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2017)
Diseño de la tarea	Camillas de trabajo	*Imagen 37. Camillas de trabajo* Fuente: Bt-Ingenieros,2018

		Estructura que brinda una disminución de la carga física en grupo anatómico B, ya que da soporte a los operadores en la zona posterior a nivel cervical y dorsal del cuerpo, para labores por debajo de los automotores. (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2017)
Diseño de la tarea	Silla con regulación de alturas	*Imagen 38. Silla con regulación de alturas* Fuente: Romero Abril; Belen Maria,2018 El Asiento con regulación de alturas, permite la merma de la carga física en el cuerpo de los operarios, puesto que se elude el trabajo en posición arrodillada y cuclillas, de esta forma se minimiza el riesgo de lesión. (Instituto de Seguridad y Salud Laboral, 2015)
Puesto de trabajo	Mesa elevadora	*Imagen 39. Mesa elevadora* Fuente: Vizuete Vizuete Cristhian Fabricio, 2018

		Estructura que provoca la disminución de la carga física y dinámica, puesto que permite ejercer una postura neutral en el grupo anatómico B en la manipulación de las piezas mecánicas y asiste en el transporte de cargas (Vizuete Vizuete, 2015).

Fuente: Autores

Las alternativas a utilizar en el método de categorización AHP son las que están inmersas en la subdisciplina de la microergonomía ya que son propuestas a corto plazo, donde la mayoría de ellas no requieren de grandes egresos por parte de las organizaciones y además su implementación se puede dar con mayor facilidad. En Cuba, universidades e instituciones preocupados por el bienestar del recurso de humano de este país han creado innumerables aplicaciones microergonomicas para solventar los problemas de seguridad y salud de los trabajadores (Mejias Herrera, 2018).

5.1.2. Escala numérica de Saaty aplicado

Para la comparación de criterios y alternativas en las diferentes matrices las cuales se evidenciaran posteriormente, se utilizó como referencia la escala numérica de Saaty, puesto que por medio de los juicios de las personas evaluadoras se hacen contrastes en términos de preferencia, probabilidad e importancia (Molero Melgarejo, Grindlay Moreno, & Asensio Rodríguez., 2007), este último en mención fue el que se utilizó en la presente categorización.

Tabla 30. Adaptación de la escala numérica de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente, importante	Los dos métodos contribuyen de igual manera en la mitigación del factor de riesgo (Puede que no contribuyan en nada o por el contrario lo hagan de la misma medida).

3	Modernamente importante	Uno de los métodos contribuye levemente más que el otro en la mitigación del factor de riesgo.
5	Fuertemente importante	Se favorece considerablemente uno de los métodos sobre el otro, puesto que su intervención permite la mitigación del factor riesgo en un mayor grado.
7	Importancia muy fuerte	Uno de los métodos predomina de forma destacada sobre el otro, debido a que su utilización genera un control intensivo en los factores de riesgo.
9	Extremadamente importante	Existe una preferencia absoluta de un método sobre el otro, ya que este ejerce una intervención que puede eliminar el factor de riesgo.
2,4,6,8		Cuando no existe una conciliación entre dos juicios adyacentes con referencia a la importancia de los métodos.

Fuente: Autores

Para efectuar la construcción de las matrices pareadas, se hace la comparación entre las alternativas o criterios, es por ello que en la diagonal de la matriz estarán las puntuaciones de 1 puesto que se hace una confrontación de elementos entre sí mismos, por otra parte "las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de la diagonal formada por el valor 1 tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de la diagonal" (Berumen & Llamazares Redondo, 2007), esto quiere decir, que si la valoración en la lado izquierdo es de 9 la contra parte tendrá una calificación de $1/9$.

5.1.3. Indicador razón de consistencia

Para hallar la razón de consistencia de cada una de las matrices pareadas fue necesario ejecutar una serie de operaciones que dan como resultado los factores de índice de consistencia y consistencia aleatoria, para el primero de ellos fue necesario normalizar las matrices de alternativas o criterios, esto se hizo dividiendo los resultados decisores sobre la sumatoria de cada una de las columnas, después de ello se hace un promedio de ponderación horizontal dando como resultado un vector de nx1 donde n es el número

de alternativas o criterios que se están evaluando, este vector se multiplico con la matriz de decisiones proporcionando una ponderación que al ser sumada da como producto el factor n_{max}, es importante resaltar que entre más cercana sea $n_{max,}$ a n el equilibrio de la matriz de comparación será mayor (Hurtado & Bruno, 2005), posterior a ello se prosiguió a encontrar los índices de consistencia, los cuales se pueden apreciar en el Anexo H.

La medida del IC.A., "es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria" (Hurtado & Bruno, 2005), este índice es dependiente al número de criterios o alternativas que se están comprando en el modelo matemático, en estas matrices se utilizaron 4 y 13 elementos respectivamente dando como resultados los siguientes índices de consistencia aleatoria.

- Indicie de consistencia aleatoria de los criterios

$$I.C.A = \frac{1.98\ \ (4-2)}{4}$$

$$I.C.A. = 0.99$$

- Índice de consistencia aleatoria de las alternativas

$$I.C.A = \frac{1.98\ \ (13-2)}{13}$$

$$I.C.A. = 0.99$$

5.2. Matriz de comparación de criterios

En la siguiente tabla se puede visualizar una fracción de la matriz de criterios con su respectivo porcentaje de ponderación, los cuales son necesarios para la priorización de las alternativas propuestas, la matriz completa se puede encontrar en el Anexo H

Tabla 31.Matriz de criterios

Criterios	Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B	Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A	Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.	Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas.	**Ponderación**
Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B	1	3	5	7	56%
Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A	1/3	1	1	5	20%
Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.	1/5	1	1	5	18%
Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas.	1/7	1/5	1/5	1	5%
Sumatoria	1 2/3	5 1/5	7 1/5	18	100%

Fuente: Autores

La matriz de ponderación de criterios muestra que después de los juicios decisorios, el criterio con mayor ponderación es la carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A con un 56%, seguido de la carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B y el criterio con menor relación es la carga dinámica por el transporte y levantamiento de cargas con un porcentaje del 5%., por otra parte el índice de razón de consistencia dio como resultado 0.08, lo cual determina la calidad de las puntuaciones establecidas en la matriz, ya que se encuentra por debajo del límite establecido el cual es de 0.10.

5.3. Matriz de alternativas con base al criterio de carga física por posturas de trabajo en grupo anatómico B.

En la siguiente tabla se podrá observar una parte de la matriz de alternativas teniendo como referencia el criterio carga física por posturas en el grupo anatómico B, para el desarrollo de la matriz completa, ver Anexo Método H.

Tabla 32. Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B

Criterio: Carga física por posturas de trabajo en grupo anatómico B	
Alternativas	**Ponderación**
Rodilleras	4%
Protectores de tronco	16%
Guantes	1%
Multiplicadores de fuerza	2%
Herramientas de extensión	4%
Rampas de elevación	8%
Elevadores Hidráulicos	28%
Grúas de elevación	1%
Rengasnostin	7%
Escaleras manuales	3%
Camillas de trabajo	14%
Sillas reguladoras	10%
Mesa elevadora	2%
Sumatoria	100%

Fuente: Autores

La ponderación de resultados dio como mejor alternativa para la mitigación de la carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B, los elevadores hidráulicos con un 28%, seguido de los protectores de tronco y camillas de trabajo con un 16 y 14% respectivamente, las alternativas que obtuvieron una menor ponderación fueron los guantes y las grúas de elevación con 1%; debido a que son elementos que ofrecen una nula o mínima ayuda en las operaciones donde la zona lumbar, dorsal y cervical ejercen posiciones corporales mantenidas o forzadas, por otra parte el indicador de razón de consistencia dio como resultado una puntuación de 0.087, considerando aceptable la matriz.

5.4. Matriz de alternativas con base al criterio de carga física por posturas de trabajo en grupo anatómico A.

En la tabla 33 se puede evidenciar un fragmento de la matriz de alternativas con base al criterio de carga física por postura de trabajo en el grupo anatómico A, en el Anexo H se encuentra la solución completa de la matriz.

Tabla 33. Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A

Criterio: Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A	
Alternativas	**Ponderación**
Rodilleras	2%
Protectores de tronco	2%
Guantes	2%
Multiplicadores de fuerza	4%
Herramientas de extensión	11%
Rampas de elevación	4%
Elevadores Hidráulicos	29%
Grúas de elevación	2%
Rengasnostin	14%
Escaleras manuales	15%
Camillas de trabajo	2%
Sillas reguladoras	4%
Mesa elevadora	8%
Sumatoria	100%

Fuente: Autores

La ponderación de la matriz otorgo como resultado que las alternativas para mitigar el factor riesgo de carga física en miembros superiores son los elevadores hidráulicos en primera instancia con un 29%, seguido por las escaleras manuales y el rengasnostin con un 15 y 14% respectivamente, en contraste se encuentra que las rodilleras, protectores de tronco, guantes y camillas de trabajo solo obtuvieron el 2%; puesto que la mayoría de estos métodos están enfocados a disminuir la carga física postural del grupo anatómico B, a diferencia de los primeros en mención los cuales asisten al recurso humano de este sector a tener los objetos o elementos de trabajo lo más cerca posible del alcance de sus brazos evitando así hacer excesivas extensiones (Organización Internacional del Trabajo), por otra parte la razón de consistencia de esta matriz dio como resultado un indicador de 0.081, lo cual significa que la matriz no necesita modificaciones.

5.5. Matriz de alternativas con base al criterio de carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.

A continuación, se puede visualizar la tabla 34 la cual muestra una fracción de la matriz de ponderación de las alternativas tomando como alusión el criterio de carga física por movimientos repetitivos en miembros superiores, ver Anexo H para contemplar la matriz en su totalidad.

Tabla 34. Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A

Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.	
Alternativas	**Ponderación**
Rodilleras	2%
Protectores de tronco	2%
Guantes	2%
Multiplicadores de fuerza	19%
Herramientas de extensión	28%
Rampas de elevación	4%
Elevadores Hidráulicos	12%
Grúas de elevación	2%
Rengasnostin	2%
Escaleras manuales	5%
Camillas de trabajo	3%
Sillas reguladoras	5%
Mesa elevadora	13%
Sumatoria	100%

Fuente: Autores

La ponderación de la matriz de alternativas teniendo como referencia el criterio de carga dinámica por movimientos repetitivos, dio como resultado que las herramientas de extensión son el mejor método de mitigación con el 28%, seguido del multiplicador de fuerza y mesa elevadora con un 19 y 13% respectivamente, así mismo las alternativas que menor influencia tienen sobre este criterio son las rodilleras, protectores de tronco, guantes, grúas de elevación y rengasnostin con un 2%;puesto que no son métodos orientados a brindar controles a nivel de fuerza manual, preservación de los miembros superiores en una posición neutral o que permitan adaptar el entorno de trabajo reduciendo distancias de alcance (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2001), en cuanto el indicador de razón de consistencia dio como resultado 0.091.

5.6. Matriz de alternativas con base al criterio de dinámica por el levantamiento y transporte de cargas

En la siguiente tabla se puede apreciar una fracción de la matriz que confronta las alternativas con el criterio de carga dinámica por el levantamiento y transporte de pesos, en el Anexo H se puede visualizar completamente.

Tabla 35. Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas

Criterio: Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas	
Alternativas	**Ponderación**
Rodilleras	2%
Protectores de tronco	17%
Guantes	7%
Multiplicadores de fuerza	2%
Herramientas de extensión	2%
CRampas de elevación	2%
Elevadores Hidráulicos	5%
Grúas de elevación	26%
Rengasnostin	12%

Escaleras manuales	2%
Camillas de trabajo	2%
Sillas reguladoras	2%
Mesa elevadora	18%
Sumatoria	100%

Fuente: Autores

La ponderación de la matriz de alternativas y el criterio dio como resultado que el método de mitigación más significativo es la grúa de elevación con un 26%, seguido por la mesa elevadora y el protector de tronco-abdomen con un porcentaje de 18 y 17% respectivamente, por otra parte las alternativas que influyen menos en la mitigación de este criterio fueron las rodilleras, sillas reguladoras, escaleras manuales, camillas de trabajo, rampas de elevación, multiplicador de fuerza y herramientas de extensión con un 2%; ya que estas alternativas no evitan el desplazamiento manual de cargas o en su defecto no son adaptaciones ergonómicas que permiten reducir el riesgo al mínimo (Luttmann, y otros, 2004). El indicador razón de consistencia dio como resultado una puntuación de 0.074, determinando que la matriz no tiene inconsistencias mayores y es confiable.

5.7. Priorización de las alternativas

Para la solución de la matriz de priorización de alternativas fue necesario tener en cuenta cada uno de los resultados obtenidos en función a los criterios de evaluación mencionados anteriormente, con ellos se realizó una ponderación considerando el resultado dado por la matriz de comparación de criterios la cual proporciono porcentajes representativos a cada uno de ellos, en la siguiente tabla se visualizaran los resultados del ranking de alternativas que permiten la mitigación de los factores de riesgo biomecánico en el sector de mantenimiento y reparación de automotores.

Tabla 36.Priorización de alternativas

Priorización de alternativas					
Criterio / **Alternativa**	Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico B	Carga física por posturas de trabajo en el grupo anatómico A	Carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A.	Carga dinámica por el levantamiento y transporte de cargas.	**Priorización**
Rodilleras	4%	2%	2%	2%	3,1%
Protectores de tronco	16%	2%	2%	17%	10,5%
Guantes	1%	2%	2%	7%	1,8%
Multiplicadores de fuerza	2%	4%	19%	2%	5,6%
Herramientas de extensión	4%	11%	28%	2%	9,9%
Rampas de elevación	8%	4%	4%	2%	6,0%
Elevadores Hidráulicos	28%	29%	12%	5%	24,3%
Grúas de elevación	1%	2%	2%	26%	2,8%
Rengasnostin	7%	14%	2%	12%	7,7%
Escaleras manuales	3%	15%	5%	2%	5,7%
Camillas de trabajo	14%	2%	3%	2%	8,8%
Sillas reguladoras	10%	4%	5%	2%	7,5%
Mesa elevadora	2%	8%	13%	18%	6,4%
Ponderación	56%	20%	18%	5%	100%

Fuente: Autores

La matriz de priorización proporcionó como resultado que la alternativa de mitigación de los riesgos biomecánicos por el factor de carga física en los grupos anatómicos A-B y el factor de carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A y

levantamiento-transporte de cargas más significativa es el elevador hidráulico con un 24.3%, seguido por los protectores de tronco y las herramientas de extensión con un 10.5 y 9.9% respectivamente, por otra parte las alternativas que obtuvieron los menores porcentajes de influencia fueron los guantes y las grúas de elevación con un porcentaje de 1.8 y 2.8%, no obstante la adquisición de un elevador hidráulico para cada una de las compañías de este sector no es viable puesto que, según el censo empresarial del 2010, la división de servicios cuenta con un 23% de informalidad encabezada por la actividad económica de mantenimiento y reparación de automotores y para el 2015 el municipio de Soacha registro una informalidad del 51.9% con 8.4 puntos porcentuales por encima del promedio de la sabana cundinamarqués (Secretaria de Desarrollo Económico, 2015); esto es coherente con los resultados obtenidos ya que, el 37% de la muestra no se encuentra registrada ante la Cámara de Comercio de Bogotá, por esto se infiere que estos establecimientos no cuentan con la capacidad adquisitiva para hacer una inversión que ronda entre los 3'000.000 y los 8'000.0000 de pesos colombianos, además la gran mayoría de estos prestan sus servicios en las vías públicas de Soacha, lo cual implicaría una inversión extra en adecuación o compra terrenos para la instalación de este sistema, por esta razón se asume la búsqueda de un sistema que permita de manera gradual ejecutar el mismo nivel de mitigación sobre los riesgos biomecánicos por el factor de carga física en los grupos anatómicos A-B y el factor de carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A y levantamiento-transporte de cargas, en el cual no sea necesario la elevación del automotor por encima del plano trasversal superior corporal, y en lugar de ello, facilitara la ejecución de las operaciones al nivel de la superficie(suelo) brindando un confort postural en los grupos anatómicos A y B, especialmente en la espalda, brazos y antebrazos, procurando mantener "la mano alineada con el antebrazo, la espalda recta y los hombros en posición de reposo" (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2001) puesto que fueron los de mayor índice de sintomatologías halladas por el cuestionario nórdico, sumado a esto los resultados obtenidos en las evaluaciones ergonómicas como RULA y OCRA la cuales indican que se deben hacer cambios a los métodos de trabajo de manera inmediata.

Nota: Se realizó la validación de los métodos para la mitigación de riesgos biomecánicos, y su ponderación de acuerdo a los criterios presentados, esta validación fue hecha por profesional egresado en Fisioterapia con diplomado en rehabilitación clínica dermatofuncional de la Universidad Manuela Beltrán, quien los encontró adecuados para el objetivo planteado. Ver Anexo I

CAPITULO VI

6. Fase IV Integración de alternativas de mitigación

A partir de los resultados obtenidos del cuestionario nórdico estandarizado y la evaluación ergonómica (RULA, OCRA, NIOSH) se aprecia la necesidad de establecer métodos de trabajo que minimicen los riesgos biomecánicos en el sector de reparación y mantenimiento de automotores y consecuentemente la incidencia de sintomatologías musculoesqueléticos en los trabajadores, dado que “las estrategias actuales limitan su alcance al desarrollo de programas de intervención clínica y rehabilitación y a la implementación de programas de vigilancia epidemiológica que no han mostrado los resultados esperados en términos de prevención” (Rincones Ortiz & Castro Calderón, 2016).

La integración de los métodos con mayor ponderación resultantes de la aplicación del método AHP permite abordar distintos factores de riesgo, presentes en cada uno de los procesos, teniendo en cuenta los elementos establecidos por la microergonomia los cuales son puesto de trabajo, diseño de la tarea y herramientas, es importante resaltar que para tener un mejor control sobre los riesgos biomecánicos es necesario el uso de varios métodos que se ocupen de los factores de riesgo, de una manera integral. (Ver Anexo J)

6.1. DISEÑO DEL DISPOSITIVO REMAES

Para el diseño del dispositivo REMAES, se consideraron algunos aspectos de la NTC 5655 la cual establece los “Principios Para El Diseño Ergonómico De Sistemas De Trabajo”, con el propósito de preservar la salud de los trabajadores y contribuir al logro de los objetivos económicos de las organizaciones, está en mención tiene un proceso de diseño de cinco etapas el cual permite generar una gestión iterativa y estructurada del proceso de diseño teniendo en cuenta requisitos humanos, sociales y técnicos.

6.1.1. Formulación de objetivos (Análisis de necesidades)

El objetivo del dispositivo Remaes es “Disminuir los trastornos musculo esqueléticos al recurso humano del sector de mantenimiento y reparación de automotores del municipio de Soacha”, para ello en la tabla 37, se pueden apreciar las generalidades a tener en cuenta para el análisis de necesidades del diseño del nuevo sistema de trabajo.

Tabla 37. Análisis de necesidades

Características del recurso humano	El personal que trabaja en este sector es de género masculino con un rango de edad entre los 19 y 75 años, los cuales no poseen ningún tipo de limitaciones físicas o cognitivas para ejercer esta labor.
Necesidades	El mantenimiento y reparación de automotores tiene una variedad de procesos, los cuales son llevados a cabo por los trabajadores de formas inadecuadas en cuanto a las posiciones corporales que son tomadas para su ejecución, como por ejemplo los que están involucrados con el sistema de frenos, suspensión y transmisión entre otros; estos tienen como común denominador operaciones donde es necesario el acceso por debajo de los automotores o a la altura de las llantas, donde se adoptan posturas mantenidas o forzadas en los grupos osteomusculares de miembros superiores y las zona dorsal, lumbar y cervical, convirtiéndose en carga física y dinámica que pueden generar sintomatologías que perjudiquen el bienestar y salud del trabajador.

Fuente: Autores

6.1.2. Análisis y asignación de funciones

En esta etapa se definieron las funciones dentro del sistema a diseñar, además de ello, se realizó la asignación de estas, a las personas y medios de trabajo correspondientes, teniendo en cuenta las especificaciones mencionadas previamente, y aquellos elementos humanos, técnicos que son necesarios para cumplir los requisitos del sistema previsto.

Tabla 38. Asignación de funciones

Personal/Elemento Designado	Funciones
Mecánicos	Utilizar el dispositivo en las operaciones en las que involucren el desplazamiento o trabajo por debajo de los automotores y en aquellas en las que sea necesario adoptar posturas de cuclillas o arrodillados.
	Generar un adecuado uso del dispositivo y en especial del sistema de reclinación.
Jefes/Supervisores	Incentivar el uso del dispositivo en todas las operaciones en las que se pueda aprovechar sus beneficios, con la finalidad de salvaguardar el bienestar de los trabajadores.
	Gestionar de manera oportuna el mantenimiento preventivo del dispositivo.
Ruedas	Movilizar el dispositivo por los sitios de trabajo donde es requerido, además por medios de los frenos que están poseen permitirán que el trabajo estático sea estable.
Reclinador mecánico	Reclinar el dispositivo al ángulo requerido por el operario para ejercer su trabajo de forma cómoda.
Soporte lumbar, dorsal y cervical	Generar un apoyo para en estas con el fin de minimizar la fatiga laboral en los ciclos de trabajo prolongados.
Luces LED	Proporcionar luz artificial en espacios de trabajo donde no haya presencia de la luz natural.
Caja de herramientas e insumos	Resguardar y facilitar el alcance a las herramienta e insumos de trabajo necesarios en las operaciones

Fuente: Autores

6.1.3. Diseño Básico

El diseño del dispositivo Remaes fue elaborado por medio del software denominado Rhinoceros, el cual permitió la modelación gráfica, esta se puede evidenciar en el Anexo K, para la ejecución del diseño se tuvieron en cuenta algunos aspectos físicos dimensionales tomando como referencia el estudio antropométrico de la población latinoamericana (Ávila Chaurand, Prado León, & González Muñoz, 2007), este sistema permitirá la movilización del operario con mayor facilidad por debajo del automotor evitando esfuerzos en el desplazamiento y acomodación del cuerpo para ejercer su trabajo, además por medio de los frenos ubicados en la parte posterior; el trabajo estático se verá beneficiado, puesto que, impedirá que el dispositivo se deslice cuando se ejecuten movimientos repetitivos con fuerza en labores como el torque, asimismo, este dispositivo tiene la facultad adoptar posiciones de sedente y cubito supino entre los 90 y

160° según sea requerimiento de la operación brindándole un soporte en los niveles lumbares, cervicales y dorsales, esto es gracias a que la estructura está compuesta de espuma de alta densidad D26 la cual permite “cualquier tipo de peso, proporcionando un descanso suave, flexible y con una mayor durabilidad” (Delgado Lafuente, 2016), por otra parte, otorga que de manera gradual se eliminen los tiempos improductivos en la búsqueda herramientas, por medio de una estructura que está ubicada en la zona izquierda del dispositivo, en la cual estas se guardaran allí a la espera de ser utilizadas, por el ultimo el sistema está dotado con un circuito de luz LED el cual facilitara la visión en espacios donde haya ausencia de luz natural y además sea una señal preventiva de que hay personal ejecutando labores de mantenimiento por debajo del automotor.

6.1.4. Diseño detallado

Para ejecución de un buen trabajo es de gran importancia los aspectos como la reducción de estrés y el consumo de energía y esto puede ser dado gracias a la comodidad que se siente al estar sentado (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 144), es por esto que el dispositivo Remaes está enfocado en ello, puesto que se evidencio que es necesario mejorar las condiciones ergonómicas en los procesos anteriormente visualizados, además al mantener en posición neutral brazos y manos , sin adoptar posiciones forzadas y manteniendo las curvaturas de la columna en su estado natural; se evita que los desórdenes de tipo físico se hagan presentes (Mak Huerta & Ramirez Escobar), no obstante para obtener los resultados esperados es necesario contar con el espacio de trabajo adecuado para el sistema, teniendo como referencia dos aspectos para un buen funcionamiento, en primera instancia es necesario que la superficie de trabajo proporcione el mínimo de fricción con las ruedas del dispositivo, esto quiere decir, que si el pavimento no se encuentra en óptimas condiciones, los beneficios ergonómicos ofrecidos por el dispositivo serán demitidos, en segunda instancia, es de vital importancia para el abordaje de la función del trabajo por debajo del automotor una articulación con otro elemento que permita la elevación del carro y por consiguiente el uso efectivo del dispositivo, puesto que si es sumado la altura de este más la contextura del trabajador será imposible el acceso.

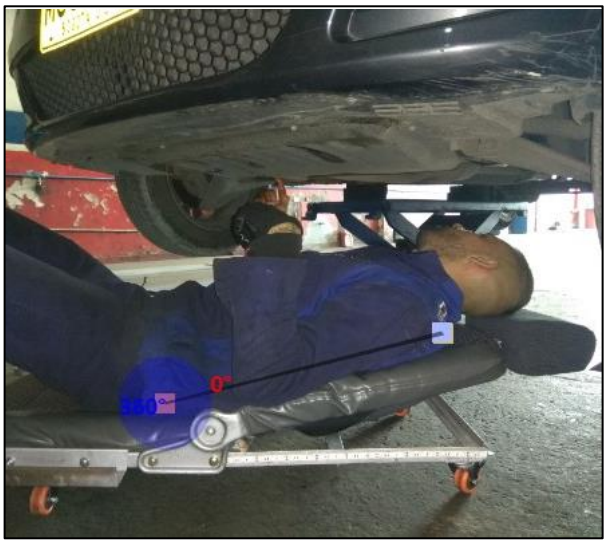
6.2. Fase V Retroalimentación

6.2.1. Realización, implementación y validación

La realización y validación del sistema, se fundamentó en la socialización del dispositivo Remaes con el recurso humano del sector de mantenimiento y reparación de automotores del municipio de Soacha, ver Anexo L, en donde se mostraron las facultades del dispositivo en la labor y su forma de uso por medio de la interacción con este, además, los trabajadores brindaron su punto de vista en referencia a la ayuda que les aportaría la implementación de este dispositivo en cada uno de los talleres del sector, a continuación se evidenciaran las imágenes donde se determinan los ángulos de posición de las zonas corporales que interactúan con el dispositivo.

6.2.1.1. Ángulo de inclinación en el tronco

Imagen 40. Angulo de flexión zona dorsal y lumbar – decúbito supino



Fuente: Autores

Imagen 41. Angulo de flexión zona dorsal y lumbar posición

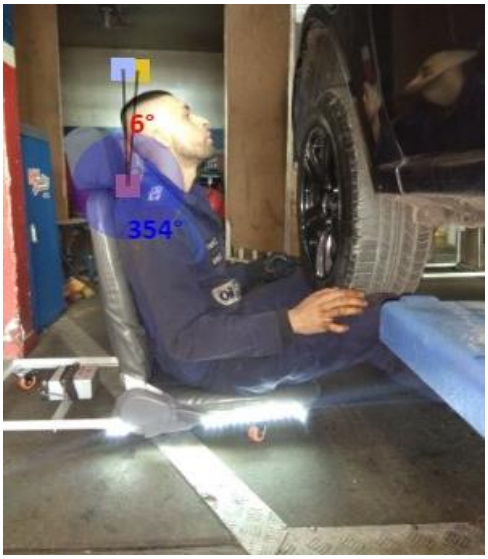
Fuente: Autores

6.2.1.2. Ángulo de inclinación del cuello

Imagen 42. Angulo de flexión en la zona cervical-decúbito supino

Fuente: Autores

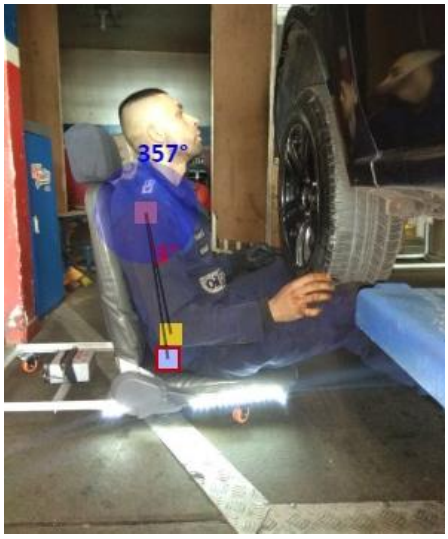
Imagen 43.Angulo de flexión en la zona cervical



Fuente: Autores

6.2.1.3. Ángulo de inclinación de brazos

Imagen 44. Angulo de flexión en miembros superiores



Fuente: Autores

Imagen 45.Angulo de flexión en miembros superiores- decúbito supino

Fuente: Autores

6.2.1.4. Angulo de inclinación antebrazo

Imagen 46. Angulo de inclinación de miembros superiores (Antebrazo) - sedente

Fuente: Autores

Imagen 47. Angulo de inclinación de miembros superiores (Antebrazo) – decúbito supino

Fuente: Autores

Con base en las imágenes previamente vistas, se observa que la carga física en los grupos anatómicos A y B tienen una disminución considerable, dado que las puntuaciones dadas por el método RULA lo corroboran, en ese orden ideas los ángulos de inclinación de las áreas dorsal y lumbar fueron 1 cuando se encuentra en posición sedente y de 2 cuando esta de cubito supino, a nivel cervical se observa que la postura del cuello no sobrepasa el límite de los 10° lo cual genera una puntuación de 1 también, por otra parte para la zona de los brazos cuenta con una puntuación de 2 ya que se encuentra en un rango entre los 20 y los -20°, para finalizar los antebrazos obtienen una puntuación de 1, puesto que los ángulos ejercidos en la labor se encuentran entre los 60 y 100°.

6.3. Lista de verificación de deficiencia postural

El método cualitativo CDT (Cumulative Trauma Disores), permite el análisis de riesgo teniendo en cuenta factores de frecuencia, fuerza, misceláneo y postural, este último en mención tiene la facultad de convertirse en una lista de verificación para identificar las posturas deficientes y como una clave para el diseño o el rediseño de puestos de trabajo,

a continuación, en la tabla 39 se evidenciará los resultados obtenidos por el dispositivo Ramaes.

Tabla 39. Lista de verificación posturas en el dispositivo Remaes

Lista de verificación para la identificación de posturas deficientes en el dispositivo Remaes				
Empresas: Talleres mecánicos de Soacha, Cundinamarca		Indicador de posturas deficientes	38%	
Área: Mantenimiento y reparación de automotores				
Método de trabajo: Propuesto				
Descripción del trabajo:	Operaciones ejercidas sobre las zonas inferiores de los automotores, como la reparación y mantenimiento de ruedas, sistema de frenos, suspensión, cambio piezas mecánicas entre otros.			
	0	1	2	3
Postura de trabajo	Sentado	Parado		
Postura de las manos 1: Presión de pulpo	No	Si		
Postura de las manos 2: Presión en el costado	No	Si		
Postura de las manos 3: Presión sobre la palma	No	Si		
Posturas de las manos 4: Presión sobre el dedo	No	Si		
Postura de las manos 5: Agarre con fuerza	Si	No		
Tipo de alcance	Horizontal	Arriba/ Abajo		
Posición de la mano 1: Flexión	No	Si		
Posición de la mano2: Extensión	No	Si		
Desviación de la mano: Radial	No	Si		
Deviación de la mano: Cubital	No	Si		
Rotación del antebrazo	Neutral	Hacia adentro/ Hacia Afuera		

Ángulos de los codos	.=90°	≠90°		
Abducción de los hombros	0	<45°	<90°	>90°
Flexión de los hombros	0	<90°	<180°	>180°
Angulo de la zona cervical	0	<45°	<90°	>90°
Angulo de la zona dorsal y lumbar	0	<45°	<90°	>90°
Equilibrio	Si	No		

Fuente: Niebel,2009

La lista de verificación compuesta por 18 criterios de evaluación, proporciono como resultado que el dispositivo tiene un 38% de deficiencia postural, debido a que su enfoque no está dirigido a las posiciones ejercidas por las de las manos y muñecas, no obstante, demuestra que el nivel de mitigación del riesgo biomecánico en los grupos osteomusculares de las regiones lumbares, dorsales y cervicales sumados los brazos y antebrazos es significativo.

CONCLUSIONES

- ✓ A partir de los resultados del cuestionario de aspectos organizacionales se concluye que de las empresas que participaron en el estudio, el 98,7% de ellas son microempresas dado que cuentan con un personal no superior a los 10 empleados y el restante 2,3% pertenecen a pequeñas empresas, por otra parte, el 37% de ellas están en condiciones de informalidad dado que no se encuentran registradas ante la cámara de comercio.

- ✓ La aplicación del cuestionario nórdico estandarizado permitió identificar la presencia de sintomatologías musculoesqueléticas, en este caso la mayor prevalencia fue presentada por la zona dorsal o lumbar con un 61%, seguido de mano o muñeca con un 56%, hombros con un 54%, y la zona corporal con menor incidencia fue cuello con 38%, siendo un indicador de la presencia de riesgos biomecánicos en esta actividad, lo cual es consistente con estudios previamente establecidos que indican que en Colombia la mayoría de los trastornos músculos esqueléticos por exposición a riesgos biomecánicos, están relacionados con la espalda y extremidades superiores.

- ✓ Existen diversos tratamientos para las sintomatologías musculoesqueléticas, como el suministro de analgésicos guiados por la escalera analgésica de la OMS, férulas, terapia física, intervención quirúrgica según la severidad y evolución de la patología, entre otras que son aplicadas de acuerdo al TME (trastorno musculoesquelético), en este caso del 69% de la muestra que tuvo alguna sintomatología en los últimos 12 meses solo el 36% de ellos se vieron obligados a recurrir a tratamientos médicos.

- ✓ La evaluación RULA permitió determinar que en este sector los trabajadores se encuentran expuestos a un nivel de riesgo entre 3 - 4 por carga física postural, evidenciando la necesidad de rediseñar e implementar cambios urgentes en el método y el puesto de trabajo, por otra parte, la posición de cuclillas en todos los procesos obtuvo una valoración de riesgo 3, decúbito supino y trabajo de pie reflejaron un nivel de riesgo 4.

- ✓ Con la aplicación del Método OCRA se determinó que, en el proceso de cambio de bomba de agua, se presenta un alto grado de carga dinámica, dado que la valoración del riesgo fue “inaceptable medio” en este caso el tiempo empleado en la realización de movimientos repetitivos supera el 50%, y no se cuenta con los tiempos de recuperación adecuados, por otra parte, la mano derecha debe ejercer la mayor cantidad de acciones técnicas efectivas.

- ✓ Por medio de la evaluación de riesgos con el método NIOSH se determinó que la operación de transporte y levantamiento de cargas en el proceso de cambio de caja velocidades, proporciona un riesgo para la salud de los trabajadores, puesto que están expuestos a padecer enfermedades o accidentes de origen laboral, debido a que se sobrepasa el peso limite recomendado en las condiciones laborales actuales en un 284%.

- ✓ A partir de la solución del método de categorización AHP, en el cual se asumieron los criterios de carga física en los grupos anatómicos A-B y el factor de carga dinámica por movimientos repetitivos en el grupo anatómico A y levantamiento o transporte de cargas se determinó que las alternativas de mitigación de riesgos biomecánicos más relevantes en el sector automotriz son los elevadores hidráulicos con un 24.3 % y los protectores de tronco con un 10.5%, puesto que son métodos que tienen un impacto positivo a nivel disminución de carga en dos o más de los criterios mencionados anteriormente.

- ✓ Se determino que ningún método de mitigación de riesgo biomecánico está en la capacidad de disminuir de forma simultánea los factores de riesgo presentados en el sector, por ello es necesario la integración de las diferentes técnicas de trabajo, ya que así se alcanzará una sinergia de carácter positivo, dando como resultado la reducción de los índices de enfermedades y accidentes de origen laboral en esta profesión.

- ✓ Se estableció un sistema de trabajo ergonómico basado en los factores de riesgo predominantes del sector de mantenimiento y reparación de automotores, con el fin de aminorarlos de forma simultánea, este proporciono resultados positivos a niveles posturales puesto que la puntuación de los criterios intervinientes con el método RULA estuvieron entre 1 y 2, sumado a ello obtuvo un 38% en la lista verificación de posturas deficientes, lo cual permite concluir que su implementación beneficiaria al recurso humano de este sector.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se requiere de un estudio a nivel macroergonomico en el sector de mantenimiento y reparación de automotores puesto que existen una variedad de situaciones a mejorar a nivel organizacional, procesos y distribución en los cuales se verían beneficiados tanto los trabajadores como los pequeños empresarios de sector.

- ✓ Se sugiere la implementación del dispositivo Remaes, sumado a ello la documentación de la guía de uso y su respectivo mantenimiento preventivo el cual permitirá la adecuada manipulación del sistema, sumado a ello la capacitación con el fin de facilitar la apropiación del conocimiento de uso.

BIBLIOGRAFIA

Asensio-Cuesta , S., Diego Mas , J., & Alcaide Marzal, J. (2010). EVALUACIÓN DE UN PUESTO DE TRABAJO PARA REDUCIR LA INCIDENCIA DE TRASTORNOS MÚSCULO-ESQUELÉTICOS APLICANDO EL MÉTODO CHECK LIST OCRA. *XIV INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT ENGINEERING*.

López Torres, B. P., González Muñoz, l. L., Colunga Rodríguez, C., & Oliva López, E. (2014). Evaluación de Sobrecarga Postural en Trabajadores: Revisión de la Literatura. *Cienc Trab. vol.16 no.50*.

Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Karel, B., Salas, E., & Hendrick, H. (2005). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods.* ISBN 0-415-28700-6 .

A. Berumen, S., & LLamazares Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuad.Adm.Bogota(Colombia), 20(34)*, 65-87.

Alcaldia de Soacha-Cundinamarca. (2010). *Alcaldia de Soacha-Cundinamarca*. Obtenido de http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/index.shtml?apc=v-xx1-&x=1486712

Álvarez, J. L., & Jurgenson, G. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa fundamentos y metodología.* Mexico: Paidós Mexica S.A.

Aquiles Gay, L. (2004). *El diseño industrial en la historia.* Argentina: EDICIONES teC .

Arenas Ortiz, L., & Cantú Gómez, Ó. (2013). Factores de riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales. *Medicina Interna de México Volumen 29, núm. 4*, 370-379.

ARL SURA. (2018). *ARL SURA*. Obtenido de https://www.arlsura.com/index.php/centro-de-legislacion-sp-26862/161-sectorsalud/sector-salud-/946-prevencion-y-manejo-de-los-accidentes-biologicos

Armijo O, S., Aqueveque A, A., & Rodríguez A, G. (2002). "Estudio de Casos: Efectividad de un Protocolo Kinésico en Pacientes con Dolor Lumbar Crónico." Experiencia Clínica. . *Of del Col Kinesiólogos Chile*, 41-46.

Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2007). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana.* Mexico: Universidad de Guadalajara.

Bardahl. (s.f.). *Bardahl*. Recuperado el 31 de Agosto de 2018, de https://www.bardahl.com.mx/mantenimiento-la-transmision-manual/

Barrero, L. H. (2014). Ergonomía en floricultura en Colombia: Resultados y Lecciones . *Rev Ciencia Salud 2014; 12 (Especial)*, 45-53.

Becerra Rincón, O. (2015). *Guantes de protección hacia la adapatabilidad antropométrica y anatómica.* Bogotá.

Berumen, S. A., & Llamazares Redondo, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuaderno de Administración*, 363-375.

Bridgestone. (2018). *Bridgestone*. Obtenido de https://www.bridgestone.com.mx/es/nosotros/tips-bridgestone/que-es-alineacion-y-balanceo-de-un-auto

Cámara de Comercio de Bogotá. (2010). *Resultados Censo Empresarial Municipio de Soacha.* Bogotá.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Caracterización Ecónomica y Empresarial de 19 Municipios de Cundinamarca.* Bogotá D.C.

Cámara de Comercio de Bogotá. (31 de Agosto de 2018). *Cámara de Comercio de Bogotá*. Obtenido de Cámara de Comercio de Bogotá

Campuseina. (17 de 10 de 2018). *Campuseina*. Recuperado el 31 de Agosto de 2018, de http://campuseina.com/mod/book/tool/print/index.php?id=7760&chapterid=9596

Campuseina. (s.f.). *Campuseina*. Obtenido de http://campuseina.com/mod/book/tool/print/index.php?id=7760&chapterid=9596

Cárdenas, C. G. (2010). MANEJO DE LOS DESORDENES MUSCULOESQUELETICOS DE MIEMBRO SUPERIOR CON TERAPIA NEURAL: UNA REVISION DE LA LITERATURA. Bogotá: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA .

Casado, E. Á. (Julio de 2012). ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN AL RIESGO POR LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS EN CONDICIONES DE ALTA VARIABILIDAD. Barcelona: Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya.

Chavenato, I. (2007). *INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN.* Mexico: Mc-Graw-Hill.

Cistema-Suratep. (2018). *ARLSURA*. Obtenido de https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/27-prevencion/ergonomia-anterior/418-cinturones-ergonomicos

Colciencias. (22 de 10 de 2018). *COLCIENCIAS.* Obtenido de http://www.colciencias.gov.co/cultura-en-ctei/apropiacion-social/definicion

Congreso de la Republica. (2011). Ley 1450 de 20111.

Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo. (11 de Febrero de 2011). *Secretaría de Eduacuación Publica.* Obtenido de https://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/FRENO_TAMBOR.pdf

Costa dos Anjos, M. G., Diniz Pontes, T. C., & Gaspar Sousa, C. N. (2016). Um levantamente bibliografico sobre o contexto histórico da macroergonomia. *Revista dos encontros internacionais Ergotrip Design*, 322-329.

DANE. (06 de 04 de 2018). *Departamento Administrativo Nacional de Estadistica.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/jobinfantil/bol_trab_inf_2017.pdf

Delgado Lafuente, L. (2016). Diseño de una silla ergonómica para instrumentistas de orquesta sinfonica. *Universidad de Valladolid*.

Díaz S , P., & Fernández S. , P. (2001). La distribución normal. *Cad Aten Primaria*, 268-274. .

Díaz, F. P. (2005). Tipos de dolor y escala terapéutica de la O.M.S. Dolor iatrogénico. *Instituto Madrileño de Oncología San Francisco de Asís*, 139-143.

EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Caja_de_velocidades

El Tiempo. (13 de 10 de 2013). *EL TIEMPO*. Obtenido de https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13128617

ERGON. (18 de Marzo de 2017). *ERGON*. Obtenido de www.ergo.com

Escalante, M. (2009). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo. *Latin Amarican and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 7.

Euro Taller. (22 de Enero de 2016). *Euro Taller*. Obtenido de http://www.eurotaller.com/noticia/que-mantenimiento-necesita-una-caja-de-cambios-manual

Ferrer, A. (25 de Febrero de 2015). *autonoción.com*. Obtenido de https://www.autonocion.com/frenos-disco-tambor-componentes-tipos-funcionamiento/

Fonseca, M. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista Cubana Enfermeria v.22 n.4*.

García García, M., Sánchez-Lite, A., Camacho, A. M., & Domingo, R. (2013). ANÁLISIS DE MÉTODOS DE VALORACIÓN POSTURAL EN LAS HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN VIRTUAL PARA LA INGENIERÍA DE FABRICACIÓN. *DYNA, Volumen 80, Número 181*, 5-15.

García, A. M., Gadea, R., Sevilla, M. J., Genís, S., & Ronda, E. (2009). ERGONOMÍA PARTICIPATIVA: EMPODERAMIENTO DE LOS TRABAJADORES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS. *Esp Salud Publica 2009: 83*, 509-518.

Gomez, J. O. (2014). El papel de la ergonomía en el cambio de la condiciones de trabajo: Perspectivasen America Latina . *Ciencia y Salud*, 5-8.

Grupo SKF. (2014). Bombas de agua. *Asistencia técnica* . Buenos Aires, Argentina.

Guerrero Cadena, K. S. (2016). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN CON MANUAL Y SIN MANUAL PARA LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES MÚSCULO ESQUELÉTICAS DE LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE MOLINO DE LA EMPRESA MOCEPROSA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA EN EL AÑO 2016.* Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.

Guillén Fonseca, M. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupaciona. *Revista Cubana de Enfermeria*.

Guimaraes, L. d., Anzanello, M., & Renner, J. (2012). A learning curve- based method to implement multifuntional work teams in the Brazilian footwear sector . *Applied Ergonomics*, 541-547.

Gutierrez Cubillos, A. C., Cuellar Barreto, C. A., & Ortiz Salom, S. N. (2016). *TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN TRABAJDORES DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ; REVISIÓN DE LA LITERATURA 2000 A 2016.* Bogotá.

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma.* Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Gutiérrez Strauss, A. M. (2011). *Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional.* Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Hernández, A. d. (2016). Utilidad de las metodologías REBA, RULA y OCRA para valorar la carga física en trabajadores de una empresa del sector floricultor. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia: Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de: Magister en Salud y Seguridad en el Trabajo.

Hurtado, T., & Bruno, G. (2005). El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. *Universidad Nacional de San Marcos*.

I. Leirós, L. (2009). Historia de la Ergonomía o de como la Ciencia del Trabajo se basa en verdades tomadas de la Psicología. *Revista de Historia de la Psicología*, 33-53.

IEA. (2006). *IEA 50TH ANNIVERSARY.* Zurich: International Ergonomics Association .

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2013). *Una doble mirada al trabajo infantil en Colombia.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

Instituto de Seguridad y Salud Laboral. (25 de Noviembre de 2015). *Region de Murcia.* Obtenido de http://www.carm.es/web/servlet/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=FD-112.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=102862&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c740$m6061

Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (2003). Guía Técnica para la Manipulación Manual de Cargas. Madrid.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2001). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.* Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/ErgaFP/2001/ErFP28_01.pdf

International Association for the Study of Pain. (1994). *International Association for the Study of Pain*. Obtenido de http://www.iasp-pain.org/index.aspx

Jiménez Pascual, A. (2013). PROPUESTA DE REHABILITACIÓN Y CAMBIO DE USO A CASA DE COLONIAS . *Universitat Politecnica de Catalunya*.

Juno Natarén, J., & Noriega Elío, M. (2004). Los trastornos musculoesqueléticos y la fatiga como indicadores de deficiencias ergonómicas y en la organización del trabajo. *Salud de los trabajadores*, 27-41.

Juno Natharen, J., & Noriega Elio, M. (2004). Los transtornos musculoesqueléticos y fatiga como factores de deficiencias ergonómicas y en la organzación del trabajo. *Salud de los trabajadores/ Volumen 12/ N° 2*, 27-41.

Kroenke, A., & Hein, N. (2011). AVALIAÇÃO DE EMPRESAS POR MEIO DE INDICADORES DE ATIVIDADE: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP. *REGE Revista de Gestao*, 605-620.

Kuorinka, B., Jonsson, A., Kilbom, H., Vinterberg, F., Biering, D., & Andersson, G. (1987). Standardised Nordic Questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Ergon*, 233-237.

Ladino Valbuena, B. R., & Martínez Rodríguez, O. A. (2017). DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CAJAS DE VELOCIDADES,MECÁNICAS, DE AUTOMÓVILES PARA CESVI COLOMBIA. *Proyecto Integral de Grado para optar el título de Ingeniero Mecanico*. Bogotá.

Lopez Arquillos, A., & Rubio Romero, J. (2016). Analysis of Workplace Accidents in Automotive Reapir Workshops. *Safety and Health at Work*, 231-236.

Lopez Arquillos, A., & Rubio Romero, J. (2016). Analysis of Workplace Accidents in Automotive Repair Workshops . *Safety and Health at Work 7* , 231-236.

Loza Ramos, R. O., & Loza Ramos, M. V. (2017). *Diseño e implementación de normativas de seguridad industrial para la manipulación de máquinas y herramientas en la ractificacion de motores.* 2017: Universidad Internacional Del Ecuador.

Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F., & Organization, W. H. (2004). *Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar e trabajo.* Francia: Organización Mundial de la Salud.

Mak Huerta, V. C., & Ramirez Escobar, R. A. (s.f.). Diseño y adecuaciones a las estaciones de trabajo para el aumento de la capacidad productiva del trabajador. *Revista De Difusión Técnico Cientifica De Instituto Tecnológico De Nogales*, 8-12.

Martinez, M., & Alvarado Muñoz, R. (2017). Validación del cuestionario nórdico estandarizado de síntomas musculoesqueléticos para la población trabajadora Chilena adicionando una escala de dolor. *Revista de Salud Pública, (XXI)*, 41-51.

Martínez, M., Ortiz, R., Rios, H., & Acosta, R. (2010). Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz. *Cultivos Tropicales Vol. 31*.

Martínez, R. M. (2000). *UN PASO HACIA EL FUTURO: EL DESARROLLO DE LA MACROERGONOMIA.* Habana: Boletin general de los factores humanos.

Mas, D., & Antonio, J. (2015). *Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de http://www.ergonautas.upv.es/listado_metodos.htm

Mas, D., & Antonio, J. (10 de 2018). *Ergonautas,Universidad Politecnica de Valencia.* Obtenido de https://www.ergonautas.upv.es/ergonomia/evaluacion.html

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the irwestigation of world-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 91-99.

Mejias Herrera, S. H. (2018). Las herramientas de intervención ergonomica: consideraciones conceptuales y experiencias practicas en Cuba y Brazil. *Ingenieria Industrial vol. 39*, 3-14.

Michelin. (19 de 08 de 2018). *MICHELIN.* Obtenido de https://www.michelin.es/neumaticos/consejos/guia-de-mantenimiento/alineacion-de-ruedas

Minesterio de la Protección Social. (2007). *Primera Encuesta Nacional de Condiciones de Salud y Trabajo en el Sistema.* Bogotá.

Ministerio de Empleo y Seguridad Social. (2017). *Buenas prácticas ergonomicas en talleres de automoción.* Umivale.

Ministerio de la Protección Social. (2011). Giía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio de Potección Social. (2011). Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (22 de Mayo de 1979). *ARL SURA.* Obtenido de https://arlsura.com/files/resolucion_2400_1979.pdf

Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social. (22 de 05 de 1979). RESOLUCIÓN 2400 DE 1979.

Ministerio del Trabajo. (2013). *II Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos Laborales.* Bogotá.

Ministerio del Trabajo. (2016). *Indicadores del sistema general de riesgos laborales cifras 2011-2015.*

Misterio del Trabajo. (5 de agosto de 2014). Decreto 147 de 2014.

Molero Melgarejo, E., Grindlay Moreno, A. L., & Asensio Rodríguez., J. J. (2007). ESCENARIOS DE APTITUD Y MODELIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL EVALUACIÓN MULTICRITERIO. *Revista Interncacional de Ciencia y Tecnologia de la Informacion Geografica*, 120-147.

Molina Ballón, J. (2006). Aplicación de Técnicas de Diseño de Proyectos al Diseño de un Taller de Reparación deAutomóviles en Barcelona. *Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*.

Moradi, M., Poursadeghiyan, M., Khammar, A., Hami, M., Darsnj, A., & Yarmohammadi, H. (2017). REBA method for the ergonomic risk assessment of auto mechanics postural stress caused by working conditions in Kermanshah (Iran). *Annals of Tropical Medicine and Public Health* | *Volume 10* | *Issue 3* , 589-594.

Morales Gil, A., & Lopez Ontiveros, A. (1972). La localización industrial en el área urbana de Murcia. *Papeles de Geografía*, 168.

Morel, G., Amalberti, R., & Chauvin, C. (2009). How good micro/macro ergonomics may improve resilience, but not necessarily safety. *Safety Science 47 (2)*, 285-294.

MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L. (11 de sep de 2018). *MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L.* Obtenido de https://www.ms-motorservice.es/: https://www.ms-motorservice.es/

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* Mexico DF: Mc-Graw Hill.

Nieto, M. P. (1999). Situación económica en la tercera edad. *Papeles de población*, 86.

Nogareda Cuixart , S., & Canosa Bravo , M. (1998). NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. España: CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO.

Noriega Elío, M., Borrón Soto, A., Sierra Martínez, O., Méndez Ramírez, I., Navarro, P., & Cruz Flores, C. (2005). La polémica sobre las lumbalgias y su relación con el trabajo: estudio retrospectivo en trabajadores con invalidez. *Cadernos de Saúde Publica* , 887-897.

Ochoa Ramón, J. L. (2009). *CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR EN PAÍSES EN DESARROLLO.* Barcelona: Universitar Politécnica de Catalunya.

Ordóñez, C. A., Gómez, E., & P. C, A. (2016). Desórdenes músculo esqueléticos relacionados con el trabajo. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 24-30.

Organización Internacional del Trabajo. (s.f.). *Organización Internacional del Trabajo.* Recuperado el 26 de Octubre de 2018, de http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm

Ortiz, L. E. (2004). ESTUDIO DE LOS RIESGOS QUÍMICOS, ERGONÓMICOS Y ACCIDENTES LABORALES EN MÉDICOS VETERINARIOS DEDICADOS AL TRABAJO CON ANIMALES MAYORES EN EL AREA DE TEMUCO . CHILE .

Osorio Gómez, J., & Orjuela Cabrera, J. (2008). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN. *Scientia Et Technica*, 247-252.

Pihedradíta L, H. (2014). Algunas experiencias de la aplicación de la ergonomía en el sector minero. *Rev Ciencia Salud 2014; 12 (Especial)*, 69-76.

Pimienta Lastra, R. (2000). Encuesta probabilísticas vs. no probabilísticas. *Politica y Cultura*, 263-276.

Pino, J. M. (1995). *NTP 391 Herramientas manuales (I): condiciones generales de seguridad. .* España: INSHT.

Prevalia. (2013). *Riesgos ergonómicos y medidas preventivas en ls empresas lideradas por jovenes empresarios.* Madrid: Fundación para la prevención de riesgos laborales.

Red Operativa de Desguaces Españoles. (s.f.). *Ro-Des*. Obtenido de https://www.ro-des.com/mecanica/caja-de-cambios/

Restrepo, A. V. (15 de Febrero de 2012). *Sura*. Obtenido de https://www.sura.com/blogs/autos/como-funcionan-frenos.aspx

Rincones Ortiz, A. P., & Castro Calderón, E. (2015). Prevención de desórdenes musculoesqueléticos de origen aboral en Colombia: un estudio de futuro para el año 2025. *Rev Cienc Salud 2016;14(Especial)*, 45-56.

Rincones Ortiz, A., & Castro Calderón, E. (2016). Prevención de desórdenes musculoesqueléticos de origen aboral en Colombia: un estudio de futuro para el año 2025. *Rev Cienc Salud 2016;14(Especial)*, 45-56.

Rodriguez Jaime, M. J., & Morar Catalá, J. (2001). Estadística informática: casos y ejemplos con el spss. Universidad de Alicante.

Rodríguez Marquéz, E. d., Medina Chacon, E. R., & Manero Alfret, R. (2008). Evaluación del nivel de riesgo a lesiones múscu esqueléticas en el sector automotriz Venezolano . *Universidad Ciencia y Tecnología*, 147-156.

Rodriguez Marquez, E., Chacon, E., & Manero, A. (2008). Estudio ergonomico en el sector automotriz venezolano. *Universidad de Ciencia y Tecnologia*, 147-156.

Rodríguez Ruiz, Y., & Pérez Mergarejo, E. (2015). Modelo de Madurez de Ergonomía: una herramienta para el diagnóstico a nivel organizacional. Medellin: Universidad de Antioquia.

Rodríguez, E. M. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Juridico Económico Escurialse*, 215-332.

Rodriguez, G. (s.f.). *Manual del Diseño Industrial.* Mexico: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.

Ruano, A. (15 de Noviembre de 2016). *Sertrans*. Obtenido de http://www.sertrans.es/consejos-para-el-transporte/los-frenos-cuidado-y-mantenimiento/

Ruiz, L. R. (2011). MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS ECUACIÓN DE NIOSH. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías.

Saéz, S. R. (s.f.). Evaluación de Riesgos Ergonómicos mediante el Método RULA. En S. R. Saéz. Universidad de Valladolid.

Sampieri Hernandez, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. Mexico: McGraw-Hill.

Secretaria de Desarrollo Económico. (2015). *Boletin de Municipios No. 14.* Bogotá D.C.

Simoneau , S., St-Vincent, M., & Chicoine, D. (s.f.). *Lesiones por movimientos repetitivos y como prevenirlos, compprenderlas para prevenirlas.* Unidad de salud laboral de la Escuela Valenciana de Estudios de la Salud (EVES).

Sion filtros. (2017). *Sion Filtros Cambio de Aceite Seguro Bogotá*. Obtenido de http://www.sionfiltros.com/servicios.php#aceite

Sisalema Rea, J. M. (2014). *Factores de riesgo ergonómico y la salud laboral en el personal del área de remojo y pelambre de la Empresa Curtiduría Tungurahua SA de la Ciudad de Ambato.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industria.

Tauber, L. (2001). La construcción del significado de la distribución normal a partir de actividades de análisis de datos. *Universidad de Granada*, 276. Obtenido de https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Tesisliliana.pdf

Todaro, R., Godoy, L., & Abramo, L. (2001). Desempeño laboral de hombres y mujeres: opinan los empresarios. *Scielo*, 229.

Tolosa-Guzmán, I. (2014). Riesgos biomecánicos asociados al desorden músculo esquelético en pacientes del régimen contributivo que consultan a un centro

ambulatorio en Madrid,Cundinamarca, Colombia. *Rev Cienc Salud. 2015;13(1)*, 25-38.

Vallejo, A. F. (2009). Mantenimiento actualización y operación del sitema de alineación , balanceo y desllantaje de ruedas del laboratorio de mecánica de patio. Lactacunga.

Vanegas, A. R. (23 de Julio de 2014). *Sura*. Obtenido de https://www.sura.com/blogs/autos/alineacion-vehiculo.aspx

Vargas Porras, P., Orjuela, R. M., & Vargas Porras, C. (2013). Lesiones osteomusculares de miembros superiores y region lumbar: Caracterizacion demografica y ocupacional. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2001-2009. *Enfermeria Global* .

Vizuete Vizuete, C. F. (2015). *GESTIÓN PREVENTIVA DE RIESGOS ERGONOMICOS EN LOS PUESTOS DE TRABAJO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y TALLERES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

W. Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* Mexico: McGraw-Hill.

Xavier Lima, I. A., Meneghini Belmonte, L., Pereira Moro, R. A., Quintero, M., & Armando. (2016). Incomodidad Corporal, Carga Física y Nivel de Flexibilidad en Trabajadores del Sector Administrativo de una Institución de Enseñanza Superior en Florianópolis, del Sur de Brasil. *Ciencia & Trabajo*, 145-149.

Zagarra, R., & Andara, M. (2012). Análisis de riesgos ergonomicos, a traves de los metodos Reba y Rula. *Unexpo*, 252-259.