

Transformación del trabajo como estrategia ergonómica.

Caso Instrumentadora Quirúrgica en empresa

María José González Carvajal

Trabajo de grado presentado para optar título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Directora:

María Fernanda Maradei García

PhD Ingeniería, línea Ergonomía

Codirectora:

Clara Isabel López Gualdrón

PhD (c) Ingeniería, línea Gestión de la Innovación

Grupo de Investigación:

Ergonomía, Producto y Significado GEPS

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Maestría en Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	17
1. Revisión	21
1.1 Revisión de la literatura	21
1.1.1 La situación de trabajo como factor desencadenante de enfermedades laborales y desórdenes musculo esqueléticos.....	23
1.1.2 Métodos de evaluación ergonómica aplicados en situaciones de trabajo homólogas a la de Soporte Quirúrgico.....	25
1.2 Revisión de la situación de trabajo en MEDIIMPLANTES S.A.	27
1.2.1 Acerca de la empresa MEDIIMPLANTES S.A.	27
1.2.2 Descripción general de la observación realizada en la empresa.	28
1.2.3 Diagnóstico de la situación de trabajo encontrada en la actividad de Soporte e Instrumentación quirúrgica en empresa.	30
2. Planteamiento y justificación del problema	36
3. Objetivos	39
3.1 Objetivo general.....	39
3.2 Objetivos específicos	40

4. Metodología	41
4.1 Diseño del estudio	41
4.2 fase 1: Situación de trabajo simulada real en el laboratorio	43
4.2.1 Materiales y métodos.	43
4.2.2 Procedimiento de la prueba.....	46
4.2.3 Análisis estadístico de datos.	53
4.3 Fase 2: Simulación virtual de la situación de trabajo real y de la propuesta de transformación en el Software JACK.	56
4.3.1 Materiales y métodos.	56
4.3.2 Etapa 1: Simulación virtual de la situación de trabajo real, en el Software JACK.....	59
4.3.2.1 Análisis estadístico de los datos.....	63
4.3.3 etapa 2: Consideraciones para la etapa de simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo.	65
4.3.4 Artefacto propuesto para el desarrollo de la actividad de la instrumentadora quirúrgica en empresa.	71
5. Validación de la propuesta de transformación.....	78
6. Resultados	80
6.1 Fase 1: Simulación real de la situación de trabajo	80
6.1.1 Participantes.	80
6.1.2 Comportamiento Postural.	81
6.1.3 Actividad Muscular.....	89

6.2 Fase 2: Simulación virtual de la situación de trabajo real en JACK y de la propuesta de transformación	90
6.2.1 Caracterización de las maniquíes.....	90
6.2.2 Comportamiento Postural.	91
6.2.3 Tensión Muscular.....	93
6.2.4 Presión Intradiscal.....	100
6.2.5 Tiempo.	104
7. Discusión de resultados.....	105
8. Conclusiones	113
Referencias Bibliograficas	117
Apéndices.....	125

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Datos antropométricos (peso, estatura y percentil) de cada una de las participantes de la prueba experimental, dando cumplimiento del criterio de inclusión para la selección de la muestra n=50.	57
Tabla 2. Descripción de la muestra de participantes del estudio (n=50).	80
Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la Flexión del Codo, n=50.....	81
Tabla 4. Tabla ANOVA para la Flexión del Codo. n=50	82
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la Flexión de Espalda n=50.....	84
Tabla 6. Tabla ANOVA para la Flexión de Espalda, n=50	85
Tabla 7. Promedios para los músculos LES y RA respecto a las alturas y tareas realizadas. n=50	89
Tabla 8. Comparación de los promedios para los músculos LES y RA respecto a las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual real y en la propuesta de transformación para la muestra n=50.....	93
Tabla 9. Comparación de medias por medio de ANOVA para LES en las alturas y tareas entre simulación virtual real para la muestra n=50.	94
Tabla 9. Comparación de medias por medio de ANOVA para LES en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual de la propuesta de transformación (n=50).....	96
Tabla 10. Comparación de medias por medio de ANOVA para RA en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual real, n=50.....	97

Tabla 11.	ANOVA para RA en las alturas y tareas realizadas en la propuesta de transformación, n=50.	99
Tabla 12.	Promedios para la presión Intradiscal (L4/L5) respecto a las alturas y tareas realizadas, n=50.	100
Tabla 12.	ANOVA para Presión Intradiscal en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual, n=50	101
Tabla 13.	ANOVA para Presión Intradiscal en las alturas y tareas realizadas en la propuesta de transformación, n=50.	102
Tabla 14.	Prueba T de los tiempos identificados en la fase real respecto a la fase modificada, a partir de un desplazamiento sin carga partiendo de la muestra n=50.	104

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Matriz de palabras clave utilizada en la búsqueda de literatura científica	22
Figura 2. Nube de palabras de mayor co-ocurrencia, identificadas en los documentos analizados y codificados en el software Nvivo.....	23
Figura 3. Espacio de trabajo del área de soporte quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A, donde se realiza el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.....	32
Figura 4. Tareas que desarrolla el instrumentador quirúrgico en empresa, relacionadas con el alistamiento de instrumental.	33
Figura 5. Flujo de trabajo identificado en la observación realizada a la situación de trabajo real del personal de Soporte Quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A.	33
Figura 6. Comportamiento postural identificado durante el desarrollo de la tarea correspondiente al alistamiento del instrumental y material quirúrgico.....	35
Figura 7. Elemento para el manejo de cargas, proporcionado por la empresa Mediimplantes S.A. al personal de Instrumentación Quirúrgica.	35
Figura 8. Objetivos específicos	40
Figura 9. Fases de investigación.....	41
Figura 10. Diseño del estudio.....	41
Figura 11. Características demográficas de la muestra poblacional seleccionada para el desarrollo de la fase 1.....	44
Figura 12. Relación de las variables independientes y variables dependientes.	44
Figura 13. Etapas de la fase de simulación real en el laboratorio.	47

Figura 14. Ubicación del equipo de electromiografía en los músculos RA y LES.	49
Figura 15. Ubicación de la participante para la identificación de la MVC para los músculos RA y LES.....	50
Figura 16. Señalización de los puntos anatómicos necesarios para la medición de los ángulos de codo y espalda.	51
Figura 17. Diagrama de procesos de evaluación observacional.....	52
Figura 18. Análisis de datos electromiográficos en el software MATLAB.	55
Figura 19. Descripción de las etapas de la fase 2 y sus variables.	58
Figura 20. Etapas de la fase de simulación virtual de la situación de trabajo real en el software JACK.....	60
Figura 21. Vistas del espacio de trabajo modelado en el software CAD Rhinoceros.	61
Figura 22. Procedimiento para el desarrollo de la simulación virtual.	63
Figura 23. Proceso desarrollado en torno a la simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo.....	65
Figura 24. Propuesta para la redistribución del espacio de trabajo del área de Soporte Quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A.....	67
Figura 25. Sistemas y elementos comúnmente utilizados para el traslado de carga.	70
Figura 26. Horquillas de montacargas.....	72
Figura 27. Artefacto propuesto dentro de la fase de transformación, para facilitar el manejo, levantamiento y traslado de cargas en la actividad relacionada con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.	73
Figura 28. Comportamiento del elemento propuesto en cada una de las 5 tareas que conforman la actividad correspondiente al alistamiento de instrumental y material quirúrgico.	74

Figura 29. Simulación de la ejecución del protocolo experimental utilizando el elemento propuesto.....	79
Figura 30. Distribución de las participantes en función del percentil según peso y estatura. (n=50)	81
Figura 31. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Flexión del Codo en las aturas y tareas establecidas n=50.	83
Figura 32. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Flexión de Espalda en las aturas y tareas establecidas, n=50.	85
Figura 33. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Extensión de Espalda en las aturas y tareas establecidas., para la muestra n=50.....	87
Figura 34. Diagrama de barras para el riesgo del método OWAS en las aturas y tareas establecidas, para la muestra n=50.....	88
Figura 35. Opción para la caracterización de cada maniquí.....	91
Figura 36. Diagrama comparativo del riesgo postural asociado a la situación de trabajo real respecto al riesgo asociado a la simulación virtual de la transformación, según el método OWAS para la muestra n=50.	92
Figura 37. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación virtual de la situación de trabajo real, n=50.....	95
Figura 38. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación de la propuesta de transformación, n=50.	97
Figura 39. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de RA identificada en la simulación virtual de la situación de trabajo real.	98

- Figura 40. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación virtual de la propuesta de transformación. 100
- Figura 41. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con los valores identificados para la presión intradiscal del segmento L4/L5 en la simulación virtual de la situación de trabajo real, para la selección de la muestra $n=50$ 103
- Figura 42. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con los valores identificados para la presión intradiscal del segmento L4/L5 en la simulación de la propuesta de transformación, para la selección de la muestra $n=50$ 103
- Figura 43. Tiempo identificado en la situación de trabajo real respecto al tiempo previsto dentro de la situación de trabajo modificada. 105

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Artículo Científico	125

Resumen

Título: Transformación del trabajo como estrategia para mejorar la productividad. Caso instrumentadora quirúrgica en empresa*.

Autor: María José González Carvajal**

Palabras clave: Ergonomía, productividad, factores de riesgo, carga biomecánica, actividad muscular, comportamiento postural.

Descripción

Este trabajo de investigación presenta evidencia que relaciona la influencia de la exposición a factores de riesgo por carga biomecánica en la actividad laboral que desarrolla el personal de Instrumentación o Soporte Quirúrgico en empresa, en torno a la tarea de alistamiento del instrumental y material quirúrgico. Teniendo en cuenta que en el proceso de revisión de literatura no se encontraron estudios desarrollados puntualmente en esta situación de trabajo, fue necesario tomar como referencia otros estudios desarrollados en situaciones de trabajo homologas, cuyo factor común con la presente investigación fue la exposición al riesgo biomecánico. En ese sentido, los hallazgos obtenidos en el proceso de revisión, dieron lugar al planteamiento de dos fases experimentales. La primera fase obedece a la simulación de la situación de trabajo en un entorno real, donde se replicaron las características físicas de la estación de trabajo identificadas en la evaluación observacional, permitiendo que las participantes desarrollaran el protocolo de trabajo establecido bajo condiciones reales. Por otra parte, con base en los hallazgos obtenidos en el estudio experimental (fase 1), se realizó la simulación virtual humana en el software JACK como primera etapa de la fase 2, simulando cada maniquí tomando como referencia los datos antropométricos solicitados (peso y estatura), el comportamiento postural adoptado en cada tarea, el espacio de trabajo y los elementos necesarios para el desarrollo del protocolo de trabajo. Los datos obtenidos en esta etapa fueron contrastados con una propuesta de transformación del trabajo (etapa 2), la cual también fue simulada de forma virtual identificando en efecto, datos relacionados con el comportamiento postural, tensión muscular y presión intradiscal. De esta manera se encontró que existe un efecto positivo, en la interacción de la trabajadora con el artefacto propuesto dentro del espacio de trabajo modificado, validando la transformación planteada.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en Ingeniería Industrial. María Fernanda Maradei García, PhD Ingeniería, línea Ergonomía. Codirectora: Clara Isabel López Gualdrón, PhD (c) Ingeniería, línea Gestión de la Innovación.

Abstract

Title: Transformation of work as a strategy to improve productivity. Surgical instrumentation case in the company*.

Author: María José González Carvajal**

Keywords: Ergonomics, productivity, risk factors, biomechanical load, muscular activity, postural behavior.

Description

This research presents evidence that relates the influence of exposure to risk factors due to biomechanical load, in the work activity carried out by Instrumentation or Surgical Support staff in companies, around the task of preparing instruments and surgical equipment. Taking into account that in the literature review process no studies were found that were developed punctually in this work situation, it was necessary to take as reference other studies developed in homologous work situations, whose common factor with the present investigation was exposure to biomechanical risk. In this sense, the findings obtained in the review process gave rise to the proposal of two experimental phases. The first phase is due to the simulation of the work situation in a real environment, where the physical characteristics of the workstation identified in the observational evaluation were replicated, allowing the participants to develop the work protocol established under real conditions. On the other hand, based on the findings obtained in the experimental study (phase 1), the human virtual simulation was performed in the JACK software as the first stage of phase 2, simulating each manikin taking as reference the anthropometric data requested (weight and height), the postural behavior adopted in each task, the workspace and the elements necessary for the development of the work protocol. The data obtained in this stage were contrasted with a work transformation proposal (stage 2), which was also simulated in a virtual way, identifying, in effect, data related to postural behavior, muscle tension, and intradiscal pressure. In this way, it was found that there is a positive effect on the interaction of the worker with the proposed artifact within the modified workspace, validating the transformation proposal.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en Ingeniería Industrial. María Fernanda Maradei García, PhD Ingeniería, línea Ergonomía. Codirectora: Clara Isabel López Gualdrón, PhD (c) Ingeniería, línea Gestión de la Innovación.

Introducción

Según evidencias del Consejo Colombiano de Seguridad CCS, en el año 2018 se presentaron 645.119 accidentes laborales, lo cual demostró una disminución del 2,3% con relación al año anterior. Sin embargo, se identificó que los diagnósticos por enfermedades laborales tuvieron un aumento de 7,1% representando un total de 104.435 casos (CCS, 2019). A su vez, reportes previos generados por la Organización Mundial de la Salud OMS y la Organización Internacional del Trabajo OIT, han llegado a concluir que en los últimos años se ha observado a nivel mundial, una tendencia progresiva en reportes relacionados con enfermedades laborales (OIT, 2015), las cuales se refieren comúnmente a alteraciones en el sistema musculo esquelético o DME, como se conocen normalmente. Esto ha sido considerado como un tema de interés y una alerta, dando lugar al desarrollo de un mayor número de estudios e intervenciones ergonómicas, cuyo objetivo es mitigar el impacto que genera la exposición a riesgos laborales, en la salud y en el desempeño del trabajador, así como en la economía mundial.

En contexto, en un comunicado conjunto de la OIT, la OMS y FASECOLDA (Federación de Aseguradores Colombianos), se relacionó la pérdida de alrededor del 4% del PIB mundial a causa del pago de incapacidades y ausencias de trabajo, que se dieron debido a accidentes e incidentes laborales y principalmente enfermedades laborales relacionadas con los DME (Fasecolda, 2016). Asimismo, el histórico del periodo comprendido entre los años 2009 y 2013, mostró que en Colombia se diagnosticaron más de 40.000 enfermedades de origen ocupacional, de las cuales el 88% fueron DME principalmente a nivel de Lumbalgia, Túnel Carpiano y Manguito Rotador. El 12% restante fue relacionado con enfermedades causadas por factores de

riesgo, derivados de las inadecuadas condiciones ambientales y físicas, presentes en el puesto de trabajo, así como a factores de riesgo por carga mental (Ministerio de Trabajo & OISS, 2013).

En concordancia con lo anterior, se muestra la pertinencia y necesidad de desarrollar estudios e intervenciones ergonómicas, cuyo objetivo sea mitigar el impacto generado por los diferentes riesgos laborales que afecta la salud y capacidad productiva de la población trabajadora. Para el desarrollo de esta investigación en su fase inicial, se realizaron observaciones de campo durante una jornada laboral sin ningún tipo de alteración, buscando obtener fiabilidad en la información. Posterior a esta observación, se empleó el método LEST “Laboratoire d'economie et Sociologie du Travail” (Guadalupe, Sánchez, & Reyes, 2016) con el propósito de obtener resultados globales de cada situación de trabajo, en función del entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempos de trabajo.

Posterior a ello, se implementó el método de evaluación de posturas forzadas REBA “Rapid Entire Body Assessment” (Hignett & Mcatamney, 2000), el cual además de evaluar tronco y cuello, muestra una ventaja al incluir en su estructura la evaluación del comportamiento postural de las extremidades inferiores, sumando la posibilidad de realizar evaluaciones en conjunto de las extremidades superiores (brazo, antebrazo, muñeca). Finalmente en el proceso de evaluación diagnóstica, se incluyó el autorreporte VAS “Visual analogue scale” (Price, McGrath, Rafii, & Buckingham, 1983), definido como un instrumento capaz de medir la características subjetivas o actitudes que no se pueden medir directamente, con relación a la percepción de dolor e incomodidad que experimenta el trabajador.

De modo general, la finalidad con la cual se aplicaron estas evaluaciones fue analizar a profundidad, la situación de trabajo de la empresa para así determinar el área laboral con mayor

penosidad. La contextualización de la empresa donde se realizaron las evaluaciones se relaciona en el apartado 1.2.1: Acerca de la empresa Mediimplantes S.A.

Es así, que la etapa de observación inicial permitió clasificar los puestos de trabajo en 4 grandes áreas: administración, producción, control de calidad y soporte quirúrgico, siendo esta última la que se identificó con mayor penosidad, debido a la constante exposición al riesgo de carga biomecánica, postural y mental, aunque este último factor de riesgo fue identificado en las demás áreas laborales analizadas. En contexto, la situación de trabajo de Soporte Quirúrgico, ha sido conocida por desarrollarse en un entorno clínico en el cual brinda apoyo al cirujano, en el manejo del instrumental y material quirúrgico durante los procedimientos (Serratos, Hidalgo, & Negrete, 2015), (Vural & Sutsunbuloglu, 2016).

Sin embargo, la evaluación realizada en la empresa permitió conocer a fondo la labor que estos profesionales desarrollan, en torno a la actividad relacionada con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico en las instalaciones de la empresa, cuyas condiciones laborales en cuanto al entorno y al protocolo de trabajo, difieren de forma evidente de las condiciones propias del entorno quirúrgico. La actividad de alistamiento del instrumental y material quirúrgico, se realiza constantemente de acuerdo con la gran demanda de cirugías principalmente de columna, por lo cual la empresa despacha material quirúrgico a nivel local, nacional y en algunos casos internacionales, ya que cuenta con presencia en ciertos países de América Latina.

Por otro lado, la revisión del estado del arte permitió establecer que aunque hay evidencia científica, acerca de la actividad laboral que desarrolla el personal de soporte o instrumentación quirúrgica en el entorno clínico (Seavey, 2013), (Velasco, 2017), (Serratos et al., 2015), no se encontraron estudios relacionados específicamente con el desarrollo de esta actividad laboral en empresa. No obstante, se encontró que existe una serie de estudios realizados a las situaciones de

trabajo en sectores como la construcción (H. F. Van Der Molen, Mol, Kuijer, & Frings-dresen, 2007), manufactura (Öztürk & Esin, 2011), (Boulila, Ayadi, & Mrabet, 2018) y metalmecánica (Montiel et al., 2006), las cuales mostraron hallazgos interesantes y pertinentes para esta investigación, dado que también se encuentran en constante exposición al riesgo biomecánico por manipulación manual y traslado de cargas.

De esta manera, se hizo necesario estudiar la actividad en empresa que desarrolla el instrumentador quirúrgico, a fin de identificar los aspectos críticos de esta situación de trabajo y los factores de riesgo presentes, para lo cual se planteó una metodología que se desarrolló en dos fases. La primera fase tuvo lugar con la simulación de la situación de trabajo real en el laboratorio de ergonomía, donde se replicaron las condiciones y características identificadas durante el proceso observacional en la empresa. La segunda fase, abarca el proceso que se desarrolló en torno a la simulación virtual de la fase anteriormente descrita, con ayuda del software JACK. Además, se muestra la propuesta de transformación del trabajo validada, demostrando beneficios en la salud del trabajador y su desempeño en el área.

1. Revisión

1.1 Revisión de la literatura

El contexto de la salud y seguridad del trabajo a nivel mundial resulta complejo, debido a la incidencia de los diferentes factores de riesgo ocupacional, que han venido afectando la salud y capacidad productiva de la población trabajadora. El caso desarrollado en la presente investigación, expone la situación de trabajo relacionada con la actividad laboral que desarrolla el personal de Soporte o Instrumentación Quirúrgica en empresa, en torno a la actividad de alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

En primer lugar, al desarrollar el proceso de evaluación diagnóstica bajo el cual se caracterizó esta situación de trabajo como crítica (ver ítem 2.2.2), fue posible identificar los factores de riesgo presente y a partir de ellos, definir una búsqueda de evidencias científicas encaminada a identificar hallazgos relacionados con la presencia de dichos factores de riesgo, así como la metodología llevada a cabo para su abordaje. Para ello, se definieron tres áreas de interés: ergonomía, productividad y factores de riesgo, a las cuales fueron asociadas las palabras claves identificadas durante el proceso de evaluación diagnóstica, buscando abarcar documentos pertinentes dentro del contexto de interés. Para la búsqueda de contenido, se generó una lista de 18 términos clasificados en las 3 áreas establecidas, tal como se muestra en la figura 1.

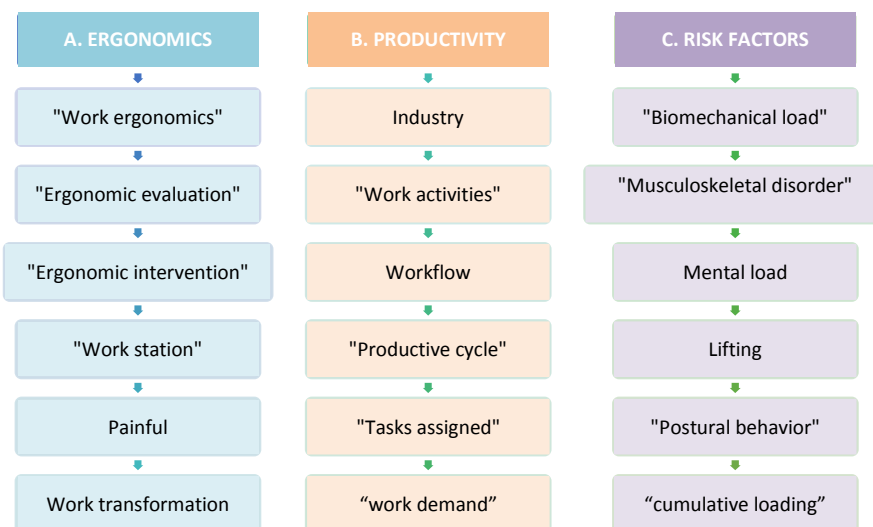


Figura 1. Matriz de palabras clave utilizada en la búsqueda de literatura científica.

La búsqueda se realizó en las bases de datos científicas: PubMed, Springer y ScienceDirect, combinando un término de cada una de las áreas clave de la forma A+B+C. Asimismo, se consultó en las páginas web de entidades que han realizado y respaldado estudios en el ámbito de la salud y seguridad en el trabajo, como la OMS, OIT, FASECOLDA y Ministerio de Salud y Trabajo. Inicialmente se revisó el título de cada documento identificado en la búsqueda junto con su resumen, seleccionando aquellos con afinidad al tema de investigación, para ser analizados en su totalidad.

Como fortaleza en el proceso de análisis del contenido bibliográfico, se utilizó el software Nvivo el cual permitió identificar las palabras de mayor coocurrencia y la tendencia de la información relacionada en los documentos. Como uno de los resultados se obtuvo una nube de palabras (ver figura 1), las cuales fueron tomadas como insumo importante para identificar aspectos relevantes en los documentos revisados, así como la ruta metodológica aplicada en sectores industriales con exposición al riesgo por carga biomecánica.

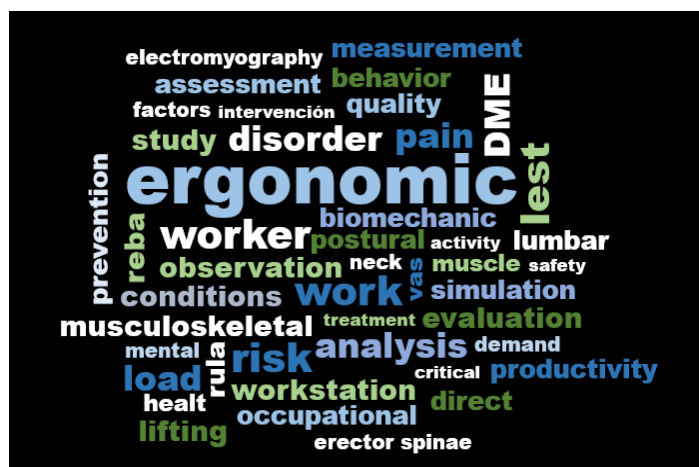


Figura 2. Nube de palabras de mayor co-ocurrencia, identificadas en los documentos analizados y codificados en el software Nvivo.

En ese sentido, a continuación se exponen los hallazgos identificados en torno a la exposición al riesgo por carga biomecánica, presente en diferentes sectores de la industria.

1.1.1 La situación de trabajo como factor desencadenante de enfermedades laborales y desórdenes musculo esqueléticos. Según las cifras del DANE, en el primer trimestre del año 2016, la economía registró un crecimiento de 2,5% frente al mismo trimestre del año 2015 (Observatorio laboral y ocupacional SENA, 2015), lo cual ha sido mencionado en otros reportes de la OIT, la OMS y FASECOLDA, donde se relaciona el crecimiento industrial con el aumento en las cifras de ausentismo y morbilidad laboral, a causa de enfermedades laborales (OIT, 2015) catalogándose como una situación crítica a nivel mundial. Asimismo, el reporte del Consejo Colombiano de Seguridad CCS para el año 2018, relaciona un aumento del 3% en diagnósticos asociados con enfermedad laboral para el departamento de Santander, y un aumento del 7,1% a nivel nacional relacionado con enfermedades calificadas o profesionales (CCS, 2019).

Desde hace algunos años, se ha estudiado la influencia de los factores de riesgo en la salud y desempeño de los trabajadores, aunque se ha considerado que los DME no necesariamente se relacionan con causas laborales. Sin embargo, se ha encontrado que más del 50% de los casos han sido ocasionados por factores de riesgo presentes en la situación laboral (Coggon et al., 2013). De hecho, la literatura muestra que la ausencia de condiciones laborales óptimas dentro de una situación de trabajo, influye en la salud y desempeño productivo del trabajador (Karlqvist, Wigaeus, Hagberg, & Hagman, 2002), (Zare, Bodin, Cercier, Brunet, & Roquelaure, 2015), así como las tareas a desarrollar y la forma en la que los trabajadores las desarrollan (Hlavenka, Christner, & Gregory, 2017).

En este sentido, hallazgos en la literatura encuentran posible una relación entre la manipulación manual de cargas y la aparición de pequeños traumatismos que se generan a nivel dorso-lumbar y de extremidades (Ekholm, Arborelius, & Nèmet, 2007), (Hoogendoorn et al., 2000), (Cook & Neumann, 2007) desencadenando DME. Los DME relacionados con la exposición a riesgos por carga biomecánica se diagnostican con frecuencia en espalda (Hlavenka et al., 2017), (Tsuang, Schipplein, Trafimow, & Andersson, 2010), cuello (Nimbarte, Aghazadeh, Ikuma, & Harvey, 2010) y otros segmentos corporales como los codos (Sirit & Amortegui, 2007), aunque también se registran casos de estudio dónde se ven afectadas las extremidades inferiores. Asimismo, según la Segunda Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (Fasecolda, 2014), más de la mitad de la población trabajadora cuya actividad laboral implica la manipulación de cargas, manifiesta sentir dolor y molestias principalmente de tipo lumbar, seguido por hombros y muñecas.

A pesar de la problemática que representa la salud y seguridad del trabajo en diferentes actividades industriales, no fue posible identificar estudios desarrollados en la labor del personal

de Instrumentación o Soporte Quirúrgico en empresa, específicamente en la actividad de alistamiento de material quirúrgico. Si bien es reconocido que a nivel mundial esta profesión realiza las labores principalmente como apoyo al cirujano dentro del quirófano, también se identificó que se desempeñan como formadores de profesionales en el área, investigadores y personal encargado del área comercial.

Por tanto, debido a la ausencia de información relacionada con el tema de estudio, se tuvo en cuenta informes y estudios relacionados con situaciones de trabajo en sectores de la construcción, producción, agricultura y manufactura principalmente, ya que en estos sectores se presenta exposición a riesgo por carga biomecánica, siendo este el factor de riesgo identificado en la situación laboral del personal de Instrumentación o Soporte Quirúrgico en empresa.

1.1.2 Métodos de evaluación ergonómica aplicados en situaciones de trabajo homólogos a la de Soporte Quirúrgico. Los factores de riesgo de origen ocupacional han sido estudiados extensamente, buscando las causas que los originan, para poder establecer intervenciones concretas y efectivas, que mitigue el impacto en el trabajador. Para ello se han desarrollado diferentes métodos de evaluación, con el fin de analizar detalladamente los componentes de la situación laboral definida como crítica. Tal es el caso de la evaluación observacional, la cual permite identificar en tiempo real las actividades que se realizan, las condiciones bajo las cuales el trabajador desempeña la labor y demás aspectos que pueden llegar a ser influyentes en su desempeño. Este método de evaluación es muy utilizado para caracterizar situaciones laborales y así poder identificar los factores que determinan el grado de penosidad presente (Spielholz, Silverstein, Morgan, Checkoway, & Kaufman, 2010), (Kee & Karwowski, 2015), con el fin de dar un enfoque acertado a la evaluación ergonómica.

De hecho, estudios realizados en sectores de la industria relacionados con la exposición al riesgo por carga biomecánica, muestran la implementación de métodos de evaluación como el método LEST (Guadalupe et al., 2016), (Arana, Sáenz, & Floriano, 2007), mediante el cual además de conocer las condiciones de trabajo a nivel global, se identifica el manejo y manipulación de carga, siendo un factor determinante para considerar en el presente estudio. Por otra parte, se identificó la implementación de métodos de evaluación postural RULA y REBA, los cuales han sido reconocidos como herramientas útiles y pertinentes para evaluar el comportamiento postural en trabajadores que desarrollan su labor tanto en posición sedente como en posición de pie (Ansari & Sheikh, 2014), (Boulila et al., 2018). Sin embargo el método REBA, respecto al método RULA, abarca en su totalidad el cuerpo humano, por lo cual si se quiere realizar una evaluación de carga o comportamiento postural más completa el método REBA es el indicado (Kee & Karwowski, 2015), siendo este el que se implementó en la fase de evaluación diagnóstica en la presente investigación.

Asimismo, se identificó la implementación de autorreportes con el fin de conocer la percepción de dolor y molestias en diferentes partes del cuerpo, manifestadas por el trabajador respecto al desarrollo de su actividad laboral. En este caso se relaciona el autorreporte VAS conocido con el nombre de escala visual análoga, la cual es catalogada como un método de evaluación ergonómica totalmente válido y eficaz (Price et al., 1983), por medio del cual, el trabajador manifiesta la intensidad de dolor que experimenta. Esto se realiza marcando un punto a lo largo de una línea de 10 cm, donde el punto cero (0) se relaciona con la expresión de aceptación representando ausencia de dolor y el punto diez (10) se relaciona con la expresión de rechazo y representa la presencia máxima de dolor.

Por otra parte, se identificaron estudios en los que autores como (Village et al., 2005), (Dai, Jin, Ning, & Mirka, 2010), (Dempsey, McGorry, & O'Brien, 2004) resaltan la importancia de la evaluación por medida directa, debido a que permite obtener resultados precisos, lo cual da confianza y seguridad al estudio (Boulila et al., 2018). En particular, el uso de estos métodos se da posterior a una evaluación diagnóstica que permite determinar las herramientas pertinentes a utilizar, debido a que su uso representa un alto costo.

1.2 Revisión de la situación de trabajo en MEDIIMPLANTES S.A.

1.2.1 Acerca de la empresa MEDIIMPLANTES S.A. Las operaciones de la empresa MEDIIMPLANTES S.A. se centran en el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de dispositivos (implantes e instrumental) necesarios para llevar a cabo procedimientos quirúrgicos correctivos y preventivos, principalmente de columna. Además de esta labor, la empresa ofrece soporte quirúrgico para la correcta manipulación de dichos dispositivos en cirugía, para lo cual cuentan con profesionales en Instrumentación o Soporte Quirúrgico.

MEDIIMPLANTES S.A. es una organización Santandereana que cuenta con presencia en países de América Latina, incluyendo México, el cual se abastece de los productos fabricados en la planta de Colombia. La única planta de producción de la empresa en Colombia, está ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga específicamente en el Parque Industrial N°1 y cuenta con amplias instalaciones en una bodega distribuida en dos pisos. La empresa cuenta con aproximadamente 60 personas trabajando en las instalaciones en la ciudad de Bucaramanga, de las cuales cuatro corresponden al área de Soporte quirúrgico, de ellas, dos son las instrumentadoras

encargadas del alistamiento del instrumental quirúrgico para enviarlos a cirugía, así como de brindar acompañamiento en las cirugías programadas.

1.2.2 Descripción general de la observación realizada en la empresa. El propósito de la observación realizada, fue determinar el nivel de penosidad presente en los diferentes puestos de trabajo dentro de la empresa Mediimplantes S.A. y con ello establecer el puesto de trabajo más crítico para ser analizado a profundidad.

Descripción de la población trabajadora. La empresa cuenta con aproximadamente 60 empleados, los cuales ocupan en su mayoría las áreas de administración y producción. En el área de administración se observa similaridad de género, mientras que en el área de producción los trabajadores son 90% hombres. Por otra parte, se observó que en el área de control de calidad hay menos de 10 empleados, siendo todos hombres. Finalmente, la otra área que se identificó corresponde a Soporte Quirúrgico, la cual cuenta con personal 90% femenino, siendo el 10% restante el líder del área, quien realiza labores netamente organizacionales dentro de la empresa.

Descripción de los horarios de trabajo. El horario que establece la empresa para todos los trabajadores inicia a las 7:00 am y finaliza a las 5:30 pm, con una hora entre las 12 del mediodía y las 2:00 pm para almorzar. Sin embargo, al año se presentan periodos en los que la producción aumenta, debido a la demanda de material quirúrgico por parte de las entidades prestadoras de servicios de salud, responsables de realizar intervenciones quirúrgicas. Como consecuencia de esta situación, los trabajadores del área de producción son divididos en dos grupos, para cubrir los nuevos turnos establecidos con el propósito de extender el tiempo dedicado a la producción. El primer turno que se establece va de 6:00 am a 2:00 pm y el segundo inicia a las 2:00 pm y finaliza a las 10:00 pm.

Descripción del proceso observacional y las herramientas utilizadas. El proceso de evaluación de la situación de trabajo real dentro de la empresa Mediimplantes S.A., se llevó a cabo en horas de la mañana, durante una jornada laboral cotidiana, sin alteraciones ni modificaciones de ningún tipo, a fin de obtener información sin sesgos.

La observación realizada permitió establecer cuatro grandes áreas laborales que conforman la empresa: Administración, Producción, Control de Calidad y Soporte Quirúrgico; de cada una de ellas se eligieron tres puestos de trabajo de forma aleatoria para realizar las evaluaciones ergonómicas posteriores. Las generalidades de la evaluación realizada a las áreas de administración, producción y control de calidad se encuentran en el anexo 1. Sin embargo, como hallazgo relevante dentro de la evaluación realizada, se encontró que Soporte o Instrumentación Quirúrgica, cuenta con el menor número de trabajadores y el 90% son mujeres entre los 20 y 35 años.

Posterior a la observación de campo se implementó el método de evaluación global LEST (Diego-Mas, 2015a), la información que se obtuvo al aplicar el método mostró valores cuantitativos relacionados con la intensidad sonora y luminosidad; así mismo, se pudo obtener resultados con variables cualitativas, teniendo en cuenta que el test contempla la opinión del trabajador con relación a la situación laboral que desarrolla. De modo general, se encontró que las condiciones físicas del espacio de trabajo son óptimas en cuanto a la luminosidad e intensidad sonora, asimismo los aspectos psicosociales evaluados mostraron indicadores positivos. Por el contrario, la carga mental se identificó en todas las áreas laborales y en relación con el tiempo de trabajo, la cantidad de tareas asignadas determina si la jornada laboral debe prolongarse por más tiempo o si se debe tomar el tiempo de descansos y pausas activas para estar al día con su labor.

Adicionalmente, se implementó el método de evaluación postural REBA, con el cual se pudo determinar que en todas las áreas laborales se presentan posturas inadecuadas. Sin embargo, en el área de control de calidad se observaron posturas con inclinación y rotación de tronco en posición sedente, pero además se identificó que en el área de Soporte Quirúrgico las trabajadoras adoptan posturas de flexión y extensión de espalda, como consecuencia de la manipulación manual de la carga de 12 kilos, lo cual señala esta situación laboral como la más crítica a nivel postural. Como componente final de la evaluación ergonómica, se solicitó a cada uno de los 12 trabajadores tramitar el autor reporte VAS o escala visual análoga, a fin de conocer la percepción del dolor y molestias en extremidades superiores e inferiores, tronco y cuello.

1.2.3 Diagnóstico de la situación de trabajo encontrada en la actividad de Soporte e Instrumentación quirúrgica en empresa. El propósito de la observación general fue determinar el nivel de penosidad presente en diferentes puestos de trabajo dentro de la empresa Mediimplantes S.A. y con ello establecer el puesto de trabajo más crítico para ser analizado a profundidad.

Requerimientos académicos. La formación profesional en el área es fundamental e influye directamente en la agilidad y eficiencia de los trabajadores durante el desarrollo de sus funciones (Naranjo & Delgado, 2012). En ese sentido, la evaluación realizada no encontró problemas en relación con los requerimientos de formación profesional de los trabajadores del área, toda vez que las operarias que laboran en la empresa tienen una formación en instrumentación quirúrgica, la cual se complementa constantemente con la capacitación recibida por parte del líder encargado, lo cual contribuye con la ejecución de su actividad laboral de manera correcta.

Campos de acción. La situación de trabajo del personal de Soporte o Instrumentación Quirúrgica en la empresa, consiste principalmente en realizar las labores logísticas necesarias para

garantizar que el instrumental siempre esté completo, organizado en la respectiva caja contenedora y por lo tanto, que esté disponible para ser enviado cuando este sea requerido en una intervención quirúrgica.

Horario de trabajo. Normalmente a todos los empleados de la empresa los rige el mismo horario de trabajo, que inicia a las 7:00 am y finaliza a las 5:30 pm con un espacio de dos horas para tomar el almuerzo y descansar. Sin embargo, una de las particularidades con relación a este factor se observa en el personal de soporte quirúrgico, quienes deben cumplir el horario establecido por la empresa y además, soportar asistencialmente las cirugías que sean programadas con el material de la empresa, estén o no dentro su horario establecido previamente.

Infraestructura y elementos del área de trabajo. El área de trabajo de Soporte Quirúrgico donde desarrollan la actividad referente al alistamiento de material e instrumental quirúrgico, cuenta con mobiliario para el almacenamiento de las cajas contenedoras del instrumental y material quirúrgico (3 estantes de dimensiones iguales), una mesa de trabajo principal que es donde desarrollan su actividad laboral, una mesa auxiliar, una mesa móvil y un elemento (silla) que fue adaptado para trasladar las cajas dentro del área.

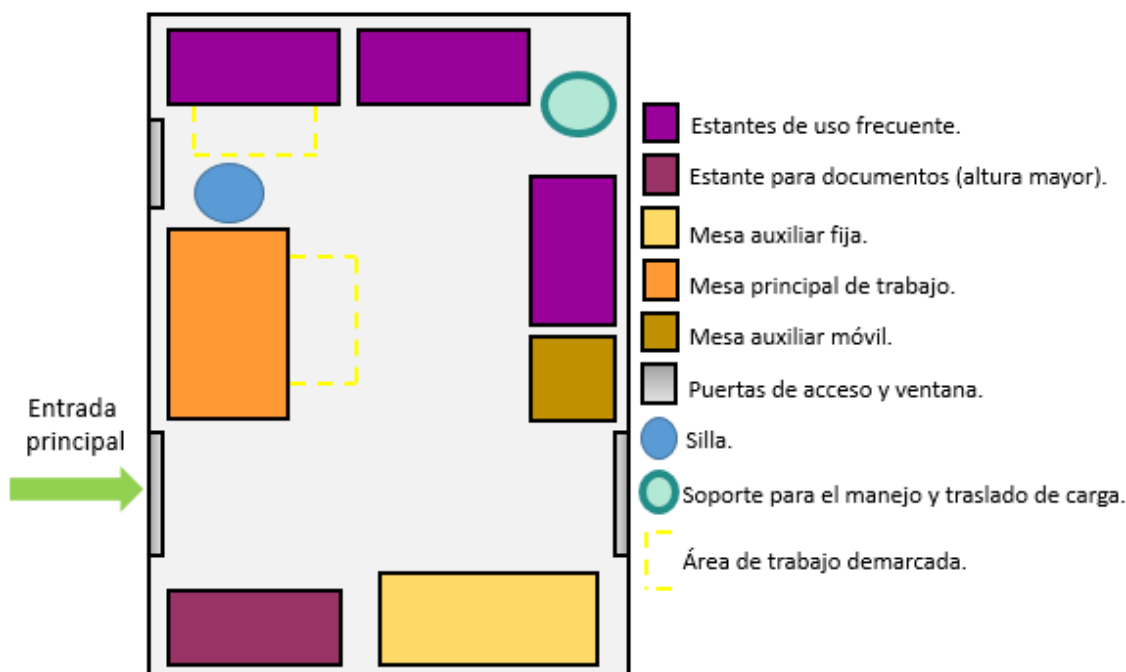


Figura 3. Espacio de trabajo del área de soporte quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A, donde se realiza el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

Asimismo, se cuenta con un estante de mayor altura, el cual es utilizado únicamente para almacenar documentación y materiales necesarios para desarrollar la tarea de empaque y el embalaje de las cajas, cuando es requerido. Como se observa en la figura 2, la distribución de los elementos dentro del área no obstaculiza el tránsito de las instrumentadoras, evitando incidentes y accidentes laborales.

- *Tareas identificadas en torno al alistamiento del instrumental y material quirúrgico.* La figura 3 muestra las tareas que se desarrollan en torno al alistamiento del instrumental y material quirúrgico, y se mencionan algunas de las implicaciones que representan en la salud y desempeño del trabajador a nivel físico y mental.

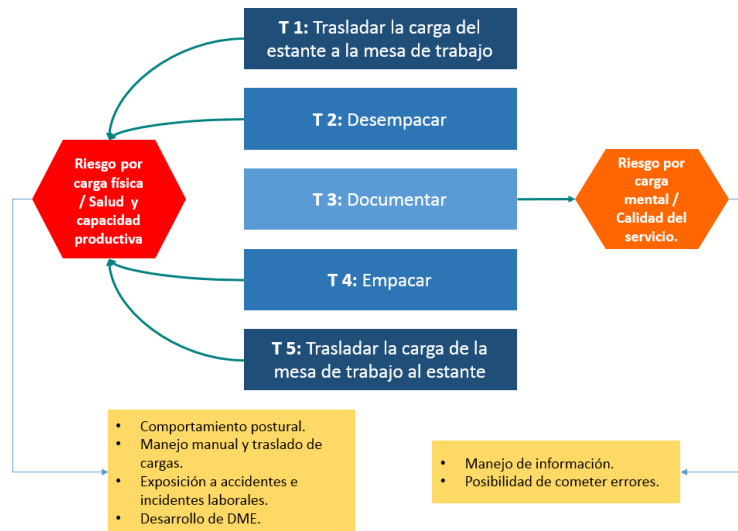


Figura 4. Tareas que desarrolla el instrumentador quirúrgico en empresa, relacionadas con el alistamiento de instrumental.

Esta caracterización permitió establecer el flujo de trabajo real (figura 4) que se lleva a cabo y con base en ello, establecer un protocolo para la ejecución de las tareas relacionadas con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico, tomando como referencia los resultados de la observación realizada previamente.

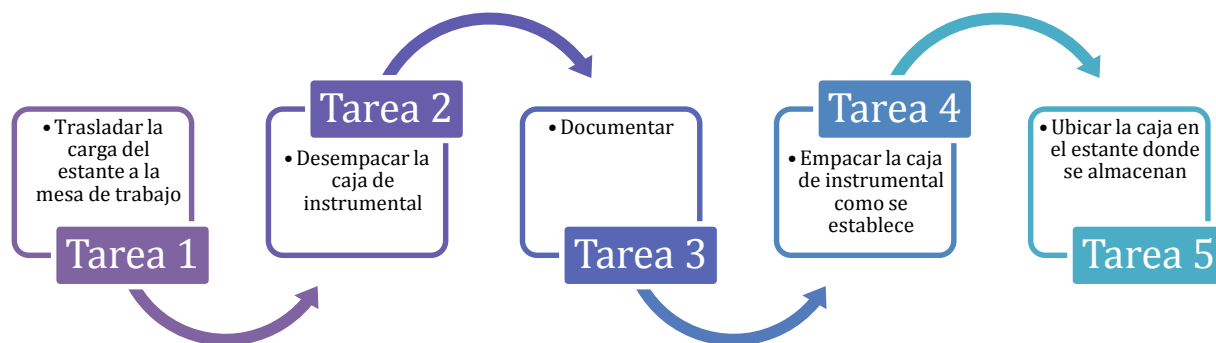


Figura 5. Flujo de trabajo identificado en la observación realizada a la situación de trabajo real del personal de Soporte Quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A.

La actividad correspondiente al alistamiento del instrumental y material quirúrgico, se realiza cuando se requiere verificar el contenido de una caja en particular, ya sea para corroborar con el inventario documentado, para alistar la caja según los requerimientos de la cirugía para la cual fue solicitado o para ser enviado a otro lugar o país. El instrumental guardado en su respectiva caja tiene un peso aproximado de 12 kilos, y se ubica normalmente en la bandeja cuya altura es similar a la de la mesa de trabajo. Sin embargo se observa que cuando no hay espacio en el mismo estante para ubicar la carga a la altura ya mencionada, las trabajadoras optan por realizar posturas inadecuadas de flexión y extensión de espalda, para acceder a las bandejas de menor y mayor altura o por ubicar la carga en otro estante que disponga un espacio a la altura que no implique posturas extremas.

A consecuencia del peligro que representa a nivel físico el traslado y manipulación manual de cargas, la empresa tiene a disposición punteras metálicas que deben utilizar para reducir el riesgo de golpe por objeto pesado si la caja llegara a caer. Sin embargo, las operarias argumentan que el uso de dichas punteras aumenta el riesgo de caída por tropiezo y además en ocasiones no es viable utilizarlas debido a la clase de zapatos que utilizan y por tanto no disponen de ellas. Por otra parte se observó que el tamaño, peso y agarre de la caja, les impide una fácil manipulación para quitar el empaque y ponerlo nuevamente (tareas 2 y 4 respectivamente). Al realizar estas tareas se identificó que las trabajadoras manipulan la caja dejando una parte de ella fuera de la mesa de trabajo, utilizando su vientre como soporte para lo cual adoptan posturas inadecuadas, como se puede observar en la figura 5.



Figura 6. Comportamiento postural identificado durante el desarrollo de la tarea correspondiente al alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

Para realizar las tareas 1, 2, 4 y 5, la empresa dispone de un elemento modificado (Figura 6) que les fue proporcionado con el propósito de brindar comodidad a las trabajadoras y de facilitar la ejecución de estas tareas, pero dicho soporte no es utilizado por ellas dado que les genera desconfianza y no ven facilidad en su manejo. Algunos de los calificativos que las trabajadoras asignaron al sistema son: inestable, no se ajusta a las alturas requeridas, la estructura de la base donde se encuentran las rodachinas puede generar tropiezos, su uso dificulta las tareas.



Figura 7. Elemento para el manejo de cargas, proporcionado por la empresa Mediimplantes S.A. al personal de Instrumentación Quirúrgica.

Finalmente, otra de las tareas que conforma el protocolo de trabajo, corresponde a la documentación del contenido de la caja, relacionada como tarea 3. Esta tarea la realizan verificando el contenido de cada una de las cajas ya sea para ser despachadas a nivel local, nacional o internacional, o simplemente como ejercicio de rutina cada vez que se considere necesario. Por ejemplo, un error en la documentación del instrumental afectaría de forma directa el desarrollo oportuno de una intervención quirúrgica por falta del material necesario, repercutiendo en el desempeño laboral de la trabajadora (Díaz et al., 2011) y en la economía e indicadores de servicio de la empresa.

2. Planteamiento y justificación del problema

La labor que desarrolla el profesional en Instrumentación o Soporte Quirúrgico (Naranjo & Delgado, 2012), (Ministerio de Salud y protección Social, 2002) surgió como respuesta a la necesidad planteada por los cirujanos, de contar con el acompañamiento y asistencia de una persona capacitada en el manejo del instrumental y material quirúrgico requerido durante las intervenciones, con el propósito de reducir los tiempos quirúrgicos y mejorar los resultados en beneficio del paciente (Ministerio de Salud y protección Social, 2002). Aunque no se han encontrado estudios que expongan la prevalencia de hombres o mujeres en el desarrollo de esta actividad laboral, a nivel nacional se puede decir que, a partir de observaciones y entrevistas con profesionales del campo, existe una mayor presencia femenina desempeñando este tipo de labores profesionales.

De igual forma, ha sido posible identificar que el desempeño del personal de soporte quirúrgico no solo se relaciona con el entorno clínico, debido a que algunas empresas requieren que además de brindar soporte al cirujano, realicen actividades relacionadas con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico en la empresa, conforme a la solicitud recibida por parte de la entidad prestadora de servicios de salud, donde finalmente se realizará la intervención. Es así que, la evaluación diagnóstica realizada a la situación de trabajo en empresa, encontró que 4 de las 5 tareas que componen el protocolo laboral (Figura 3) muestran exposición a riesgo de tipo biomecánico y las cinco tareas a riesgo por comportamiento postural inadecuado. En este contexto, se debe mencionar que el peso estándar de cada una de las cajas contenedoras del material quirúrgico es de 12 kilos, acercándose al peso límite establecido en Colombia para la población femenina, el cual es de 12.5 kilos; levantado en condiciones de postura adecuada.

Se sabe que la exposición al riesgo biomecánico y postural esta relacionado con alteraciones a nivel muscular (Nimbarte et al., 2010), (Leskinen, Stålhammar, Rautanen, & Troup, 2007), intradiscal (Tsuang et al., 2010), (Leskinen et al., 2007) y postural (Bannon, Hakansson, Jakobsen, Sundstrup, & Jorgensen, 2018), (Kayis & Kothiyal, 2015) principalmente, los cuales conducen en la mayoría de los casos a la aparición de enfermedades o patologías a nivel lumbar (Kayis & Kothiyal, 2015), aunque también se ha identificado su incidencia en extremidades superiores (Jäger & Luttmann, 2007), (Morken et al., 2002).

En ese sentido, se hace importante señalar que el dolor lumbar (DL) ha sido catalogado como un problema de origen multifactorial (Kerr et al., 2001), (Castillo, Cubillos, Orozco, & Valencia, 2007), (Daniels, Huang, Feuerstein, & Lopez, 2005) al cual se relacionan condiciones patológicas degenerativas, envejecimiento y accidentes ocasionados en entornos no laborales. A esta problemática se han relacionado en diferentes estudios, trabajos que implican manejo

inadecuado de cargas (Stuebbe et al., 2015), posturas inadecuadas mantenidas o prolongadas (Ning, Zhou, Dai, & Jaridi, 2014), vibración (Schwerha, Ritter, Robinson, Griffeth, & Fried, 2011) y tareas repetitivas (Leskinen et al., 2007) entre otros.

Por otro lado, aunque la productividad puede estar relacionada con varios factores, existe evidencia que muestra que existe una relación con el ambiente de trabajo. La mecanización reduce la demanda de energía (Shephard, 2000) en el trabajador lo que permite reducir la fatiga a largo plazo y mejorar el tiempo en la ejecución de las tareas. Asimismo, los ambientes ergonómicamente diseñados permiten reducir el número los errores del operario, aumentando la calidad del trabajo, también reduce los accidentes y la posibilidad de enfermedades a largo plazo, por tanto los costes relacionados con días perdidos o reubicaciones también se reducen (Battini, Faccio, & Sgarbossa, 2011).

Así, con base en lo anterior, el personal de Soporte Quirurgico de la empresa Mediimplantes S.A. tiene características individuales y organizacionales que aumentan la probabilidad del desarrollo de patologías debido al riesgo biomecánico al que estan expuestas y que pueden afectar su productividad. La población la conforman mujeres que para el desarrollo normal de su actividad laboral deben realizar levantamiento de carga en condiciones posturales inadecuadas. Por tanto, se considera pertinente realizar intervenciones que permita a los trabajadores dar cumplimiento a las tareas prescritas, sin afectar su salud y su capacidad productiva, evitando que continúen exponiéndose a la carga física y postural que implica el manejo manual de cargas. Asimismo, al no encontrar estudios desarrollados en el área, es necesario realizar investigaciones enfocadas en esta actividad laboral para generar nuevo conocimiento que puede ser replicado, considerando, el contexto social y organizacional de cada empresa. En efecto, los resultados de esta investigación, pueden replicarse en diferentes situaciones laborales que

evidencien la exposición a los riesgos laborales mencionados y cuyas condiciones del espacio de trabajo, permitan la inclusión de elementos mecánicos para el manejo de cargas, sin poner en riesgo la integridad y salud del trabajador.

El propósito de la investigación fue analizar los diferentes aspectos que determinan la situación de trabajo, a fin de proponer una solución que impacte de forma positiva en la carga osteomuscular, el comportamiento postural, la actividad muscular y el tiempo empleado en ejecutar el protocolo de trabajo. En consecuencia, este estudio busca responder a la pregunta: *¿En qué medida la transformación del trabajo en la actividad en empresa del Instrumentador Quirúrgico influye en los comportamientos posturales, la carga osteomuscular, la actividad muscular y el tiempo de ejecución de las tareas asignadas?*

3. Objetivos

3.1 Ojetivo general

Estudiar la influencia de los factores de riesgo de carga física en el proceso de alistamiento de material quirúrgico e instrumental, identificados como críticos, en la actividad en empresa del instrumentador quirúrgico, a partir de la transformación de trabajo.

3.2 Objetivos específicos



Figura 8. Objetivos específicos

4. Metodología

En esta sección se describe en detalle el experimento en cada fase, tal como se muestra a continuación, incluyendo el tratamiento de los datos y los análisis estadísticos propuestos.

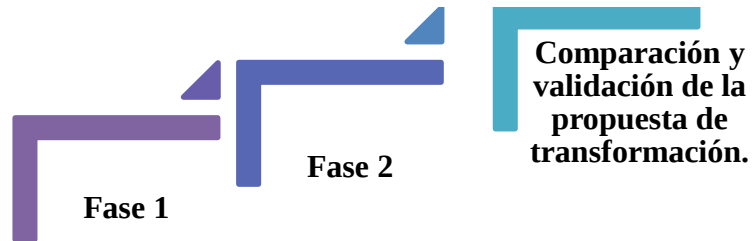


Figura 9. Fases de investigación

4.1 Diseño del estudio

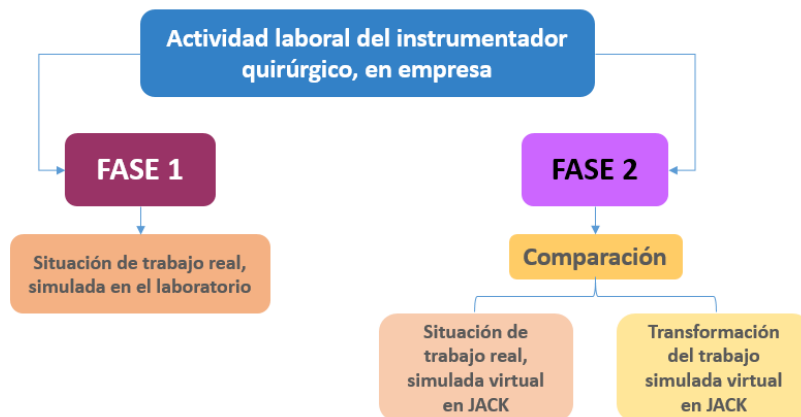


Figura 10. Diseño del estudio.

La primera fase corresponde a la situación de trabajo simulada real, la cual se desarrolló en el laboratorio de ergonomía de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. El espacio dispuesto para realizar el estudio experimental, fue adecuado con el fin de mantener las características físicas identificadas en la estación de trabajo real. Por otra parte, la temperatura del laboratorio se mantuvo constante a 21°, de acuerdo con la temperatura que por norma se mantiene en el espacio de trabajo real (en la empresa), teniendo en cuenta que la sala contigua a dicho espacio es la bodega de producto terminado, donde también se almacena material quirúrgico dentro de los cuales se puede mencionar cementos y polvo de hueso. Por su parte la luminosidad del laboratorio fue medida con el mismo luxómetro que se realizó la evaluación diagnóstica en la empresa (Anexo 1), obteniendo valores muy similares en este aspecto.

Posteriormente, la segunda fase se desarrolló en dos etapas. Para la primera etapa de esta fase se realizaron modelos virtuales de cada uno de los elementos identificados como parte de la estación de trabajo: mesa, estante, caja, ventana y otros elementos fundamentales para caracterizar el entorno de trabajo simulado en el laboratorio, para simular el desarrollo del protocolo de trabajo. Además, se configuró el diseño de cada maniquí de acuerdo con las medidas antropométricas de cada participante (peso, estatura), a fin de simular las pruebas experimentales realizadas en la fase 1, bajo las mismas condiciones tanto del espacio como de las participantes. En la segunda etapa de la fase 2, se dio lugar a la simulación de la propuesta de transformación del trabajo en el entorno virtual, la cual contempló la redistribución del espacio de trabajo y la inclusión de un elemento de ayuda para la manipulación mecánica de la carga.

En ese sentido, en la segunda fase se obtuvo insumos o resultados comparables, entre la situación de trabajo real (simulada virtual) y la transformación del trabajo propuesta, dando lugar al proceso de validación de la propuesta planteada.

4.2 fase 1: Situación de trabajo simulada real en el laboratorio

4.2.1 Materiales y métodos. Para el desarrollo de esta fase, se establecieron ciertos parámetros y requerimientos identificados en el proceso de evaluación observacional en la empresa (ítem 2.2), los cuales se relacionan a continuación:

Criterios de inclusión para la selección de las participantes. Se determinó como muestra poblacional de interés, mujeres con edades entre los 20 y 35 años de edad, que voluntariamente aceptaran participar los dos días planteados para el desarrollo de la prueba experimental (Figura 8). Asimismo, se estableció un margen admisible en cuanto al peso y estatura relacionado con los percentiles Colombianos P25, P50 y P75 (Maradei, Espinel, & Peña, 2008).

Durante el proceso de socialización del estudio realizado a cada participante, se hizo énfasis en la importancia de no manifestar sintomatología asociada al dolor o condiciones de salud relacionadas con DME, que pudieran repercutir en su integridad física así como en el desarrollo del experimento y en consecuencia, en los resultados obtenidos. Adicionalmente, se tuvo en cuenta que la participante contara con afiliación a EPS o al sistema de salud de la Universidad Industrial de Santander preferiblemente, a fin de tener respaldo médico asistencial en caso de ocurrir algún incidente. Cabe mencionar que el proyecto cuenta con la aprobación del comité de ética CEINCI de la Universidad Industrial de Santander, el cual se relaciona como Anexo 2.

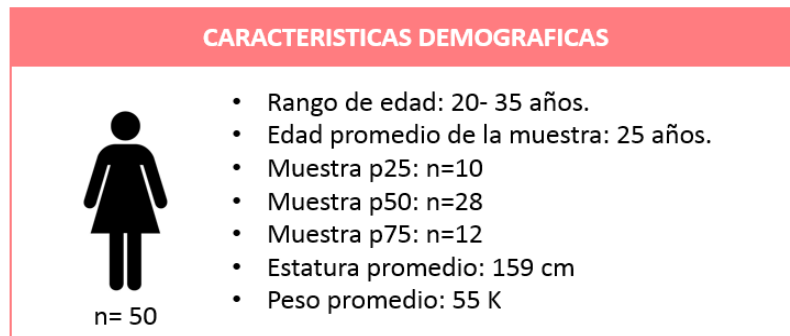


Figura 11. Características demográficas de la muestra poblacional seleccionada para el desarrollo de la fase 1.

Descripción de las variables. Con relación a la hipótesis planteada, “La transformación del trabajo permitirá mitigar la carga física osteomuscular, el comportamiento postural, la actividad muscular y el tiempo de ejecución de las tareas por parte de la instrumentadora quirúrgica”, se establecieron las siguientes variables, para el desarrollo del experimento:

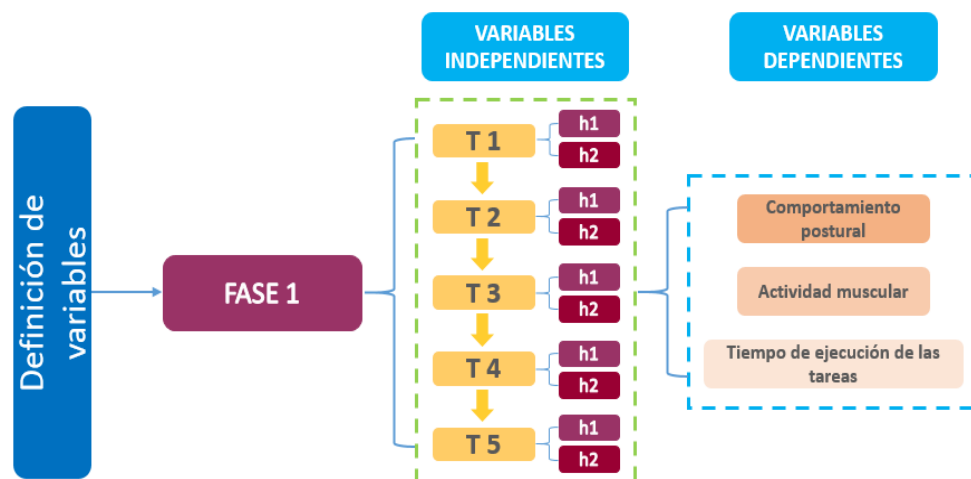


Figura 12. Relación de las variables independientes y variables dependientes.

Definición de las variables independientes. Las variables independientes se definieron como (figura 9):

- Altura de ubicación de la carga en el estante. Para esta variable se consideraron 2 alturas medidas desde el nivel del suelo. La altura máxima de 100 cm fue denominada h1 y la altura mínima de 25 cm se relaciona como h2.
- Tareas identificadas en torno al alistamiento del instrumental y material quirúrgico. En este caso se contemplaron las 5 tareas identificadas durante el proceso observacional (Anexo 1), como parte del protocolo de trabajo: T1: Trasladar la carga (estante-mesa), T2: Desempacar, T3: Documentar, T4: Empacar y finalmente T5: Trasladar la carga (mesa-estante).

Definición de las variables dependientes. Se determinaron como variables dependientes la actividad muscular, el comportamiento postural y el tiempo de ejecución de las tareas.

- El comportamiento postural se determinó a partir de los ángulos de espalda y codo, identificados durante el desarrollo de cada experimento. Para ello se utilizó el software Maxtraq de Innovision System, en el cual se analizaron los recursos fílmicos capturados en los planos lateral y posterior, por medio de marcadores que permiten obtener los ángulos articulares en cada momento del tiempo.

- La actividad muscular fue medida utilizando un electromiógrafo de superficie EMG (Biometrics Ltd Uk), SX 230-1000, cuyos electrodos (2) fueron ubicados uno en el músculo del recto mayor abdominal derecho (RA) y el otro, en el músculo erector lumbar derecho (LES), (figura 11). La elección de estos músculos tuvo lugar debido a la evidencia científica identificada, que muestra el desempeño fundamental de estos músculos en la estabilidad del tronco, específicamente del raquis (Vera-garcía, Moreside, & McGill, 2007) durante la manipulación de

cargas biomecánicas, en diferentes entornos laborales (Ekholm, Arborelius, & Nèmet, 2007), (Ekholm et al., 2007), (Coenen, Campbell, Kemp-Smith, O'Sullivan, & Straker, 2017).

- El tiempo empleado por cada participante fue medido teniendo en cuenta el desplazamiento sin carga; se considero el tiempo total de la actividad donde se incluyen todas las tareas.

4.2.2 Procedimiento de la prueba. El desarrollo del estudio experimental, se realizó dentro de la jornada diurna de 8:00 am a 6:00 pm de lunes a viernes, según la disponibilidad de las participantes; este proceso contó con el aval del comité de ética CEINCI de la Universidad Industrial de Santander (Ver anexo 2). El protocolo planteado para el desarrollo del experimento, desde la socialización del estudio hasta la ejecución de las pruebas, se llevó a cabo en el laboratorio de Ergonomía del grupo GEPS, aula 301 de la Escuela de Diseño Industrial, Edificio Mamitza Bayer. Se estableció que cada participante desarrollara el estudio en dos días, teniendo en cuenta las dos alturas de ubicación de la carga. En ese sentido, el primer día el experimento se desarrolló en función de la altura máxima y el segundo día en función de la altura mínima, conservando las mismas condiciones en cada caso para evitar sesgos en la evaluación de las variables dependientes: comportamiento postural y actividad muscular (Posada Pérez, 2011).

Para desarrollar la toma de la actividad muscular con precisión a fin de obtener datos confiables, se llevó a cabo previamente una prueba piloto con cinco participantes del estudio, en la cual también se buscó validar la ubicación de los electrodos en los músculos LES y RA derechos y así identificar que la actividad muscular se comportaba de acuerdo a la situación, es decir sin señales por exceso de fuerza o defecto de la misma, garantizando el comportamiento de estos datos para cada caso (Anexo 3).

Como se muestra en la figura 10, antes de desarrollar el experimento como tal, se realizó la socialización del estudio donde se buscó aclarar a la participante, la información relacionada con el desarrollo y objetivo del estudio, antes de proceder con la firma del consentimiento informado, el cual fue avalado por el comité de ética CEINCI de la UIS y se relaciona en el Anexo 4. Este documento contiene generalidades del estudio planteado desde el punto de vista ergonómico y biomecánico, asimismo contempla la opción de aceptación o rechazo del uso de los datos obtenidos en el estudio para futuras investigaciones, sin afectar el desarrollo de la prueba experimental.

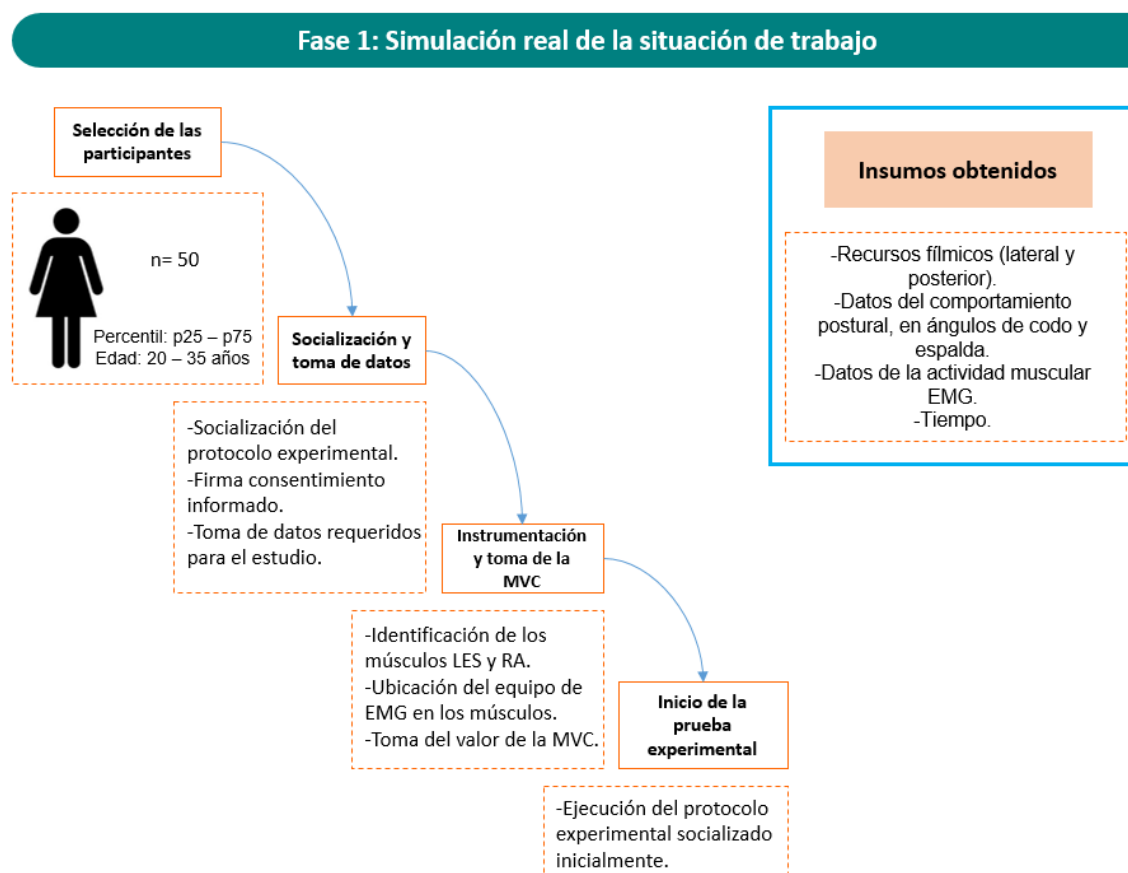


Figura 13. Etapas de la fase de simulación real en el laboratorio.

Posterior a la firma del consentimiento informado, se realizó la toma de medidas y datos antropométricos necesarios para validar la inclusión de cada participante en la prueba experimental (peso, estatura). Una vez definida la inclusión de la participante, se le asignó un código de identificación a fin de proteger su identidad y dar un mejor manejo a los datos obtenidos durante las dos sesiones que contempla el experimento.

Para la identificación de los músculos LES y RA en cada una de ellas, fue necesario realizar palpación en el área donde anatómicamente se encuentran ubicados. Una vez identificada su ubicación, se hizo necesario preparar la piel limpiándola con una mota de algodón impregnada de una solución de alcohol quirúrgico, para desinfectar la piel y además favorecer la recepción del flujo de corriente emitida por el músculo a cada electrodo. La ubicación de los electrodos se realizó utilizando bandas adhesivas desechables proporcionadas con el equipo de electromiografía, las cuales guardan la geometría y distancias requeridas para adherirse tanto al sensor como a la piel de la participante, evitando desprendimientos durante la ejecución de la prueba.

Se procedió con la instrumentación de la participante, utilizando el equipo de electromiografía de superficie (Biometric Ltd UK SG150b). Este proceso tuvo lugar con la participante en posición de pie, con la espalda recta y los brazos a los costados. La ubicación del electrodo en la espalda, se realizó longitudinal al músculo LES derecho (ubicado en la posición más alta del plano supracrestal donde se encuentra la vértebra L4/L5 (Gavin & Costigan, 1985), (Village et al., 2005). El otro electrodo fue ubicado sobre el músculo del recto mayor del abdomen RA (ubicado a 5 cm por encima del ombligo y 3 centímetros laterales a la línea media (Gavin & Costigan, 1985) también del lado derecho, como se observa en la Figura 11.

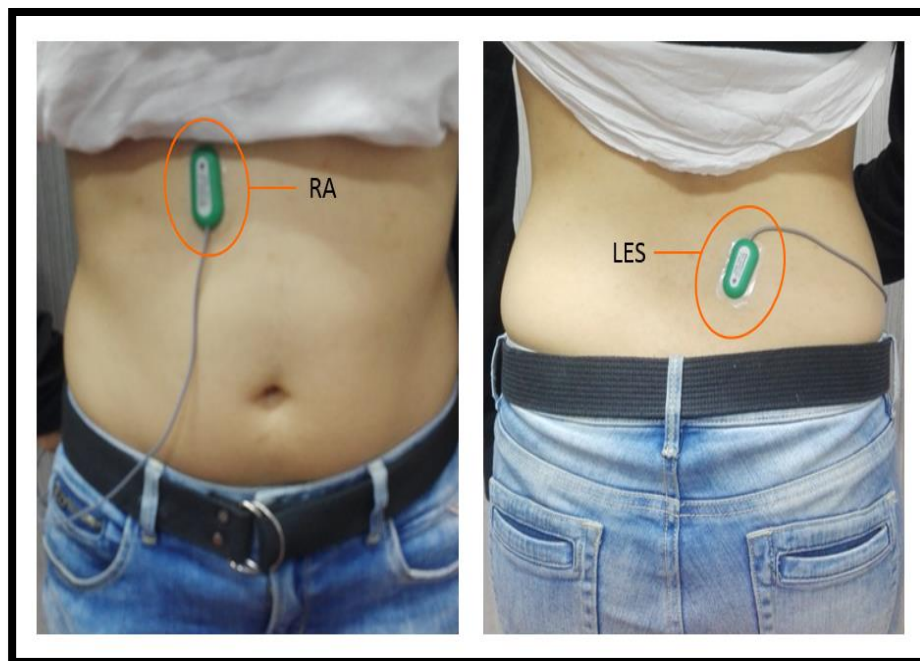


Figura 14. Ubicación del equipo de electromiografía en los músculos RA y LES.

Para el procesamiento de las señales electromiográficas EMG de cada músculo (LES y RA), se utilizó un filtro de normalización de 200 ms, tomando como referencia recomendaciones realizadas en otros estudios. Asimismo, se tomó la máxima contracción voluntaria MVC de cada uno de los músculos (LES y RA), durante un tiempo estándar de 10 segundos. De esta forma, para la identificación de la MVC correspondiente al músculo LES, la participante se ubicó en posición de decúbito prono sobre una colchoneta (ver figura 12a), con las piernas rectas y juntas y los brazos a los costados. La toma de datos inició en 0 segundos con la participante elevando su tronco al máximo, ejerciendo fuerza sobre el músculo ya mencionado, debido a que se le aplicó fuerza en contra, incentivándola a realizar la mayor fuerza que le fuera posible.

A su vez, para la identificación de la MVC correspondiente al músculo RA, la participante se ubicó en posición decúbito supino (ver figura 12b) sobre una colchoneta, con las piernas flexionadas y juntas y los brazos a los costados. La toma de datos inició en 0 segundos con la

participante elevando su tronco al máximo, ejerciendo fuerza sobre el músculo ya mencionado, incentivándola a realizar la mayor fuerza que le fuera posible.

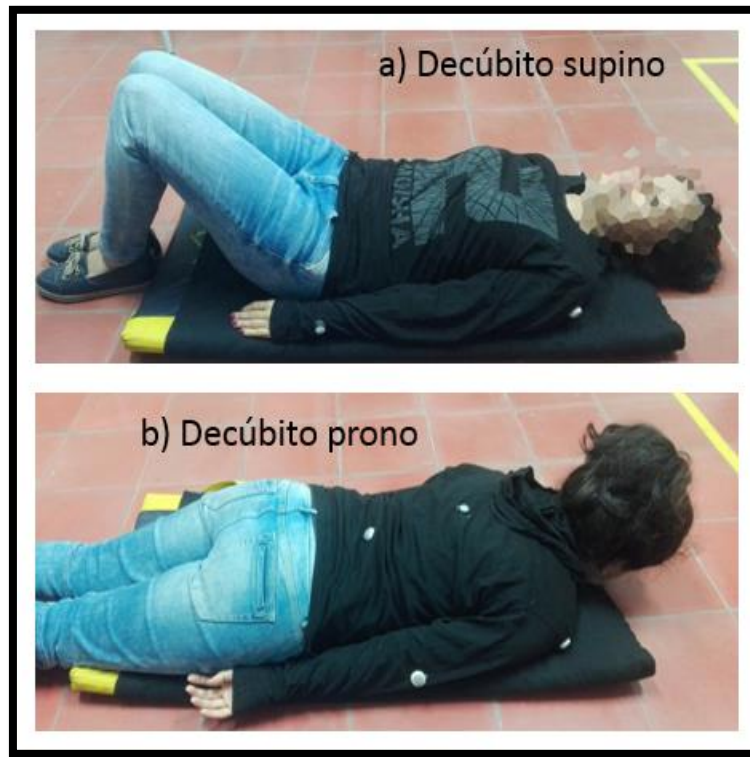


Figura 15. Ubicación de la participante para la identificación de la MVC para los músculos RA y LES.

Por otra parte, en lo referente al análisis del comportamiento postural, se ubicaron marcadores en los puntos específicos como se muestra en la figura 13, con el propósito de facilitar la lectura de los puntos y determinar los ángulos de codo y espalda con mayor precisión.

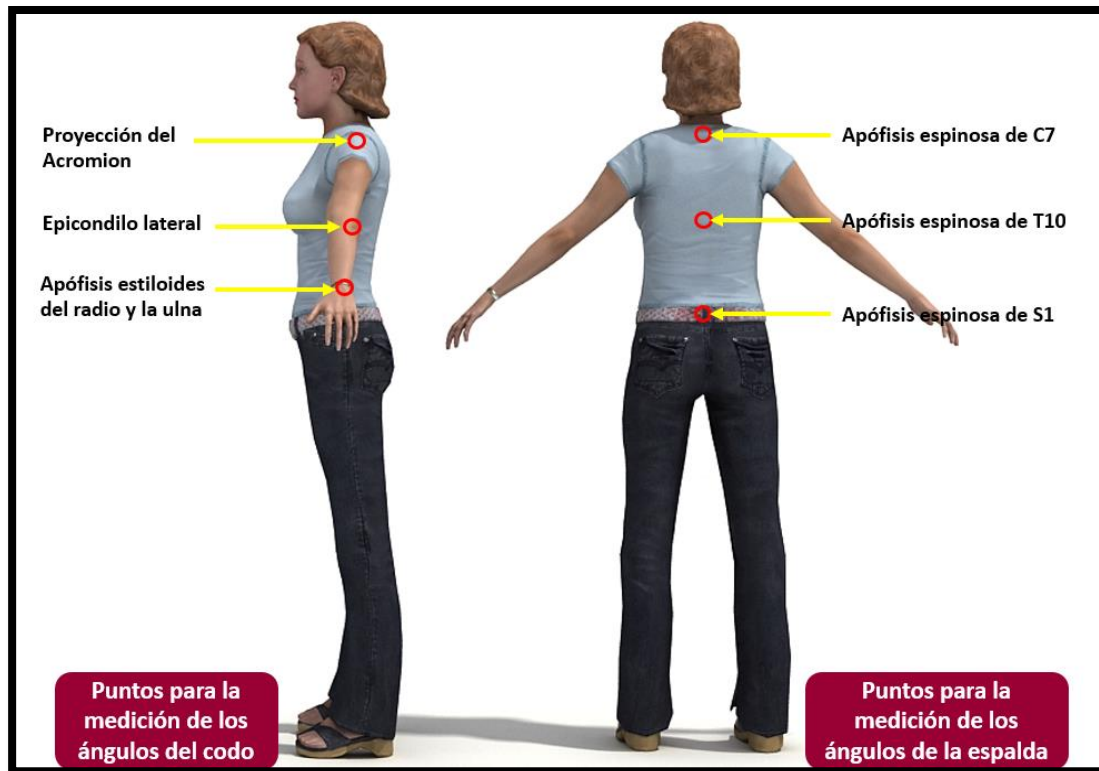


Figura 16. Señalización de los puntos anatómicos necesarios para la medición de los ángulos de codo y espalda.

Posterior a la instrumentación total de la participante y a la validación del funcionamiento adecuado de las cámaras de video y el equipo de EMG, se dio inicio a la prueba experimental con la participante en posición neutra, dentro del área enmarcada frente a la mesa de trabajo.

La prueba experimental se fundamentó en el desarrollo secuencial de las cinco tareas que componen el protocolo de trabajo real, las cuales fueron caracterizadas durante los procesos de evaluación observacional que se realizaron a la situación de trabajo real, y se detallan en el siguiente diagrama:



Figura 17. Diagrama de procesos de evaluación observacional

4.2.3 Análisis estadístico de datos. Todas las variables cuantitativas se sometieron a la prueba de Kolmogórov-Smirnov K-S, para verificar su normalidad. Habiendo verificado su normalidad, se realizó posteriormente un análisis de comparación de medias, siguiendo un modelo univariante el cual se observa en la ecuación 1.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Con: } i=1,2 \quad j=1,\dots,5 \quad \text{y } k=1,\dots,50 \text{ (individuos)}$$

(1)

Donde;

μ : Media general de la flexión de codo ó Espalda y_{ijk}

α_i : es el efecto de i-ésimo nivel de la altura (100 cm y 25 cm) en y_{ijk}

β_j : es el efecto de j-ésimo nivel de la tarea (Trasladar la carga estante-mesa, Desempacar,

Documentar, Empacar, Trasladar la carga mesa-estante) en y_{ijk}

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto interacción de ij-ésimo nivel de la altura y tarea en y_{ijk}

ε_{ijk} : Error aleatorio.

Comportamiento postural. En esta fase se plantean las variables referentes al comportamiento postural, medido en ángulos de flexión para el codo, flexión y extensión para la espalda; para lo cual se utilizó el software Maxtraq de Innovision System. Los datos obtenidos en la medición de dichos ángulos se organizaron en Excel, para posteriormente ser procesados en el programa IBM SPSS Statistics 22, teniendo en cuenta las tareas y las alturas como factores influyentes en las variables antes mencionadas (ver ecuación 1).

El análisis de esta información se realiza mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) propuesto por Montgomery (2017), en el que se plantea un modelo causal para ver el efecto de la altura y tareas sobre la flexión del codo y la espalda. Teniendo presente la validación de supuestos

como el de normalidad a través de la prueba de *Kolmogórov-Smirnov*, y el análisis de perfil para cada una de las medias estimadas, de los efectos de interacción o principal significativos del análisis planteado. Además, se incluye un análisis gráfico para la extensión de espalda en las tareas T1: Trasladar estante-mesa y T5: Trasladar mesa-estante. Finalmente, se plantean tablas de contingencia para asociar los factores a los niveles de riesgo postural según el método OWAS.

Actividad muscular. Para realizar el análisis referente a la actividad muscular, se utilizó el software MATLAB en el cual se convirtieron los datos obtenidos por electromiografía de la actividad muscular LES y RA (figura 14), contrastados con la máxima contracción voluntaria MVC del músculo respectivo, a porcentajes de frecuencia. Estos datos corresponden a la actividad muscular presentada por cada participante en la ejecución de las pruebas experimentales, donde se analizaron las siguientes variables: Mean, Min, EMG50 y Max.

Los valores obtenidos se organizaron en tablas de contingencia y se comprobó a través de la prueba estadística Chi-cuadrado, la viabilidad de utilización de las variables con el fin de identificar diferencias significativas en la actividad de cada músculo, respecto a cada una de las tareas en función de las dos alturas. El nivel de significancia establecido fue del 5%.

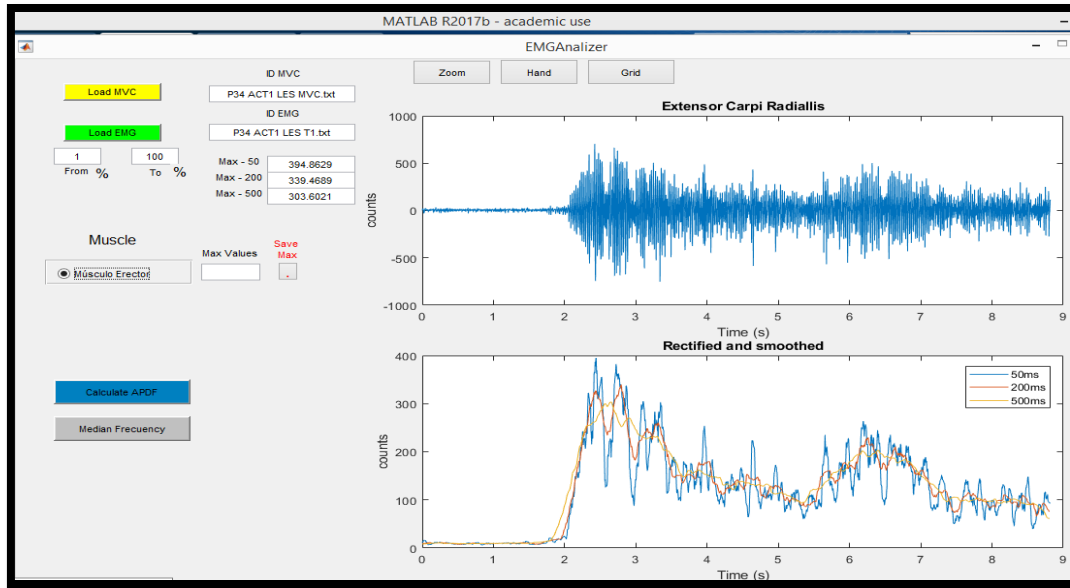


Figura 18. Análisis de datos electromiográficos en el software MATLAB.

Tiempo de ejecución de las tareas. Con respecto al tiempo de ejecución de las tareas, se establece el tiempo empleado en el desplazamiento sin carga entre la mesa de trabajo y el estante. Este fue medido en segundos con la ayuda de un cronómetro. Para su identificación se estableció la distancia entre la mesa de trabajo y el estante de ubicación de la carga, teniendo en cuenta puntos de partida y llegada específicos, a fin de evitar sesgos. Los datos de distancia constante de 2,26 metros y tiempo en segundos, fueron fundamentales en la identificación de la velocidad, para lo cual se desarrolló la ecuación 2. Esto a fin de realizar análisis comparativos en la siguiente fase experimental correspondiente a la fase de transformación.

$$\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

4.3 Fase 2: Simulación virtual de la situación de trabajo real y de la propuesta de transformación en el Software JACK.

4.3.1 Materiales y métodos. Para el desarrollo de esta fase, se plantearon dos etapas. La primera hace referencia a la simulación virtual de la situación de trabajo real en el software JACK y la segunda, obedece a la simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo planteada. Sin embargo, de modo general se establecieron las mismas variables dependientes e independientes para el desarrollo de la fase, así como la configuración de las maniqués.

Caracterización de los maniqués. Para el desarrollo de la fase 2 en el software JACK, se generaron modelos humanos virtuales, a partir de los datos antropométricos (peso y estatura) identificados en la muestra poblacional seleccionada para desarrollar el experimento (ver tabla 1). Estos datos fueron utilizados en la simulación virtual de la situación de trabajo real, así como en la simulación virtual de la propuesta de transformación.

Tabla 1.

Datos antropométricos (peso, estatura y percentil) de cada una de las participantes de la prueba experimental, dando cumplimiento del criterio de inclusión para la selección de la muestra n=50.

Participante	Peso (K)	Altura (cm)	Percentil	Participante	Peso (K)	Altura (cm)	Percentil
1	50	155	p25	26	56	160	P50
2	54	159	P50	27	51	157	p25
3	52	157	p25	28	55	161	P50
4	67	163	p75	29	59	159	P50
5	55	162	P50	30	60	168	p75
6	59	159	P50	31	53	156	p25
7	56	160	P50	32	59	162	P50
8	65	166	p75	33	55	161	P50
9	56	161	P50	34	57	160	P50
10	57	160	P50	35	58	159	P50
11	60	168	p75	36	63	167	p75
12	51	158	p25	37	49	154	p25
13	64	164	p75	38	65	164	p75
14	59	162	P50	39	59	161	P50
15	58	159	P50	40	57	158	P50
16	55	159	P50	41	66	166	p75
17	49	155	p25	42	56	160	P50
18	62	163	p75	43	52	158	p25
19	56	161	P50	44	58	160	P50
20	66	165	p75	45	67	162	p75
21	58	162	P50	46	55	161	P50
22	55	162	P50	47	53	156	p25
23	59	160	P50	48	61	165	p75
24	56	161	P50	49	59	162	P50
25	50	156	p25	50	55	159	P50

Descripción de las variables. A continuación se relacionan las variables establecidas para el desarrollo de cada etapa en la fase 2 (figura 15).

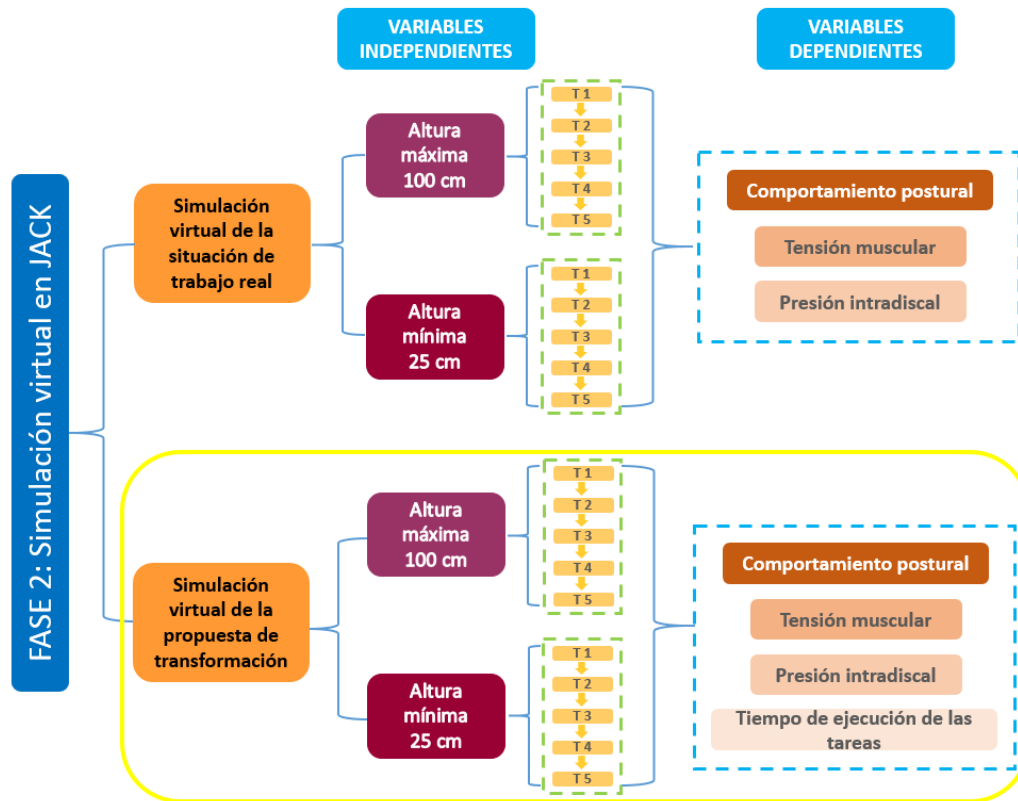


Figura 19. Descripción de las etapas de la fase 2 y sus variables.

Definición de variables Independientes. Para simulación virtual de la situación de trabajo real, se establecieron las mismas variables independientes de la fase 1: tareas y alturas. Esto se realizó, teniendo en cuenta que la etapa de simulación virtual de la situación de trabajo real contemplada en la fase 2, buscó replicar el estudio experimental realizado en el laboratorio (fase 1), manteniendo las mismas condiciones físicas del espacio de trabajo. Asimismo, estas fueron las variables independientes establecidas para la simulación de la propuesta de transformación, a fin de poder contrastar los resultados obtenidos y así validar la propuesta realizada.

Definición de variables dependientes. Para las dos etapas que contempla la fase dos (simulación virtual y transformación), se definieron como variables dependientes: el comportamiento postural, la tensión muscular y la carga intradiscal.

Para la identificación de los valores relacionados con la tensión muscular y la carga intradiscal, se utilizó uno de los complementos de evaluación ergonómica que ofrece el software JACK, el cual permitió identificar el comportamiento de estas variables en función de cada tarea desarrollada en función de ambas alturas. Por su parte, el comportamiento postural también fue analizado mediante el método OWAS que permite categorizar las posturas de acuerdo a su penosidad.

Finalmente, en la simulación virtual de la situación de trabajo real no se obtuvo datos relacionados con el tiempo de ejecución de las tareas, debido a que se simulaban únicamente “frames” o fragmentos de los videos capturados durante el desarrollo del experimento, que evidenciaban un comportamiento postural inadecuado. No obstante, el dato de tiempo fue obtenido en la fase 1 y a partir de los datos de velocidad calculados en esa fase, se comparó con los datos de la simulación virtual de la propuesta de transformación de la fase 2.

4.3.2 Etapa 1: Simulación virtual de la situación de trabajo real, en el Software JACK. La simulación virtual de la situación de trabajo real, se desarrolló con base en el estudio experimental de la fase 1, siguiendo el mismo protocolo de trabajo (tareas) y modelando de forma virtual las mismas condiciones físicas de la estación de trabajo, junto con los elementos clave para el desarrollo del protocolo experimental, como se relaciona en la figura 16.



Figura 20. Etapas de la fase de simulación virtual de la situación de trabajo real en el software JACK.

Las fases que integraron la etapa de simulación virtual se muestran en la figura 16 y se detallan a continuación:

Modelado 3D de la estación de trabajo y sus componentes. Para desarrollar las simulaciones virtuales bajo los mismos parámetros de la estación de trabajo real, se modeló en el software CAD Rhinoceros, el espacio de trabajo junto con sus componentes (ver figura 17). Asimismo, se modelaron por separado la caja de instrumental y otros elementos relacionados con el desarrollo de las tareas, los cuales también fueron importados en el software JACK. Es importante mencionar que el software JACK cuenta con una amplia librería de entornos y recursos para conformar diferentes estaciones de trabajo. Sin embargo, fue fundamental para el desarrollo

del estudio, realizar la simulación de la estación de trabajo real manteniendo las características, dimensiones y distancias.

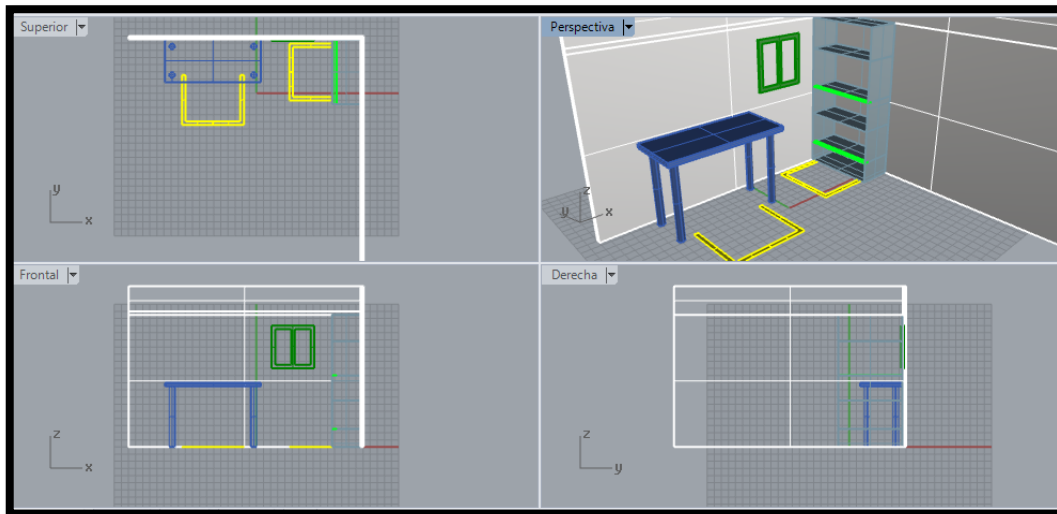


Figura 21. Vistas del espacio de trabajo modelado en el software CAD Rhinoceros.

Datos de entrada para la simulación en JACK. Para ejecutar las simulaciones en el software JACK, fue necesario realizar la caracterización de cada una de las 50 maniqués, para lo cual se utilizaron los datos antropométricos (peso y estatura) previamente identificados en la fase 1 (ver figura 22). Asimismo, se definió un conjunto de posturas críticas para ser simuladas por el maniquí, durante el desarrollo de cada una de las 5 tareas en función de cada una de las dos alturas.

En las tareas donde fue pertinente simular la manipulación de la carga, se aplicó una fuerza de 12 kilos (peso real de la caja), estableciendo un agarre tipo regular con flexión de dedos a 90°. En contexto, este tipo de agarre se utiliza al manipular contenedores o cajas que no cuentan con asas que faciliten la tarea, en este caso aunque las cajas contenedoras del instrumental y material quirúrgico cuentan con unas asas ubicadas en las zonas laterales, estas quedan cubiertas cuando la

caja es cubierta por la lona y luego por el papel vinipel y por tanto no pueden ser utilizadas al momento de manipular la carga.

Una vez desarrollada la simulación virtual, se identificaron valores para la tensión muscular en LES y RA, la carga intradiscal experimentada por las vértebras L4/L5 y el comportamiento postural presente en cada tarea, expresado en categorías de penosidad OWAS. Con base en lo anterior, se presenta a continuación el procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo de la simulación virtual.



Figura 22. Procedimiento para el desarrollo de la simulación virtual.

4.3.2.1 Análisis estadístico de los datos. El análisis estadístico se realizó conforme a la naturaleza de los datos obtenidos en función de cada una de las variables dependientes definidas, como se detalla a continuación.

Comportamiento postural. La valoración postural obtenida por el método OWAS correspondiente a la simulación virtual de la propuesta de transformación y a la simulación virtual de la situación real, fueron organizadas en tablas de contingencia teniendo en cuenta la frecuencia de las 4 categorías de riesgo, presente en las tareas realizadas en función de las dos alturas establecidas. Los datos obtenidos, fueron analizados con la prueba Chi-cuadrado de Pearson, determinando un valor de significancia p valor $< 0,05$.

Tensión muscular. La tensión muscular que se tuvo en cuenta fue la relacionada con los músculos LES y RA, tal como en la fase 1. Los valores obtenidos en la simulación virtual de situación de trabajo real y en la propuesta de transformación, fueron organizados en una tabla Excel, teniendo en cuenta cada una de las cinco tareas y las dos alturas de ubicación de la carga, para posteriormente ser evaluadas mediante el estadístico ANOVA, estableciendo un $p < 0,05$.

Presión intradiscal. Los valores de carga intradiscal en el segmento lumbar L4/L5, fueron obtenidos como resultado de la simulación virtual de la propuesta de transformación y simulación de situación de trabajo real realizada en el software JACK. Esta variable se analizó de igual forma que la tensión muscular, y se organizó en la sabana de datos de Excel de acuerdo con las tareas y las alturas establecidas, como parte del protocolo experimental. Asimismo, el análisis de los datos se realizó utilizando la comparación de medias por ANOVA, para lo cual se estableció una significancia del 5%.

Tiempo de ejecución de las tareas. El dato de tiempo fue obtenido en la fase 1 y a partir de los datos de velocidad calculados en esa fase, se comparó con los datos de la simulación virtual de la propuesta de transformación de la fase 2.

4.3.3 Etapa 2: Consideraciones para la etapa de simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo. El presente apartado contiene las consideraciones que se tuvo en cuenta para realizar la propuesta de transformación del trabajo (figura 18). Esta se fundamentó en replantear la distribución del espacio de trabajo y en la propuesta de un sistema de ayuda, para el manejo de la carga. La inclusión de este artefacto buscó demostrar la viabilidad, seguridad y efectividad de su uso, tanto para el manejo que se da a la carga como para el desarrollo de las tareas.

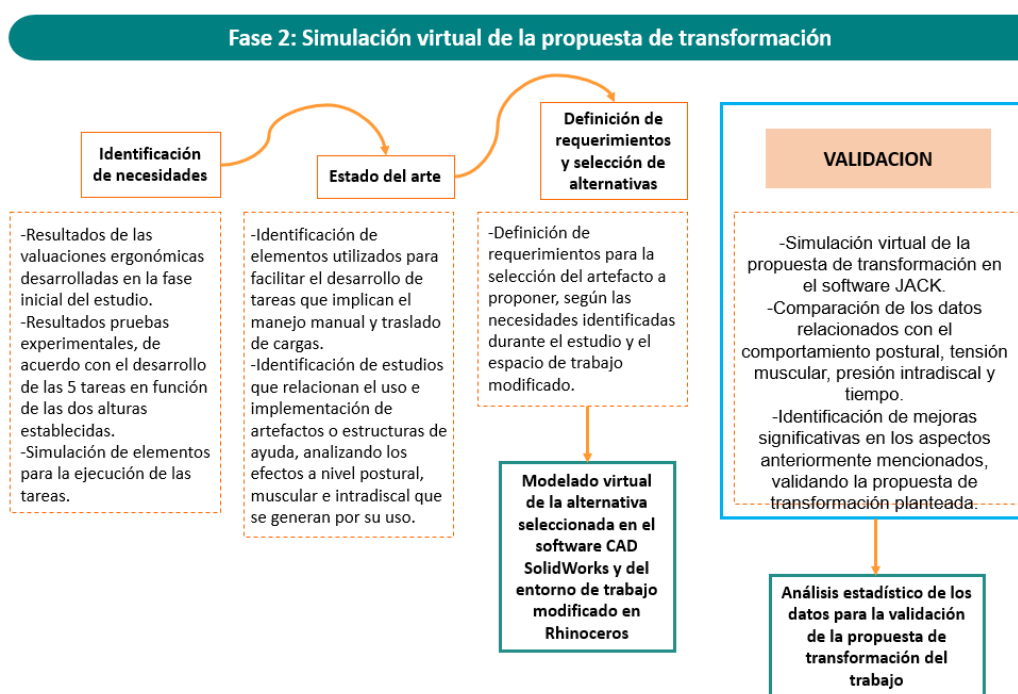


Figura 23. Proceso desarrollado en torno a la simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo.

La figura 18 describe el proceso que se llevó a cabo en torno a la propuesta de transformación del trabajo y su posterior validación en el software JACK, para lo cual se

contrastaron los resultados obtenidos en ambas etapas de esta fase. Como documentos anexos, se encuentran la definición de requerimientos para la construcción del elemento en el software CAD (Anexo 7), sus planos y demás fichas técnicas necesarias para su construcción por parte de la empresa Mediimplantes S.A, así como una breve guía de ensamble (Anexo 8).

Conformemente, los resultados obtenidos en el proceso de evaluación diagnóstica (Anexo 1) y el estudio experimental desarrollado inicialmente (fase 1), la propuesta de transformación del trabajo consideró dos aspectos fundamentales referentes al rediseño del espacio de trabajo y a la inclusión de un elemento o artefacto de operación eléctrica. Con esta propuesta de transformación se busca promover mayor eficiencia y seguridad al momento de manipular la carga, así como la mejora significativa de aspectos relacionados con la penosidad identificada en el comportamiento postural, la actividad muscular y compresión intradiscal. Esta propuesta además se desarrolló con el propósito de disminuir la sintomatología asociada a los DME de origen ocupacional.

Redistribución del espacio de trabajo planteada. La redistribución del espacio de trabajo se planteó a raíz de la evaluación observacional y la información manifestada por el personal de Soporte Quirúrgico. Con base en ello, se identificó que debido a las molestias ocasionadas durante la manipulación y traslado de la carga, las trabajadoras optaron por dar uso al estante de mayor proximidad a la mesa de trabajo, dejando en desuso los otros dos estantes asignados para el almacenamiento de las cajas de instrumental y material quirúrgico. Asimismo, para la ubicación de la carga se manifestó preferencia por la bandeja con altura similar a la altura de la mesa de trabajo, respecto a las bandejas ubicadas a una menor y mayor altura. Este comportamiento fue justificado por las trabajadoras, debido a que de esta manera, han encontrado un menor grado de incomodidad al manipular y trasladar la carga, evitando realizar posturas inadecuadas y tener un mayor desplazamiento con la carga de 12 kilos.

De acuerdo con lo anterior, la redistribución del espacio (figura 19) se propuso a fin de optimizar y aprovechar los recursos que forman parte de la estación de trabajo, permitiendo el almacenamiento de un mayor número de cajas.

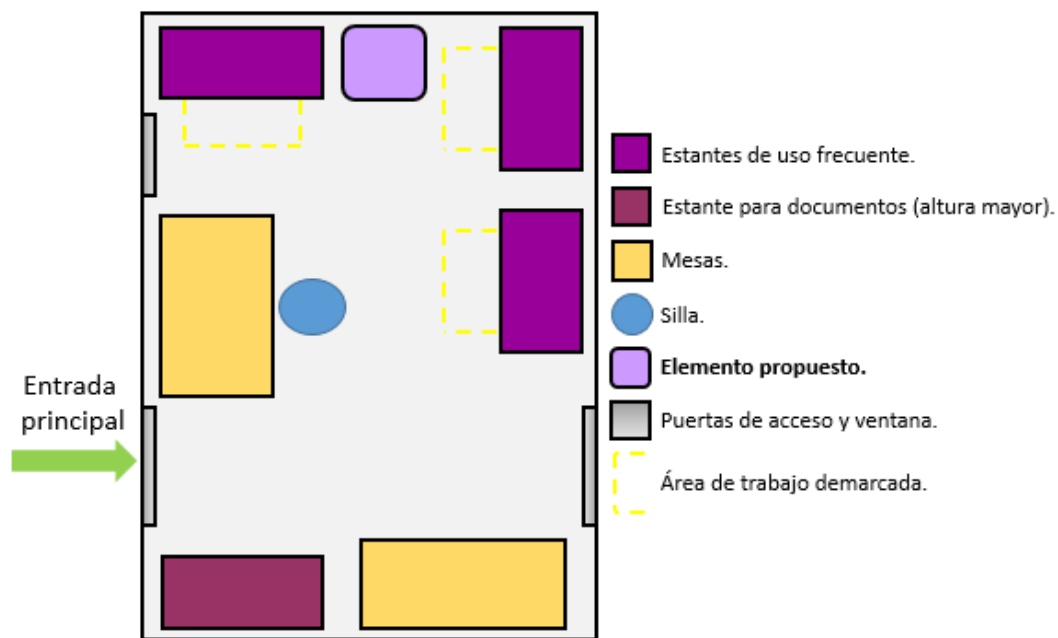


Figura 24. Propuesta para la redistribución del espacio de trabajo del área de Soporte Quirúrgico en la empresa Mediimplantes S.A.

Como se observa en la figura 19, respecto a la figura 2 (distribución del espacio de trabajo real), se eliminó la mesa auxiliar móvil, teniendo en cuenta que esta es de altura fija y es la que se utiliza para trasladar más de una caja de instrumental cuando se requiere. Asimismo, se modificó la ubicación de los estantes para dar lugar a una ubicación estratégica del elemento propuesto, con el fin de reducir el desplazamiento que la trabajadora debe realizar desde la toma del elemento que se propone, hasta su ubicación frente al estante a intervenir, para iniciar con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

Artefactos identificados para el manejo de cargas en un entorno industrial.

Estado del arte. Diferentes estudios realizados en el marco de la ergonomía laboral, han llegado a concluir acerca de la importancia que representa una intervención, cuyo fundamento sea el de prevenir enfermedades y alteraciones a nivel musculo esquelético. La revisión del estado del arte mostró las diferentes estructuras que se han desarrollado en torno al traslado y en algunos casos manipulación de cargas, dichas estructuras han obedecido a los requerimientos propios del espacio de trabajo, así como al peso aproximado de la carga que deben soportar. Una de las características identificada en la mayoría de estas estructuras, es la posibilidad de desplazar la bandeja que soporta la carga de forma vertical, abarcando diferentes alturas, aspecto pertinente a tener en cuenta, debido a la necesidad de acceder a las diferentes alturas en el estante contenedor de las cajas de instrumental.

Por otra parte, se identificó que la mayoría de elementos funcionan a partir de un sistema hidráulico, el cual se descartó en la propuesta realizada, ya que su funcionamiento está relacionado con el uso interno de aceite que es enviado a presión hacia el cilindro, para que éste actúe y pueda mover las cargas. En ese sentido, debido al contexto donde se va a implementar el sistema de ayuda y sus requerimientos de higiene y asepsia, el uso de este elemento puede llegar a contaminar el material quirúrgico y además ocasionar accidentes de trabajo. De igual forma se identificaron sistemas con funcionamiento mecánico, como pedales y manivelas, estos demanda exposición a riesgo de carga y repetitivos.

También se identificaron estudios que han buscado desarrollar propuestas que igualmente faciliten el manejo manual de cargas, pero con la particularidad de buscar la adaptación a la anatomía de cada trabajador, como es el caso de los exoesqueletos. De acuerdo con los hallazgos obtenidos en los estudios, estos artefactos han mostrado ventajas ya que con su uso se reduce la

carga intradiscal y la tensión muscular, en los músculos LES y RA (Antwi-afari et al., 2017), (Bosch, Eck, Knitel, & Looze, 2016), (Huysamen et al., 2018). Sin embargo, si bien es cierto aunque esta estructura cumple con la función de facilitar el manejo de las cargas, su uso ocasiona incomodidad en las extremidades inferiores y pecho, lo cual también puede llegar a ser influyente en la salud y desempeño de los trabajadores.

A continuación en la figura 25, se relacionan las estructuras conceptuales que a nivel operativo, han mostrado ser utilizados frecuentemente para el manejo y traslado de cargas, en un entorno industrial.



Estructura para manipulación de carga tipo plataforma tijera

- Su estructura permite la elevación de grandes cargas, abarcando la altura requerida de forma fácil y segura.
- Unidad de alimentación eléctrica y en algunos casos hidráulica.
- Estructura de fácil transporte y desplazamiento, para áreas planas.
- El trabajador debe realizar movimientos de tracción y empuje de la carga para ubicarla en la plataforma del artefacto.



Estructura para manipulación de carga tipo apilador manual

- Plataforma con asa de empuje para maniobrar y desplazar fácilmente.
- La bandeja para tomar la carga está sujeta a la estructura de un solo lado, lo cual puede generar inseguridad al trabajador.
- Desplazamiento vertical restringido debido a los ejes donde se encuentra sujeta la bandeja.
- Unidad de alimentación eléctrica, manual y en algunos casos hidráulica.



Estructura para manipulación de carga tipo montacargas

- Unidad de alimentación eléctrica y en algunos casos hidráulica.
- Su estructura permite realizar maniobras para la elevación y traslado de grandes cargas de forma fácil y segura.
- Las horquillas que caracterizan este tipo de artefacto, permiten tomar la carga desde su base y de esta forma elevarla y trasladarla, reduciendo el impacto que puede llegar a generar en el trabajador.



Estructura para manipulación de carga tipo exoesqueleto

- Sistema de funcionamiento mecánico.
- Se adapta a la antropometría del usuario.
- Su estructura limita algunos movimientos.
- Su uso prolongado ocasiona molestias y dolor en algunos casos.
- Da soporte al cuerpo humano permitiendo interactuar con cargas elevadas.

Figura 25. Sistemas y elementos comúnmente utilizados para el traslado de carga.

Definición de requerimientos para la selección de alternativas. Un elemento o artefacto debe suplir las necesidades con base en las cuales fue creado, asimismo debe facilitar su uso a la población o muestra poblacional catalogados como usuarios directos. Para ello, fue fundamental comprender el comportamiento de las variables dependientes establecidas, respecto a las tareas y la altura de ubicación de la carga, así como el peso de la misma. De hecho, fue indispensable contar con la opinión de las instrumentadoras quirúrgicas de la empresa, con el fin conocer su percepción ante la situación de trabajo y los factores que la conforman, y junto con los insumos identificados, llegar a proponer un artefacto que permita al personal de Soporte Quirúrgico desarrollar su labor de forma eficiente, segura y sin afectar su salud.

De acuerdo con hallazgos obtenidos en la revisión de la literatura, se identificó la pertinencia de algunos conceptos; dentro de ellos se pueden mencionar el espacio de trabajo del que disponen para manipular la carga (Elfeituri, 2015) y el uso de elementos para facilitar el manejo de cargas (Huysamen et al., 2018). Se plantearon una serie de requerimientos que abarcan los aspectos identificados durante el desarrollo de la investigación, los cuales implican que los atributos que caracterizan el artefacto propuesto, sean compatibles o afines tanto con el usuario directo, como con el entorno donde este va a ser utilizado (Anexo 6). De acuerdo con lo anterior, se dio especial énfasis en garantizar a la trabajadora su seguridad, durante su interacción con el elemento y facilidad en su manejo, en el desarrollo de su actividad laboral en la empresa.

Por lo anterior, se relaciona el anexo 6 el cual muestra los requerimientos definidos para el artefacto propuesto.

4.3.4 Artefacto propuesto para el desarrollo de la actividad de la instrumentadora quirúrgica en empresa. El artefacto propuesto para desarrollar la actividad relacionada con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico, es de alimentación eléctrica e integra dos conceptos

normalmente utilizados para el manejo de cargas en entornos industriales. Uno de ellos corresponde a la plataforma elevadora tipo tijera, cuya estructura permite alcanzar diferentes alturas soportando pesos considerables y además visualmente genera estabilidad, dando confianza al usuario.

Sin embargo este sistema no cuenta con un elemento que además de ello facilite tomar la carga, por tanto no evita que la operaria realice movimientos de empuje y tracción para poder ubicarla en la plataforma del sistema. En este sentido, los sistemas de montacargas, facilitan el manejo de la carga desde su base con ayuda de las horquillas (figura 20), sin que los operarios deban realizar movimientos incómodos e inadecuados para acomodar la carga, además permite su elevación o descenso según se requiera. Sin embargo, este sistema como tal requiere poner contrapeso al lado opuesto de las horquillas, evitando generar el volcamiento del elemento cuando este haya tomado la carga, por lo cual se recurrió a utilizar el concepto formal de las horquillas, más no el mecanismo al que normalmente se asocia (mástil y porta horquillas).

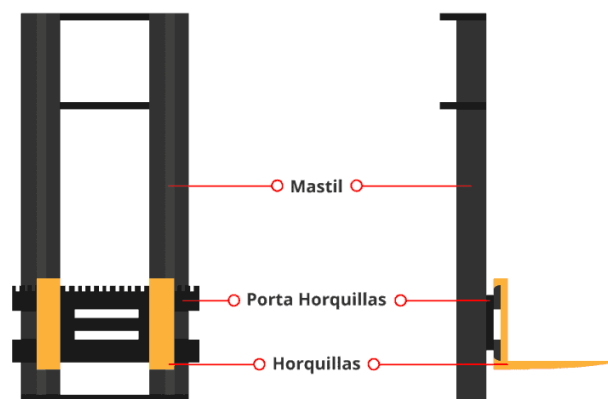


Figura 26. Horquillas de montacargas.

Adaptado de: (Andes Montacargas, 2019)

En ese sentido, la figura 21, muestra una estructura móvil, cuya función principal es la de facilitar el manejo de carga, que para el caso puntual del presente estudio, corresponde a la caja contenedora de instrumental y material quirúrgico. La propuesta desarrollada está conformada por una estructura metálica móvil que permite su traslado y ubicación de una forma fácil y segura, dentro del espacio de trabajo. Se propuso que el manejo del elemento se ejecutara mediante un tablero de control, al cual se van a asignar las funciones relacionadas con los requerimientos que implica el desarrollo de cada una de las tareas (desplazamiento de los elementos auxiliares, ascensos, descensos, entre otros). Asimismo, se van a asignar los datos de entrada necesarios (alturas, distancias, indicadores de seguridad) para que el comportamiento del artefacto sea de acuerdo a la secuencia establecida dentro del protocolo de trabajo.

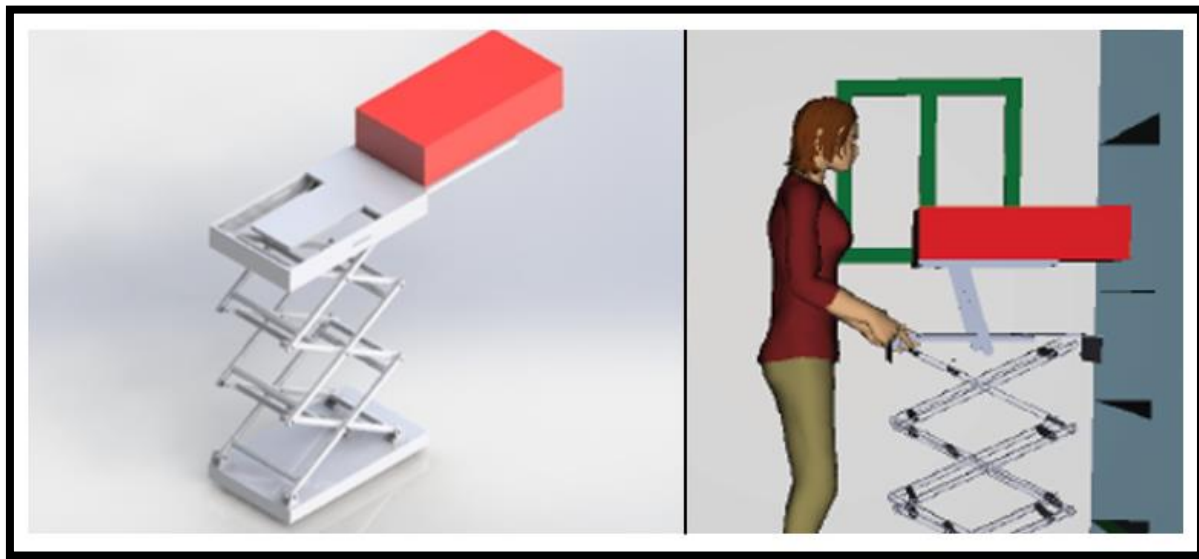


Figura 27. Artefacto propuesto dentro de la fase de transformación, para facilitar el manejo, levantamiento y traslado de cargas en la actividad relacionada con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

A continuación se describe de modo general, el proceso de utilización del artefacto:

Funcionamiento del artefacto. La actividad que realiza el personal de Soporte Quirúrgico en empresa, responde a la necesidad de disponer de los elementos que han sido solicitados para llevar a cabo determinada intervención quirúrgica, así como a la necesidad de verificar que el contenido de la caja esté acorde con la relación de los gastos del material quirúrgico, que fue reportada por la instrumentadora quirúrgica una vez finalizado el procedimiento. La figura 22 relaciona de modo general, el comportamiento del artefacto en el desarrollo de las cinco tareas.

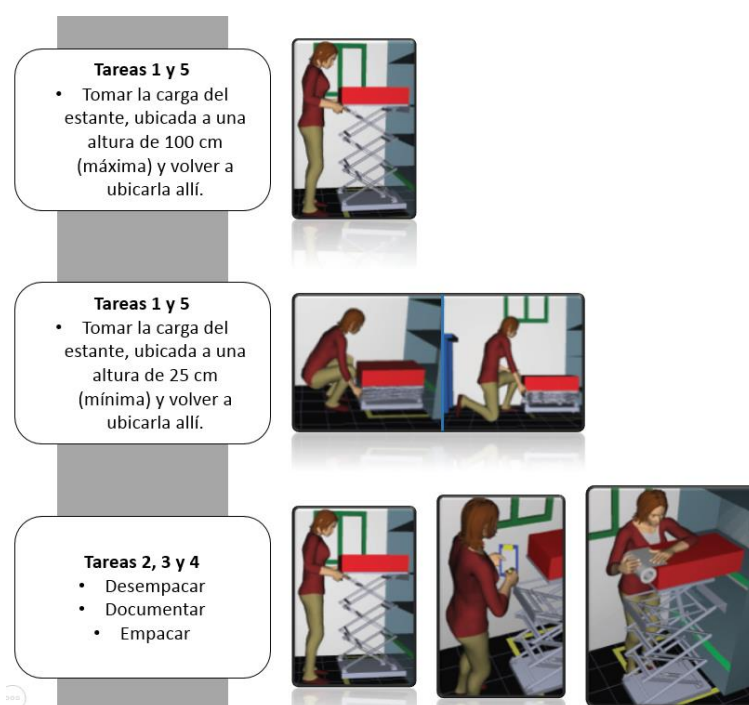


Figura 28. Comportamiento del elemento propuesto en cada una de las 5 tareas que conforman la actividad correspondiente al alistamiento de instrumental y material quirúrgico.

La solicitud recibida bajo la cual debe realizarse el alistamiento del instrumental, debe haber sido previamente revisada por la instrumentadora quirúrgica a cargo, antes de dar inicio al protocolo de trabajo, con el propósito de identificar la caja a intervenir. Esta solicitud va a estar adjunta a una “tabla con clip” que sostiene las órdenes y revisiones que se deben realizar en la

jornada y que además facilita la toma de notas. La tabla debe ser colgada en la pared dentro del mismo espacio asignado para el estacionamiento del artefacto (a 1 metro desde el nivel del suelo) una vez la instrumentadora quirúrgica haya ingresado al área de trabajo para el desarrollo de su principal actividad en empresa.

Con base en lo anterior, a continuación se describe el desarrollo de cada una de las cinco tareas en función de la propuesta de transformación realizada:

TAREA 1: Tomar la carga del estante. La instrumentadora quirúrgica ingresa a la sala donde desarrolla su actividad principal en empresa y se dispone a desplazarse hasta la pared en la que debe ubicar la tabla con la documentación requerida. Al ubicarse el artefacto en el mismo espacio de trabajo, la instrumentadora podrá tomarlo y posteriormente desplazarlo hasta el estante donde se ubica la caja de instrumental que debe intervenir. Asimismo, la instrumentadora deberá ubicar el estante de forma estratégica teniendo en cuenta la ubicación de la caja.

Una vez se haya observado y verificado que el artefacto está correctamente ubicado frente a la carga, se va a permitir accionar un seguro tipo pedal ubicado a un lado de la plataforma inferior del artefacto. Este seguro va a garantizar a la operaria que éste no va a desplazarse durante la ejecución de las tareas, evitando accidentes e incidentes laborales.

Con el elemento asegurado, se procede a marcar en el tablero la función que va a permitir el desplazamiento vertical de la plataforma superior, hasta alcanzar el mismo nivel donde se encuentra la carga (alturas predeterminadas), encendiéndose una luz verde en el tablero de control para indicar que se alcanzó la altura requerida, por lo cual es seguro continuar. Posterior a ello, se ejecuta la función correspondiente a la salida de una bandeja transportadora ubicada en la plataforma superior del artefacto, la cual va a tomar la carga desde su base y una vez se haya tomado correctamente, se encenderá la luz verde indicando que se puede proceder con la siguiente

función. Esta función corresponde al desplazamiento en reversa de la bandeja transportadora junto con la carga. Para indicar que ha retrocedido completamente y que es seguro proceder, se encenderá la luz verde dando lugar a indicar la siguiente función en el tablero, con la cual la estructura descenderá o ascenderá (según sea el caso), hasta que la plataforma sobre la que se encuentra la carga quede a una altura de 75 cm.

TAREA 2: *Desempacar.* Para desarrollar esta tarea, se indica en el tablero la función correspondiente a la elevación de las horquillas, para lo cual se estableció una distancia de 30 cm sobre el nivel de la plataforma superior, facilitando que las instrumentadoras quirúrgicas retiren el papel vinipel y la funda de la caja (esta elevación debe mantenerse hasta finalizar la tarea 4). El papel vinipel debe ser reciclado en el recipiente o caneca que corresponda (plástico) y la funda debe ser colgada en uno de los ganchos laterales que dispone la plataforma de la estructura. Para finalizar esta tarea se levantan los seguros laterales que tiene la caja de instrumental y se retira la tapa, la cual preferiblemente puede ser ubicada en el otro gancho junto a la funda.

TAREA 3: *Documentar.* Si la tarea (revisión de gastos, cumplimiento a una solicitud) requiere que la instrumentadora quirúrgica retire la bandeja de la caja contenedora, para revisar o completar el material que se encuentra en el fondo de esta, el artefacto en su lado derecho dispone de una bandeja auxiliar, que se accionará por medio de la función indicada en el tablero de control. Si la solicitud relaciona elementos que no se encuentran en la caja, la instrumentadora debe dirigirse a la bodega de producto terminado, la cual se encuentra contigua a la sala de alistamiento del instrumental, para tomar los dispositivos requeridos y regresar a su estación de trabajo.

De este modo, una vez completada la verificación y documentación del material que debe contener la caja, la tabla debe ser colgada nuevamente en la pared, la bandeja de la caja contenedora

del material ubicada al interior de esta, y mediante otro comando o función, la bandeja auxiliar se guardará dentro de la plataforma superior del artefacto.

TAREA 4: Empacar. Se procede a tomar la tapa que ha sido colgada en el gancho del lateral izquierdo del artefacto, para tapar la caja y asegurarla. Posteriormente, la instrumentadora debe tomar la funda colgada en el otro gancho del lateral izquierdo del artefacto, y ubicándola en la cara posterior de la caja se procede a acomodarla, de tal forma que cubra la caja de instrumental para continuar con el proceso de empaque con el vinipel. Este insumo se ubicará en un soporte asegurado a la pared, junto al soporte donde se ubica la tabla de documentación, teniendo en cuenta que junto con la tabla y el artefacto, son elementos clave para el desarrollo de la actividad laboral y deben estar en una zona que permita el fácil acceso de la instrumentadora.

Una vez la instrumentadora tenga el rollo de papel vinipel listo para envolver la caja, iniciará enrollándolo desde el borde posterior (cara superior de la caja) hasta el borde anterior, para lo cual la trabajadora va a tener libertad en su movimiento y desplazamiento. Esto es posible debido a que las horquillas se encuentran elevadas 30 cm sobre el nivel de la plataforma superior del artefacto, permitiendo que la instrumentadora realice movimientos envolventes, teniendo en cuenta que esta acción no implica manipular la carga directamente, como se realizaba en el proceso de empaque convencional. Después de haber cubierto la caja en el sentido ya mencionado, se procederá a cubrirla o envolverla siguiendo su contorno, garantizando cubrimiento con el vinipel en toda su estructura y finalizando esta tarea.

TAREA 5: Ubicar la carga en el estante. Esta tarea inicia indicando en el tablero la función de descenso de la horquilla, la cual permitió mantener la carga elevada, una vez su descenso se haya completado se encenderá una luz verde en el tablero indicando que la función fue realizada de forma correcta. Este último descenso contempla la necesidad de bajar 1 cm desde

el nivel del área superior de la plataforma, a fin de recargar el peso de la caja en la bandeja que inicialmente fue la que sacó la carga del estante.

Una vez se encuentre la carga totalmente soportada en la bandeja del área superior del artefacto, se encenderá la luz verde que indica que el elemento está listo para ascender o descender y dejar la carga en su puesto. Después de haber señalado el desplazamiento vertical requerido en el tablero, se espera que nuevamente se encienda la luz verde indicando que el nivel de la plataforma superior, está al mismo nivel de la bandeja del estante donde va la caja y de esta forma impartiendo la indicación correspondiente, se activa y eleva (1 cm) una banda ubicada al lado posterior de la plataforma superior, facilitando el desplazamiento de la carga hasta su total ubicación dentro del estante.

Con la carga ya ubicada en su lugar, la banda automáticamente se apaga y toma su ubicación inicial, e impartiendo la última función en el tablero de control, la plataforma desciende hasta que su cara superior queda a una altura de 75 cm. En ese sentido, es pertinente quitar el seguro de pedal, y llevar el artefacto hasta el área de su ubicación.

5. Validación de la propuesta de transformación

Para realizar la validación de las propuestas de transformación del trabajo (figura 23), fue necesario tomar como referencia los datos obtenidos en la simulación virtual de la situación de trabajo real (fase 1). Estos datos fueron contrastados con los datos obtenidos en la etapa relacionada con la transformación del trabajo propuesta (fase 2), en función del comportamiento postural, la tensión

muscular y la presión intradiscal evidenciados en el desarrollo de cada una de las 5 tareas, para las dos alturas establecidas.

El proceso de validación como tal buscó demostrar que la distribución del espacio propuesta, optimiza el desplazamiento que se requiere para dar cumplimiento al protocolo de trabajo, lo cual influye en la reducción del tiempo. Asimismo, con la validación de la inclusión del elemento propuesto, se buscó demostrar mejoras significativas a nivel postural, muscular e intradiscal, demostrando la pertinencia de su inclusión para el desarrollo de las actividades laborales relacionadas con el alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

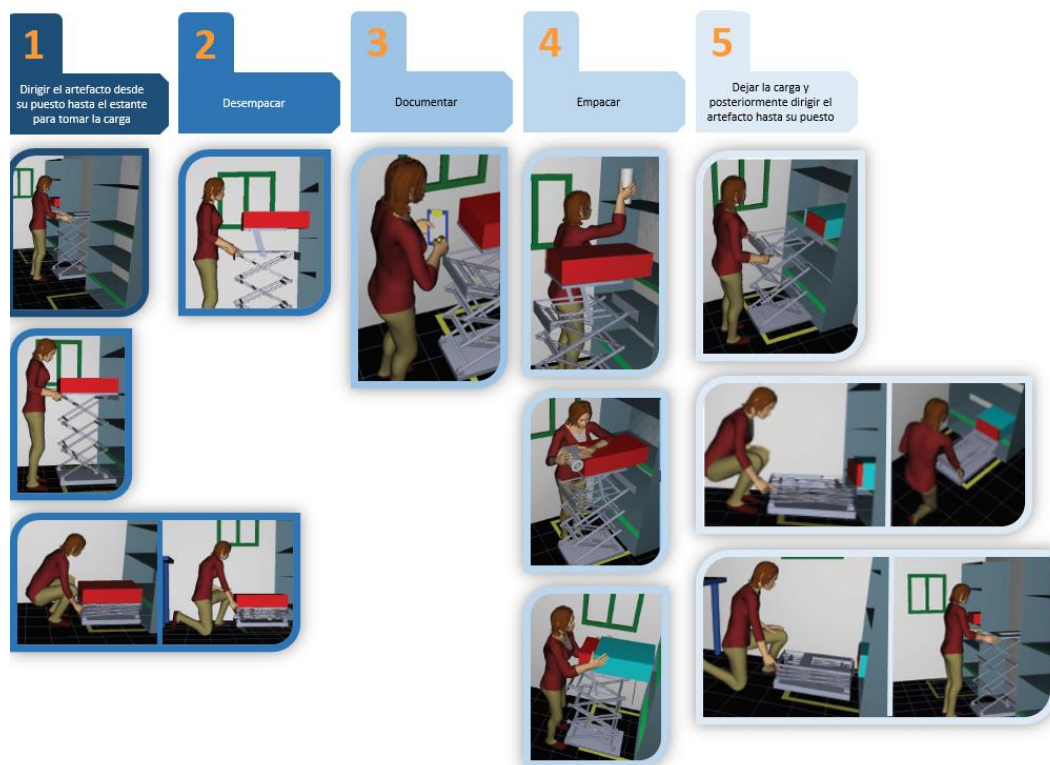


Figura 29. Simulación de la ejecución del protocolo experimental utilizando el elemento propuesto.

6. Resultados

6.1 Fase 1: Simulación real de la situación de trabajo

6.1.1 Participantes. Para el desarrollo del estudio experimental, se contó con la participación voluntaria de estudiantes del programa de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, de las cuales 4 fueron excluidas debido a que su peso y su estatura no guardaban relación con los percentiles establecidos (p25, p50 y p75), según el estudio de percentiles realizado para el Nororiente Colombiano, el cual fue referente en esta fase inicial (Maradei et al., 2008). La muestra total estudiada fue de 50 participantes femeninas, que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, los cuales se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2.

Descripción de la muestra de participantes del estudio (n=50).

	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor promedio	Desviación estándar
Edad (años)	20	30	25	7,06
Peso (Kg)	55	65	60	3,48
Altura (cm)	160	171	165	3,99

En la figura 24 se relaciona la distribución según el peso y estatura de las participantes, según los percentiles que se tomaron como criterios de inclusión en el estudio. De ello se puede concluir que más del 50% de la muestra poblacional incluida en el estudio, presentan un peso promedio de 55 kg y estatura promedio de 159 cm, encontrándose identificadas con el percentil p50.

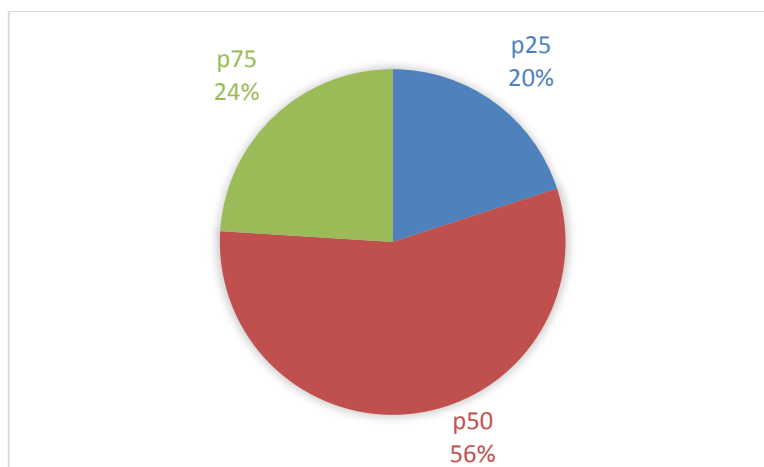


Figura 30. Distribución de las participantes en función del percentil según peso y estatura. (n=50)

6.1.2 Comportamiento Postural. En esta sección se presentan los estadísticos descriptivos y el modelo causal que permitió definir los factores que afectan la flexión del codo y la espalda; de igual forma se incluyen análisis descriptivos de la extensión de la espalda identificada en las tareas 1 y 5 desarrolladas en función de la altura máxima. Luego se plantean relaciones entre las categorías de riesgo postural obtenidas a través del método OWAS, en función de las alturas y tareas establecidas como variables independientes en el experimento.

Tabla 3.

Estadísticos descriptivos de la Flexión del Codo, n=50.

		TAREA	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desviación Estándar	Percentil 25	Percentil 75
Altura de ubicación de la carga	100 cm	T. Estante mesa	75,25	74,65	84,65	65,28	5,80	70,65	80,43
		Desempacar	75,88	76,04	82,55	68,79	4,35	72,39	80,14
		Documentar	85,26	85,07	90,25	80,45	2,91	82,95	87,54
		Empacar	75,19	74,90	80,77	70,24	3,32	71,93	78,34
		T. mesa estante	75,18	74,47	85,47	65,79	6,12	69,83	80,48
	25 cm	T. Estante mesa	72,57	72,60	80,11	65,89	4,03	69,45	76,15
		Desempacar	74,94	74,18	83,75	67,89	4,59	70,95	78,65
		Documentar	84,55	84,29	90,00	80,25	2,84	82,11	87,15
		Empacar	75,88	76,05	80,31	70,75	3,03	73,43	79,14
		T. mesa estante	73,04	73,26	80,28	65,23	4,74	68,97	76,45

La Tabla 5 muestra que la acción de documentar presenta los mayores ángulos promedio para la flexión del codo en función de ambas alturas; un ángulo de 85,26° para h1 (100 cm) y 85,55° para h2 (25 cm), asimismo es la actividad donde la variabilidad de los datos es menos, lo cual se traduce en un resultado consistente entre los individuos que participaron en el experimento.

Con relación a la tarea 1 (Trasladar la carga estante-mesa), el 75% de los individuos no superan los 80,43° a una altura de 100 cm, mientras que a los 25 cm este mismo porcentaje de individuos no superan los 76,15°, indicando que esta actividad genera menor flexión de codo a menor altura; de manera similar ocurre con la tarea inversa Trasladar la carga mesa-estante (tarea 5). Obsérvese que en términos generales, los valores máximos y mínimos de flexión de codo son similares, para las distintas tareas a las dos alturas establecidas, sin embargo difieren en la dispersión de las mediciones.

Tabla 4.

Tabla ANOVA para la Flexión del Codo. n=50

Variable dependiente: <u>Flexión del codo</u>					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	2947075,938	1	2947075,938	158000,784	,000
Altura	167,725	1	167,725	8,992	,003
Tarea	8485,568	4	2121,392	113,734	,000
Altura * Tarea	173,443	4	43,361	2,325	,056
Error	9139,621	490	18,652		
Total	2965042,295	500			

La prueba de normalidad *Kolmogorov-Smirnov* aplicada a los datos, refleja un p-valor=0,200 mayor que $\alpha=0,05$, lo cual indica la normalidad de la muestra. Por tanto, la Tabla 6 presenta los estadísticos de prueba del ANOVA para cada factor principal y su interacción. En este caso se rechaza la hipótesis que relaciona el efecto de interacción entre la altura y la tarea en la flexión de codo, dado que el p-valor=0,056 es marginalmente menor que $\alpha=0,05$. Sin embargo, la

flexión del codo promedio es estadísticamente distinta para el análisis por factor (altura y tarea), es decir la flexión del codo es diferente según la altura y según la tarea.

Verificada la diferencia de medias para al menos una de las actividades en presencia de una altura, se encontró que la mayor flexión promedio del Codo se da en la tarea documentar a una altura de 100 cm. El restante de las tareas se comporta de manera similar, en términos promedio de flexión de codo para las dos alturas, resaltándose la variabilidad mayor presente en la tarea 5 (Trasladar la carga mesa-estante) a 100 cm (Ver Figura 25).

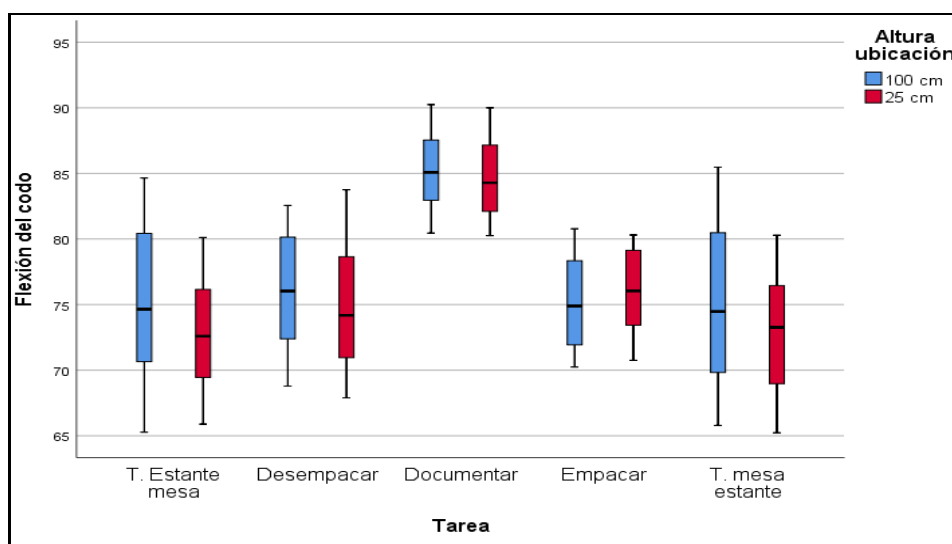


Figura 31. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Flexión del Codo en las aturas y tareas establecidas n=50.

En ese sentido, se resalta que en las medias estimadas del modelo para cada interacción de factores (tarea-altura), se resalta la mayor flexión de codo a 100 cm cuando se realiza la tarea 3 (Documentar). Las tareas 2 y 4, desempacar y empacar respectivamente presentan valores promedio estimados de flexión de codo similares. Sin embargo, desempacar presenta una mayor flexión a 100 cm, mientras que al empacar ocurre lo contrario, mostrando una mayor flexión de

codo en función de la altura mínima. Por su parte, en las tareas 1 y 5 (Trasladar la carga estante-mesa y Trasladar la carga mesa-estante, respectivamente), las mayores flexiones estimadas para el codo se dan a 100 cm y la menor flexión se logra en la tarea 1 desarrollada en función de la altura mínima.

Tabla 5.

Estadísticos descriptivos de la Flexión de Espalda n=50

	TAREA					Desviación	Percentil	Percentil	
		Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Estándar	25	75	
Altura ubicación	100 cm	T. Estante mesa	14,38	14,59	17,25	10,95	1,68	12,93	15,72
		Desempacar	18,76	18,71	22,11	15,78	1,75	17,44	20,13
		Documentar	16,92	17,10	18,27	15,14	0,85	16,39	17,49
		Empacar	20,59	20,69	23,05	18,37	1,28	19,58	21,65
		T. mesa estante	14,55	14,44	18,15	11,95	1,60	12,95	15,85
	25 cm	T. Estante mesa	28,30	28,44	31,16	24,92	1,86	26,39	30,12
		Desempacar	18,87	18,86	22,11	15,46	1,76	17,45	20,16
		Documentar	16,82	16,95	18,22	14,95	,75	16,29	17,21
		Empacar	21,03	20,94	23,85	18,73	1,23	19,95	21,78
		T. mesa estante	32,93	32,60	37,54	30,23	1,85	31,62	33,84

Con respecto a la flexión de la espalda, la Tabla 7 muestra que a 100 cm de altura la mayor flexión promedio se da en la tarea 4 (empacar) y la menor flexión de espalda ocurre en la tarea 1 (T. estante-mesa) pero con mayor dispersión, indicando mayores variabilidades en las mediciones de los individuos. Contrariamente, en la menor altura a 25 cm la mayor flexión promedio de espalda se registra para la tarea 5 (T. mesa-estante), seguido de la tarea 1 (T. estante mesa). Este comportamiento permite resaltar estas actividades con las mayores variabilidades y los mayores registros tanto para los valores mínimos como máximos. Nótese que el 25% de las mediciones en estas tareas a esta altura superan los 30°, e inclusive en la tarea 5 (T. mesa estante) el valor máximo supera los 35°.

Tabla 6.

Tabla ANOVA para la Flexión de Espalda, $n=50$

Variable dependiente: Flexión del codo					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	206350,831	1	206350,831	90155,175	,000
Altura	5367,333	1	5367,333	2345,001	,000
Tarea	2715,223	4	678,806	296,572	,000
Altura * Tarea	7933,471	4	1983,368	866,538	,000
Error	1121,532	490	2,289		
Total	223488,390	500			

La prueba de normalidad *Kolmogorov-Smirnov* muestra un $p\text{-value}=0,200$ mayor que $\alpha=0,05$, lo cual permite no rechazar la hipótesis de normalidad. La Tabla 8 presenta los estadísticos de prueba ANOVA para cada factor principal y su interacción (altura*tarea). En este caso se rechaza la hipótesis que indica el efecto de interacción entre la altura y la tarea, dado que el $p\text{-value}=0,000$ es menor que $\alpha=0,05$. Por lo tanto, la flexión de espalda promedio es estadísticamente distinta en función de los factores de altura y tarea.

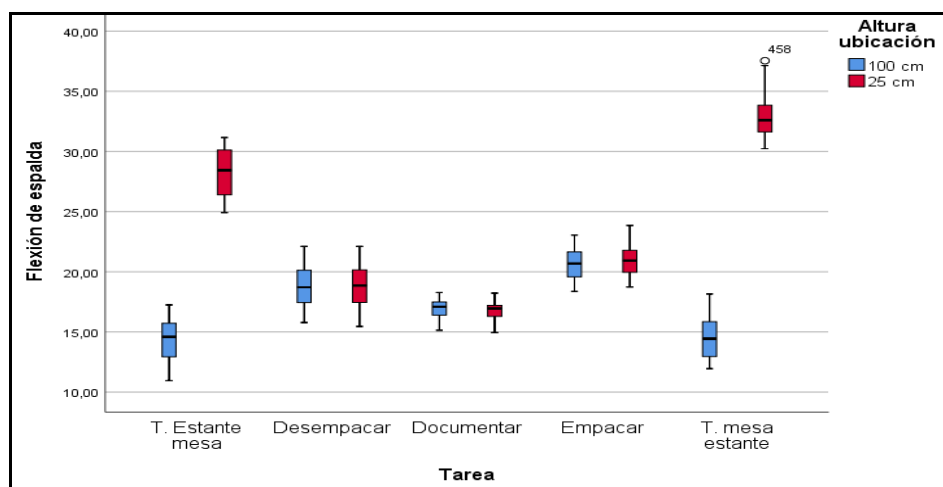


Figura 32. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Flexión de Espalda en las aturas y tareas establecidas, $n=50$.

De acuerdo con la Figura 26, es posible inferir que la mayor flexión promedio de la espalda, se da en la tarea T mesa-estante a una altura de 25 cm. Es necesario verificar que el valor resaltado en la gráfica para esta caja sea un punto atípico; por lo cual se obtiene el límite superior basado en el rango intercuartílico (RIQ).

$$Ls = Q_3 + 1.5 * RIQ = Q_3 + 1.5 * (Q_3 - Q_1) = 33.84 + 1.5 * (33.84 - 31.62) = 37,17$$

(3)

En efecto como el dato 458 corresponde a 37,54° y está por encima del valor estimado en la ecuación 3, se verifica que este es un valor atípico u outlier. Este dato corresponde a la participante 48 en la ejecución de la tarea 5 (T. mesa-estante), la cual se desarrolló en función de la altura mínima (25 cm). Dicho valor puede estar relacionado con el comportamiento postural adoptado por la participante en el espacio de trabajo, específicamente en el área comprendida entre el lateral derecho de la mesa de trabajo y el frente del estante, debido a que su altura de 165 cm fue un factor que generó incomodidad a la hora de agacharse a tomar la carga. De igual forma, la mayor flexión promedio para la espalda se encontró en la tarea 1 (T. Estante mesa) en función de la altura mínima establecida de 25 cm. El restante de las tareas (2, 3 y 4) mostró un comportamiento similar en términos promedio de flexión de espalda para las dos alturas.

Por otra parte, de acuerdo con la naturaleza del experimento, se dispone de información relacionada con el comportamiento de extensión de espalda para las tareas T1 (Trasladar la carga estante-mesa) y T5 (Trasladar la carga mesa-estante), desarrolladas en función de la altura máxima establecida (100 cm). La Figura 27a, muestra que no se aprecian diferencias sustanciales en los valores promedio de la extensión de espalda al momento de realizar las tareas que allí se presentan (T1 y T5). En términos de dispersión, cabe señalar que la tarea identificada como T5 (Trasladar

mesa-estante) tiene una variabilidad ligeramente mayor que la tarea 1 (Trasladar Estante-mesa), (Ver Figura 27.b).

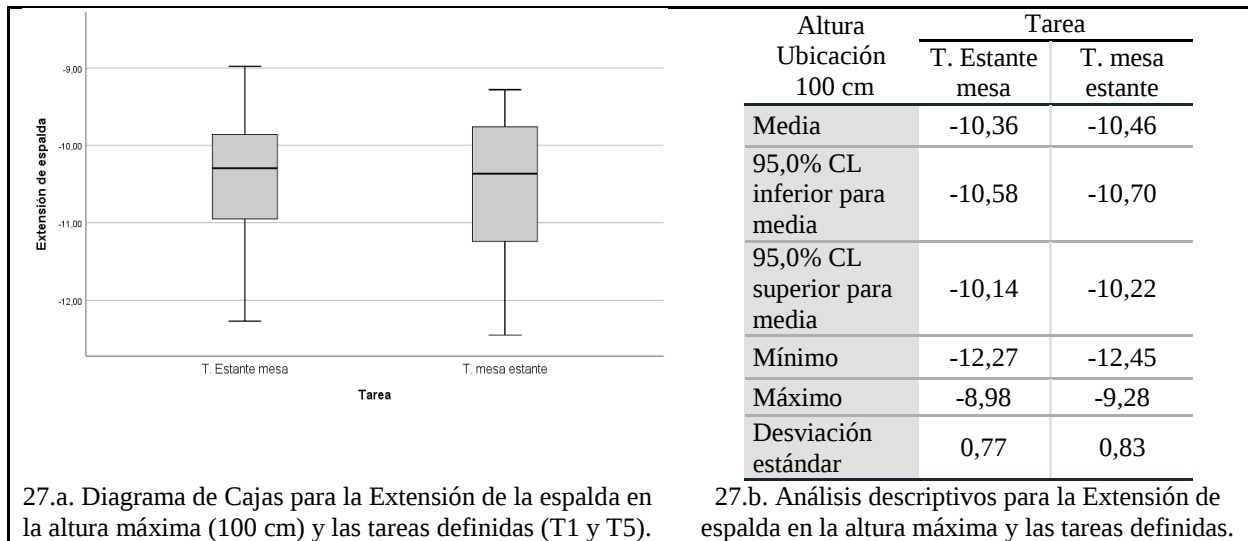


Figura 33. Diagrama de Cajas y Bigotes para la Extensión de Espalda en las aturas y tareas establecidas., para la muestra n=50.

Adicionalmente, se incluye el análisis de riesgo postural mediante los resultados obtenidos por el método OWAS, encontrándose que el nivel de riesgo postural depende de la tarea realizada, puesto que el estadístico Chi-cuadrado muestra un p-valor=0,000 menor que $\alpha=0,05$. Por el contrario, al realizar el análisis por altura para ubicar la carga, el estadístico Chi-cuadrado muestra un p-valor=0,472 mayor que $\alpha=0,05$ y por tanto no rechaza la hipótesis de independencia.

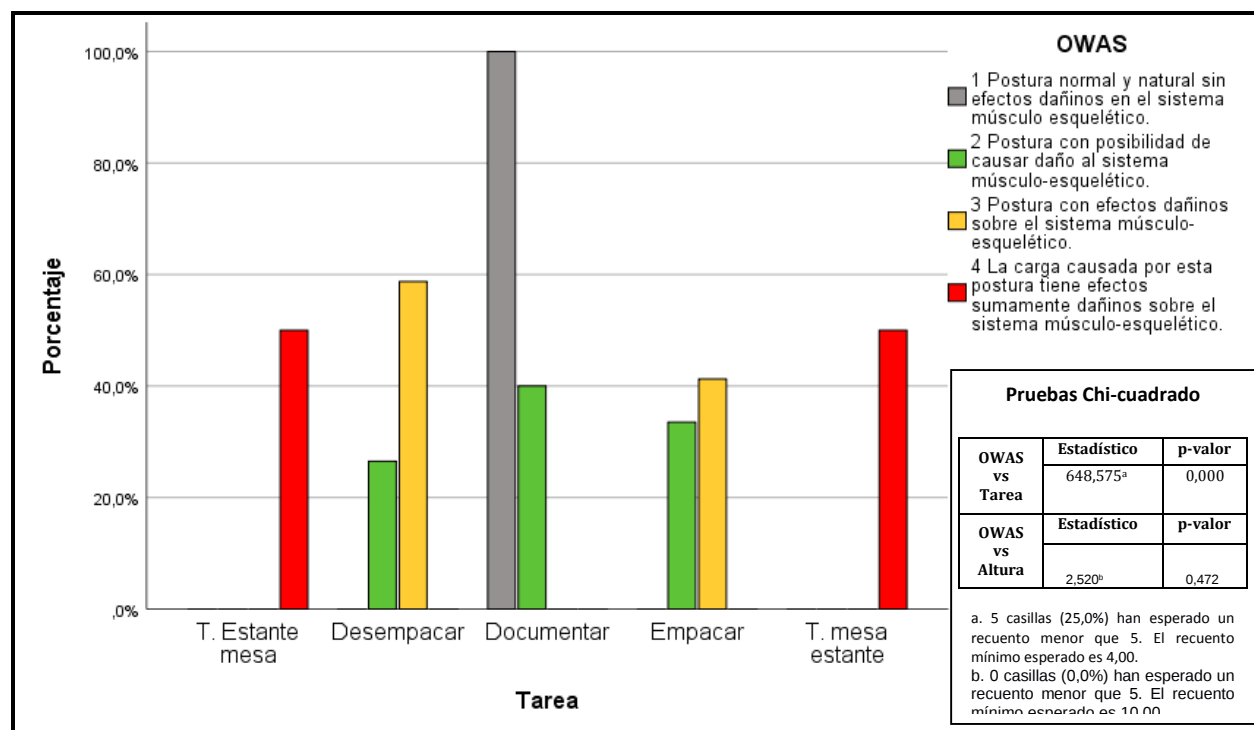


Figura 34. Diagrama de barras para el riesgo del método OWAS en las aturas y tareas establecidas, para la muestra n=50

Obsérvese en la figura 28, que la valoración postural asociada a la categoría de riesgo 4 el cual indica mayor penosidad y daños sobre el sistema musculo-esquelético, corresponde a las tareas 1 y 5, con porcentajes simétricos. En el siguiente nivel de riesgos posturales (categoría 3) el cual indica efectos dañinos sobre el Sistema musculo- esquelético, se encuentran relacionadas las tareas desempacar, para cerca del 60% de los individuos y empacar para el 40% de los participantes del experimento. En relación con la categoría de riesgo postural 2, postura con posibilidad de causar daño sobre el Sistema musculo- esquelético, se encuentran las tareas: documentar (40%), empacar (35%) y desempacar (25%). Finalmente, la actividad documentar también se encuentra asociada al menor riesgo postural en el nivel 1, lo cual infiere una postura normal y natural sin efectos dañinos sobre el Sistema musculo- esquelético.

6.1.3 Actividad Muscular. En esta sección se presentan los estadísticos y pruebas Chi-cuadrado con respecto a la actividad muscular identificada para cada tarea en función de las dos alturas establecidas. Los datos de la actividad muscular presentada por cada participante en la ejecución de las pruebas experimentales, corresponde a las variables: Mean (Promedio), Min (Mínimo), EMG50 (Percentil 50) y Max (Máximo). Los valores de actividad muscular se clasificaron en intervalos de 10%, iniciando en 0% y finalizando con 100%. Sin embargo, para el análisis estadístico referente a comparación de medias, se tuvo en cuenta hasta el 40% dado que ningún valor promedio superó este porcentaje.

El análisis descriptivo realizado a la actividad muscular del músculo LES, muestra que dicha actividad muscular es mayor en las tareas 1 y 5 realizadas en función de la altura máxima (100 cm), cuyos valores se encuentran entre 26,03% y 26,94% respectivamente. Por otra parte, se observó que la actividad muscular de LES en función de la altura mínima, presenta un comportamiento contrario al antes descrito, por lo cual se puede pensar que la altura de ubicación de la carga y su manipulación, se relacionan directamente a la actividad muscular del músculo erector lumbar LES, tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 7.

Promedios para los músculos LES y RA respecto a las alturas y tareas realizadas. n=50

		EMG-LES (%)	EMG-RA (%)
ALTURA UBICACIÓN	100 cm	20,52	17,02
	25 cm	17,26	19,84
	Total	18,89	18,43
TAREA	T. Estante mesa	26,03	26,40
	Desempacar	16,34	15,30
	Documentar	9,14	8,53
	Empacar	16,02	15,01
	T. mesa estante	26,94	26,91
	Total	0,1889	0,1843

Caso contrario ocurre con el comportamiento del músculo RA, para el cual la mayor actividad registrada se relaciona con las mismas tareas (1 y 5) en función de la altura mínima (19,84%), siendo para la tarea 1 igual a 26,40% y para la tarea 5 igual a 26,91%. El músculo del Recto Abdominal RA mostró valores inferiores con respecto a la altura máxima (100 cm), permitiendo deducir que la altura es un factor influyente en la actividad muscular de RA.

Por otra parte, respecto al comportamiento muscular evidente en la ejecución de las tareas 2 y 4 en función de ambas alturas, se observa similitud en sus valores, lo cual permite relacionar que la altura de ubicación de la carga no influye en el desarrollo de estas tareas. Asimismo, se observó que la actividad de estos dos músculos es significativamente baja durante la ejecución de la tarea 3 o documentar, respecto a las demás tareas teniendo en cuenta que su desarrollo, no implica el manejo ni la manipulación de la carga y el comportamiento postural que la mayoría de participantes adoptó no se muestra como crítico dado que no es mantenido ni prolongado, lo cual hace que no sea considerado como un factor influyente en la actividad de los músculos LES y RA.

A modo de verificación, al analizar los datos de EMG por medio del estadístico Chi-cuadrado ($p\text{-valor}=0,000 < \alpha=0,05$), se encontró que efectivamente existe una relación comprobada entre las actividades musculares tanto de LES como de RA, respecto a los factores de altura y tarea.

6.2 Fase 2: Simulación virtual de la situación de trabajo real en JACK y de la propuesta de transformación

6.2.1 Caracterización de las maniqués. La estructura anatómica de cada una de las 50 maniqués o modelos humanos virtuales, fue configurada con base en los datos antropométricos

de peso y estatura recopilados en la fase 1 (ver tabla 2), teniendo en cuenta que el software JACK permite diseñarlos a la medida (ver figura 29), lo cual se consideró como un aspecto fundamental para el desarrollo de la fase de simulación virtual.

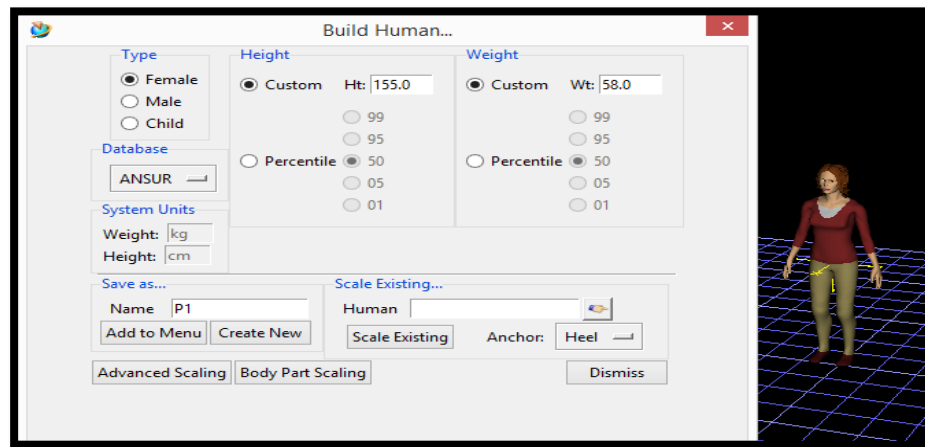


Figura 35. Opción para la caracterización de cada maniquí.

6.2.2 Comportamiento Postural. En esta sección se presentan de forma comparativa, las relaciones existentes entre los riesgos posturales categorizados a través del método OWAS, en función de las alturas y tareas definidas como variables independientes en el experimento, tanto para la simulación virtual de la situación de trabajo real, como para la simulación virtual de la propuesta de transformación.

Obsérvese en la figura 30, que de modo general en la simulación virtual de la situación de trabajo real, se identifica una mayor frecuencia en la valoración postural asociada a la categoría de riesgo 4, la cual indica una alta probabilidad de desarrollar daños en el sistema musculoesquelético. En relación con la categoría de riesgo postural 2 la cual indica una postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético, se observa una alta frecuencia relacionada con las tareas 2, 3 y 4. Por su parte la categoría asociada al riesgo 3 cuya presencia se

identificó en las tareas 2 y 4, muestra una frecuencia mayor a la que se relaciona con la categoría de riesgo 1, pero también se observa que es significativamente menor que la relacionada con el riesgo 2. Finalmente para el menor riesgo postural en la categoría 1, se identificó que la única tarea relacionada fue la de documentar, lo cual infiere una postura normal y natural sin efectos dañinos sobre el Sistema musculoesquelético, sin embargo para esta tarea también se identificaron casos valorados con la categoría de riesgo 2.

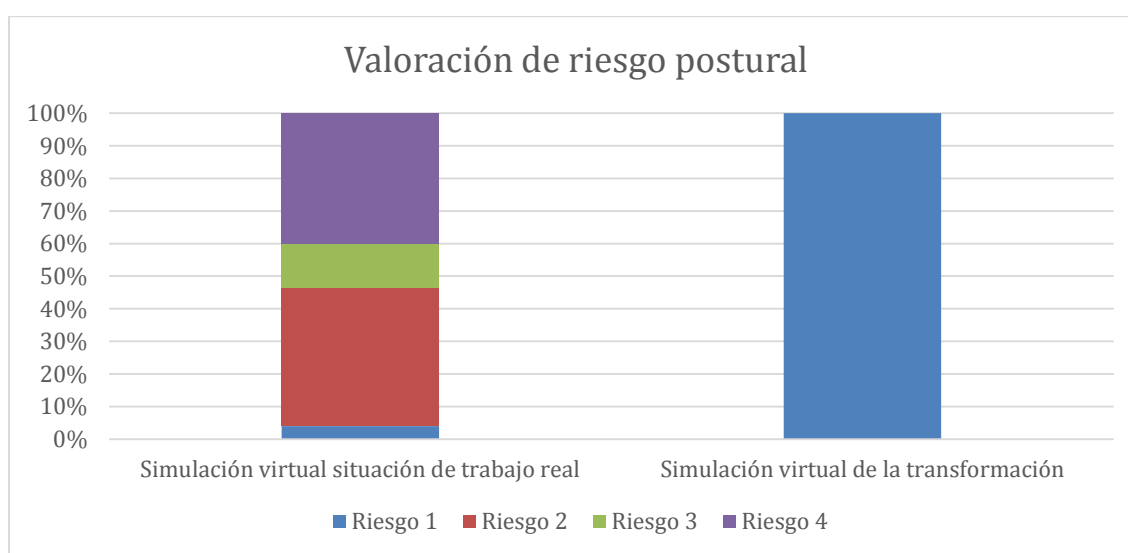


Figura 36. Diagrama comparativo del riesgo postural asociado a la situación de trabajo real respecto al riesgo asociado a la simulación virtual de la transformación, según el método OWAS para la muestra $n=50$.

De acuerdo con la gráfica anterior, la valoración postural identificada en la simulación virtual de la propuesta de transformación, muestra que aunque se deben adoptar diferentes posturas para la ejecución de las tareas, estas no representan riesgo alguno clasificándose con el código de penosidad 1, el cual indica que la postura no representa riesgo, por ser una postura natural sin efectos dañinos en el sistema musculoesquelético.

6.2.3 Tensión Muscular. En esta sección se presenta el modelo de causal que determinó si la altura, la tarea o su interacción afectan la tensión muscular de LES y RA, en la simulación virtual y la propuesta de transformación siguiendo la ecuación (1).

Tabla 8.

Comparación de los promedios para los músculos LES y RA respecto a las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual real y en la propuesta de transformación para la muestra n=50.

Altura	Tareas	LES-Virtual Media	LES-Transformación Media	RA-Virtual Media	RA-Transformación Media
Altura máxima 100 cm	Tomar la carga del estante	1007,80	12,70	817,40	11,90
	Desempacar	454,60	15,10	502,60	16,90
	Documentar	203,20	0,000	205,20	0,000
	Empacar	510,00	18,90	463,60	20,50
	Dejar la carga en el estante	1037,40	12,70	732,80	11,90
Altura mínima 25 cm	Tomar la carga del estante	788,60	13,90	1005,20	15,10
	Desempacar	458,80	15,10	509,40	16,90
	Documentar	203,20	0,000	205,20	0,000
	Empacar	525,00	18,90	455,80	20,50
	Dejar la carga en el estante	803,40	13,90	1039,20	20,80

La Tabla 10 muestra en términos generales, que los mayores valores relacionados con la tensión muscular se registran en los datos correspondientes a la simulación virtual de la situación de trabajo real, respecto a los datos obtenidos en la propuesta de transformación planteada. En ese sentido, la tensión muscular para LES en la altura máxima duplica su valor en las tareas 1 y 5, respecto a las demás tareas que conforman el protocolo experimental, resaltando además que la menor tensión para este músculo se da en la tarea documentar.

Un comportamiento similar ocurre a menor altura (25 cm), pero con valores considerablemente inferiores para las tareas 1 y 5. Contrariamente, en los datos obtenidos en

relación con la propuesta de transformación, para las dos alturas consideradas los mayores valores de la tensión para el músculo LES se registran en las tareas desempacar y empacar, destacando una tendencia a cero para la tarea documentar. Este mismo comportamiento se da en los datos obtenidos para la tensión muscular de RA, relacionados con la simulación virtual de la propuesta de transformación del trabajo.

Ahora bien, haciendo énfasis en los análisis univariados se tiene que para la tensión muscular de LES, el análisis de ANOVA relacionado con la simulación virtual (Ver Tabla 11), lo cual permite decir que se rechaza la hipótesis que se refiere al efecto de interacción entre la altura y la tarea, dado que el $p\text{-value}=0,000$ es menor que $\alpha=0,05$. Por lo tanto, la tensión muscular promedio de LES es estadísticamente distinta para al menos una combinación de altura y tarea.

Tabla 9.

Comparación de medias por medio de ANOVA para LES en las alturas y tareas entre simulación virtual real para la muestra $n=50$.

Variable dependiente: Tensión muscular LES Virtual					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	40212940,000 ^a	9	4468104,444	1352,683	,000
Intersección	179520320,000	1	179520320,000	54348,337	,000
Altura	941780,000	1	941780,000	285,116	,000
Tareas	37636758,000	4	9409189,500	2848,557	,000
Altura * Tareas	1634402,000	4	408600,500	123,701	,000
Error	1618540,000	490	3303,143		
Total	221351800,000	500			
Total corregido	41831480,000	499			

a. R al cuadrado = ,961 (R al cuadrado ajustada = ,961)

Es importante señalar que se validan los supuestos del modelo, en este sentido se plantea la prueba de normalidad *Kolmogorov-Smirnov* con un estadístico 0,072 y $p\text{-value}=0,200$ mayor que $\alpha=0,05$, lo cual permite no rechazar la hipótesis de normalidad.

Verificada la diferencia de medias para la menos una de las actividades respecto a una altura y una tarea, se encontró que la mayor tensión muscular de LES en la simulación virtual de la situación de trabajo se da en la tarea 5 desarrollada en función de la altura máxima, seguido de la tarea 1 con valores menores en la altura mínima. Las tareas desempacar y empacar se comportan de manera similar, en términos promedio de la tensión muscular en LES para las dos alturas, resaltándose que la menor tensión de este músculo se da al desarrollar la tarea que corresponde a documentar. Ver Figura 31.

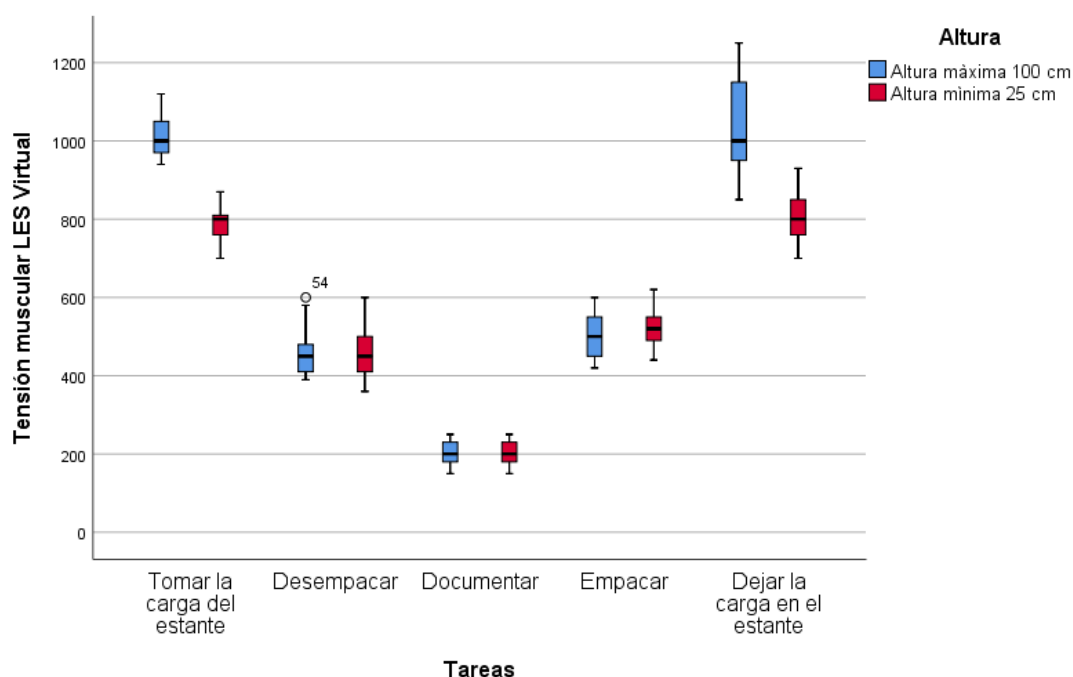


Figura 37. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación virtual de la situación de trabajo real, n=50.

Con respecto a la tensión muscular identificada para el músculo LES en la simulación de la propuesta de transformación, el análisis de varianzas ANOVA (Ver Tabla 12), indica que no se rechaza la hipótesis que relaciona el efecto de interacción entre la altura y la tarea, dado que el p-

value=0,570 se encontró mayor que $\alpha=0,05$. En ese sentido, solo resulta significativo el factor Tarea (p-value=0,070 < $\alpha=0,05$).

Tabla 9.

Comparación de medias por medio de ANOVA para LES en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual de la propuesta de transformación (n=50).

Variable dependiente: Tensión muscular LES Transformada						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	20524,800 ^a	9	2280,533	154,602	,000	
Intersección	73447,200	1	73447,200	4979,127	,000	
Altura	28,800	1	28,800	1,952	,163	
Tareas	20452,800	4	5113,200	346,634	,000	
Altura * Tareas	43,200	4	10,800	,732	,570	
Error	7228,000	490	14,751			
Total	101200,000	500				
Total corregido	27752,800	499				

a. R al cuadrado = ,740 (R al cuadrado ajustada = ,735)

Es importante señalar que se validan los supuestos del modelo, tal como se realiza en los casos anteriores, indicando que la propuesta de transformación mitiga el impacto generado por la carga a nivel muscular. De acuerdo con la Figura 32, se observa que la mayor tensión muscular de LES en el caso de la propuesta de transformación se registra en la actividad empacar, seguido de desempacar, y solo la tarea documentar coincide en su menor valor de tensión muscular con el caso de la simulación virtual de la situación de trabajo real, debido a que su desarrollo no implica el manejo de cargas.

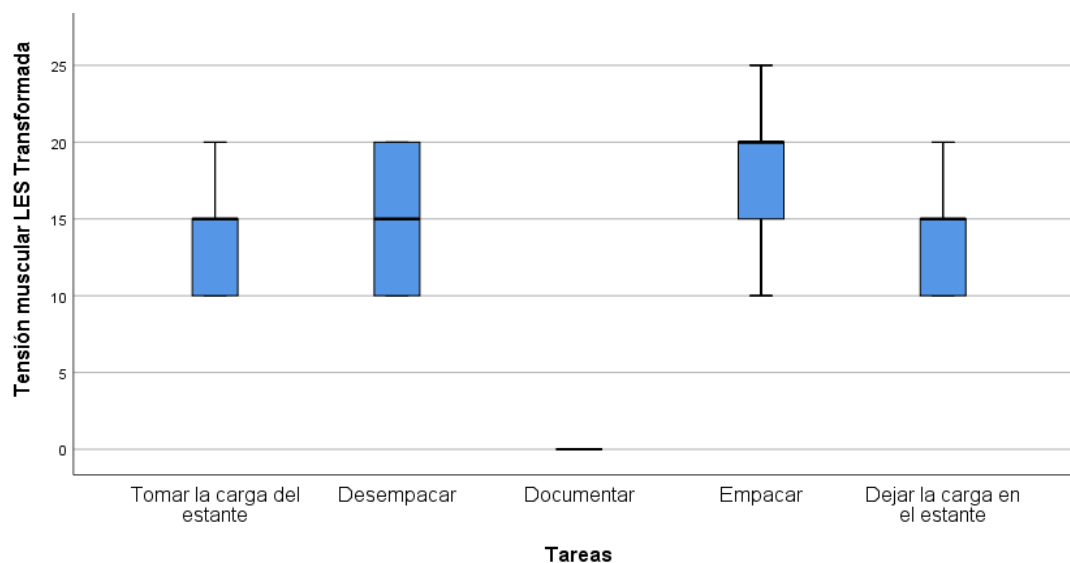


Figura 38. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación de la propuesta de transformación, n=50.

Por otra parte, los datos relacionados con la tensión muscular del músculo RA para la simulación virtual, permitieron desarrollar un análisis de varianza ANOVA (Ver Tabla 13), lo cual permite decir la interacción entre la altura y la tarea es significativa, dado que el p-value=0,000 es menor que $\alpha=0,05$. Asimismo, la tensión muscular promedio de RA es estadísticamente distinta tanto para el factor altura, como para la tarea.

Tabla 10.

Comparación de medias por medio de ANOVA para RA en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual real, n=50.

Variable dependiente: Tensión muscular RA Virtual

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	39520279,200 ^a	9	4391142,133	943,505	,000
Intersección	176204224,800	1	176204224,800	37860,216	,000
Altura	1216231,200	1	1216231,200	261,326	,000

Variable dependiente: Tensión muscular RA Virtual

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tareas	36288857,200	4	9072214,300	1949,306	,000
Altura * Tareas	2015190,800	4	503797,700	108,249	,000
Error	2280496,000	490	4654,073		
Total	218005000,000	500			
Total corregido	41800775,200	499			

a. R al cuadrado = ,945 (R al cuadrado ajustada = ,944)

Las medias para al menos una de las actividades en presencia de una altura y una tarea, demostraron que la mayor tensión muscular de RA en la simulación virtual de la situación de trabajo real, se da en la tarea 5 desarrollada respecto a la altura mínima, seguido de la tarea 1, con valores menores para esta misma altura. Las tareas desempacar y empacar muestran un comportamiento similar, en términos promedio de tensión muscular para las dos alturas, resaltándose que la menor tensión del músculo RA se da al desarrollar la tarea 3 que corresponde a documentar. Ver Figura 33.

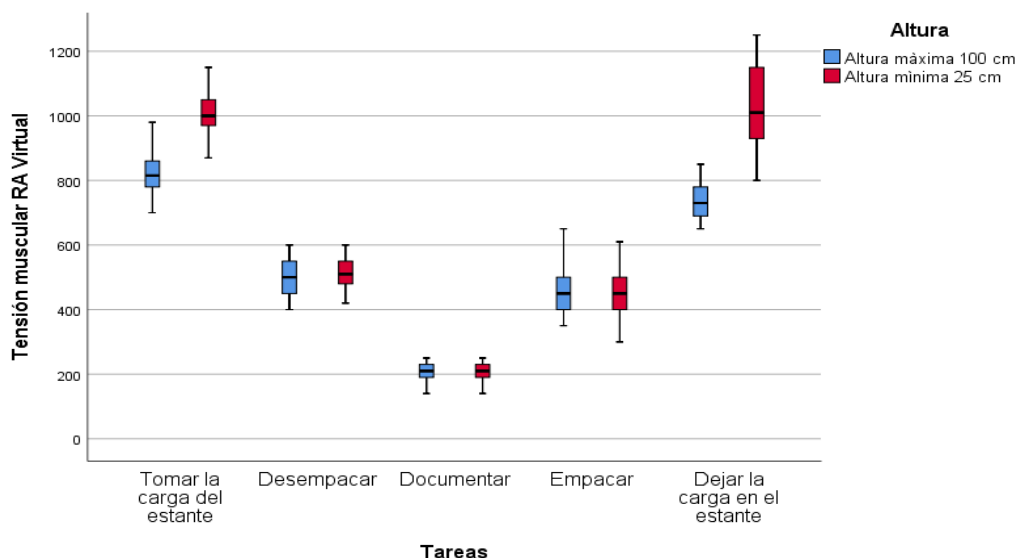


Figura 39. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de RA identificada en la simulación virtual de la situación de trabajo real.

En contraste, la tensión muscular del músculo RA identificada en la propuesta de transformación, mediante el análisis de varianzas ANOVA (Ver Tabla 14) indica que se rechaza la hipótesis que relaciona el efecto de interacción entre la altura y la tarea, dado que el $p\text{-value}=0,000$ es menor que $\alpha=0,05$. Por lo tanto, tensión muscular promedio de RA en la propuesta de transformación es estadísticamente distinta para al menos una combinación de altura y tarea, validando los supuestos del modelo.

Tabla 11.

ANOVA para RA en las alturas y tareas realizadas en la propuesta de transformación, $n=50$.

Variable dependiente: Tensión muscular RA Transformada

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	27328,250 ^a	9	3036,472	206,778	,000
Intersección	90451,250	1	90451,250	6159,560	,000
Tareas	25092,000	4	6273,000	427,179	,000
Altura	732,050	1	732,050	49,851	,000
Tareas * Altura	1504,200	4	376,050	25,608	,000
Error	7195,500	490	14,685		
Total	124975,000	500			
Total corregido	34523,750	499			

a. R al cuadrado = ,792 (R al cuadrado ajustada = ,788)

En ese sentido, la Figura 34 muestra que la mayor tensión muscular de RA en el caso de la propuesta de transformación, se registra en las tareas 5 y 4 realizadas en función de la altura mínima establecida (25 cm), seguido de desempacar y tomar la carga del estante y solo la tarea documentar coincide en su menor valor de tensión muscular con el caso de la simulación virtual, evidenciando una mejora significativa en este aspecto.

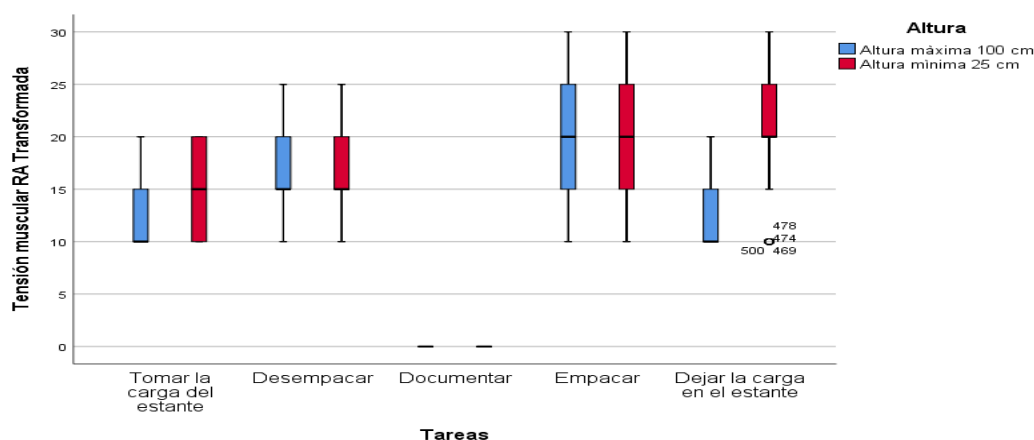


Figura 40. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con la Tensión muscular de LES identificada en la simulación virtual de la propuesta de transformación.

6.2.4 Presión Intradiscal. En esta sección se presenta el análisis de los datos, mediante el cual fue posible determinar si la altura, la tarea o su interacción, afectan la presión intradiscal en el segmento lumbar L4/L5, tanto en la simulación virtual, como en la propuesta de transformación siguiendo la ecuación (1).

Tabla 12.

Promedios para la presión Intradiscal (L4/L5) respecto a las alturas y tareas realizadas, n=50.

Altura	Tareas	L4/L5-Virtual Media	L4/L5--Transformación Media
Altura máxima 100 cm	Tomar la carga del estante	2977,20	262,60
	Desempacar	2041,24	328,80
	Documentar	177,00	169,60
	Empacar	2095,60	419,60
	Dejar la carga en el estante	2992,80	263,80
Altura mínima 25 cm	Tomar la carga del estante	2113,20	257,20
	Desempacar	2057,40	330,20
	Documentar	177,00	169,60
	Empacar	2089,60	425,80
	Dejar la carga en el estante	2974,20	253,20

La Tabla 15 muestra en términos generales, que los datos que señalan mayor presión Intradiscal, se registran en la simulación virtual de la situación de trabajo real respecto a la propuesta de transformación. Con relación a la altura, la presión Intradiscal identificada en el desarrollo de las tareas en función de la altura máxima, es mayor en las tareas 1 y 5, seguido de la tarea 4. Por otra parte, en función de la altura mínima (25 cm) los mayores registros de esta variable se dan en forma descendente, para las tareas 1, 2, 4 y 5. Caso contrario se identificó en los resultados referentes a la simulación de la propuesta de transformación, donde la mayor presión intradiscal a una altura de 100 cm se da en la tarea 4 y la menor presión se identifica en la tarea 3 correspondiente a documentar, ocurriendo de la misma manera en el desarrollo de esta tarea en función de la altura mínima (25 cm).

Tabla 12.

ANOVA para Presión Intradiscal en las alturas y tareas realizadas en la simulación virtual,

n=50

Variable dependiente: L4/L5 Virtual

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	478099235,592 ^a	9	53122137,288	6946,229	,000
Intersección	1939512393,288	1	1939512393,288	253609,843	,000
Altura	3805757,768	1	3805757,768	497,639	,000
Tareas	459420757,952	4	114855189,488	15018,417	,000
Altura * Tareas	14872719,872	4	3718179,968	486,188	,000
Error	3747335,120	490	7647,623		
Total	2421358964,000	500			
Total corregido	481846570,712	499			

a. R al cuadrado = ,992 (R al cuadrado ajustada = ,992)

Por su parte, como resultado del análisis de varianza por ANOVA para el caso virtual (Tabla 16), se observa diferencias significativas en la presión intradiscal (p -valor=0,00), es decir que la altura y la tarea influyen en los valores de presión intradiscal. Para la propuesta de

transformación (Ver Tabla 17), se puede decir que se rechaza la hipótesis relacionada con el efecto de interacción entre la altura y la tarea, dado que el $p\text{-value}=0,000$ es menor que $\alpha=0,05$. No obstante, presión intradiscal promedio es estadísticamente distinta para el factor tarea.

Tabla 13.

ANOVA para Presión Intradiscal en las alturas y tareas realizadas en la propuesta de transformación, $n=50$.

Variable dependiente: L4/L5 Transformada

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3559023,200 ^a	9	395447,022	336,606	,000
Intersección	41483520,800	1	41483520,800	35310,889	,000
Altura	352,800	1	352,800	,300	,584
Tareas	3554475,200	4	888618,800	756,395	,000
Altura * Tareas	4195,200	4	1048,800	,893	,468
Error	575656,000	490	1174,808		
Total	45618200,000	500			
Total corregido	4134679,200	499			

a. R al cuadrado = ,861 (R al cuadrado ajustada = ,858)

Teniendo en cuenta la diferencia promedio en al menos una de las actividades en presencia de una altura y una tarea, se encontró que la mayor presión intradiscal virtual (Ver Figura 35 se da en la tarea 5 a ambas alturas, y en la tarea 1 desarrollada en función de la altura máxima establecida.

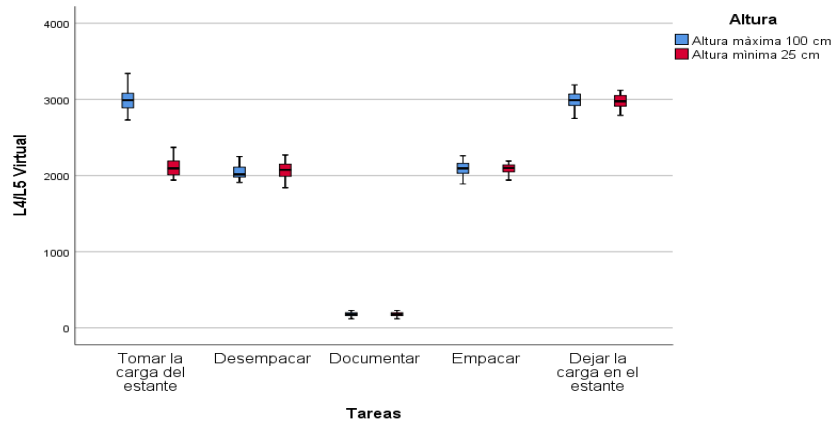


Figura 41. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con los valores identificados para la presión intradiscal del segmento L4/L5 en la simulación virtual de la situación de trabajo real, para la selección de la muestra $n=50$.

Para el caso de la propuesta de transformación (Ver Figura 36), la mayor presión intradiscal se da en la tarea empacar a ambas alturas. Acotando que la menor presión intradiscal en los dos casos, se relaciona con el desarrollo de la tarea 3.

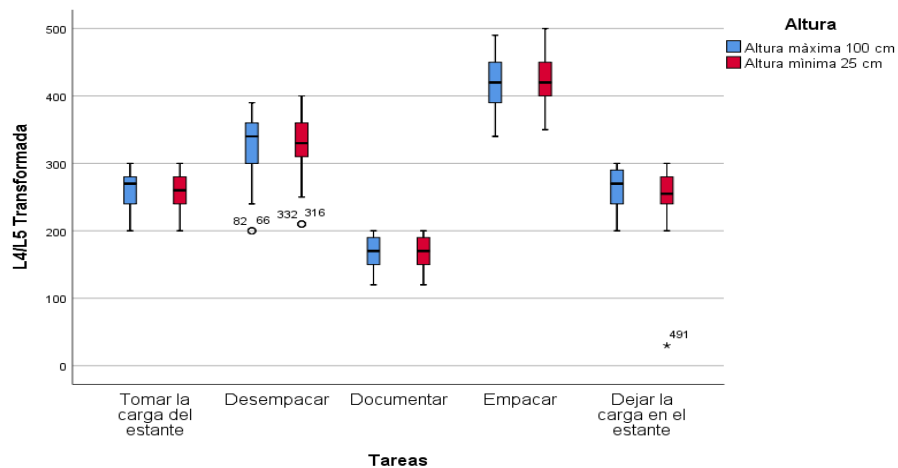


Figura 42. Diagrama de cajas y bigotes relacionado con los valores identificados para la presión intradiscal del segmento L4/L5 en la simulación de la propuesta de transformación, para la selección de la muestra $n=50$.

6.2.5 Tiempo. En esta sección se presentan el análisis de correlaciones del tiempo empleado en el desplazamiento sin carga entre la mesa de trabajo y el estante a una distancia identificada de 2,26 m, con respecto al tiempo empleado a una distancia fija modificada de 1,65 m, la cual se contempló dentro de la propuesta de transformación del espacio de trabajo, (ver tabla 18).

Tabla 14.

Prueba T de los tiempos identificados en la fase real respecto a la fase modificada, a partir de un desplazamiento sin carga partiendo de la muestra $n=50$.

a) Estadísticas de muestras emparejadas				
		Media	N	Desviación estándar
Par 1	Tiempo modificado	3,6590	50	,11776
	Tiempo real	5,0116	50	,16095
b) Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Tiempo modificado & Tiempo real	50	1,000	,000

En la tabla 18(a) se puede identificar que la desviación estándar entre el tiempo de la fase real y la fase modificada es similar. Sin embargo, la tabla 18(b) muestra que el $p\text{-value}=0,000$ identificado para la correlación entre el tiempo identificado en la situación de trabajo real y el tiempo identificado para la situación de trabajo modificada, es menor que $\alpha=0,05$ lo cual indica que se aprueba la hipótesis alternativa, tal como se puede observar en la figura 37, donde se encuentran diferencias en el comportamiento de los datos que indican que la propuesta de transformación, implica menor tiempo para el desplazamiento sin carga que la trabajadora debe realizar en su estación de trabajo.

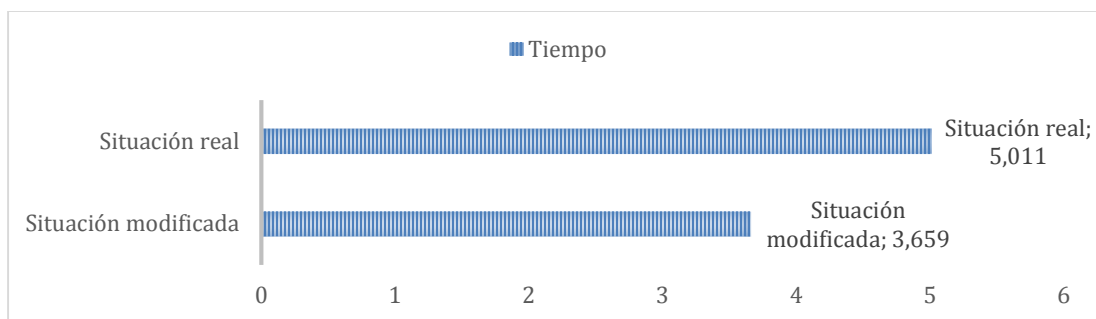


Figura 43. Tiempo identificado en la situación de trabajo real respecto al tiempo previsto dentro de la situación de trabajo modificada.

7. Discusión de resultados

Teniendo en cuenta la pregunta de investigación planteada, ¿En qué medida la transformación del trabajo en la actividad en empresa del instrumentador quirúrgico, influye en los comportamientos posturales, la carga osteomuscular, la actividad muscular y el tiempo de ejecución de las tareas asignadas?, es necesario resaltar que no se identificó en la revisión del estado del arte, evidencia científica acerca de la actividad laboral que desarrolla el personal de Soporte Quirúrgico, en torno al alistamiento del instrumental y material quirúrgico requerido en las cirugías. No obstante, se identificaron estudios realizados en torno a la influencia de los factores de riesgo que se presentan en el medio quirúrgico, donde el personal se desempeña como soporte asistencial al cirujano durante los procedimientos. Sin embargo, estos estudios no se tomaron como referente para el desarrollo de la investigación, debido a que el entorno clínico y las actividades que allí se llevan a cabo, muestran otro tipo de características y factores de riesgo asociados propiamente a ellas.

En ese sentido, fue necesario contemplar los hallazgos obtenidos en investigaciones desarrolladas en otros sectores de la industria (construcción, agricultura, manufactura, entre otros),

cuyo factor en común con el presente estudio fue la exposición al riesgo biomecánico por manejo manual y traslado de cargas. Este riesgo ha sido señalado en diversas investigaciones como una de las mayores causas del desarrollo de patologías y DME (Antwi-afari et al., 2017), (Stuebbe et al., 2015), (Marras et al., 1995) principalmente a nivel lumbar, a lo cual también se atribuye el aumento en las cifras de ausentismo y morbilidad laboral afectando a la población y economía mundial (Fasecolda, 2016).

Antwi-afari publicó en el 2017 (Antwi-afari et al., 2017), una investigación relacionada con las principales consecuencias que conlleva la exposición al riesgo biomecánico en un entorno laboral. Para su identificación, desarrolló un experimento controlado en el que estableció dos diferentes posturas para realizar el levantamiento de la carga (encorvado y sentadilla). Su objetivo fue determinar la actividad muscular requerida para realizar las actividades de levantamiento a partir de las dos posturas, para lo cual contempló los músculos que se ven especialmente afectados en este tipo de tareas, dentro de los que se menciona el musculo erector lumbar (LES). De igual forma determinó la fatiga muscular, encontrando que la relacionada con el musculo erector lumbar LES, fue mayor respecto a los demás músculos analizados.

Similarmente, para el desarrollo del presente estudio se planteó un experimento controlado, en el que fue fundamental replicar las características y aspectos físicos de la estación de trabajo real, a fin de desarrollar un estudio basado en la situación de trabajo real del personal de Soporte Quirúrgico en la empresa. Este experimento se desarrolló a fin de identificar la tendencia del comportamiento en las variables dependientes establecidas a nivel postural y muscular. Con relación a la actividad muscular se identificó que es mayor en el músculo LES, cuando la carga es tomada a una altura de 100 cm en la que la curvatura de la espalda deja de estar en su postura normal, adoptando una postura de extensión de aproximadamente -10° . Aunque Antwi-afari no

contempló la postura de extensión de espalda, se puede concluir relacionando sus hallazgos con los obtenidos en el presente estudio, que la actividad muscular del músculo erector lumbar LES se ve afectada, en la medida en la que la curvatura de la espalda deja de estar en postura normal.

En tal sentido, se ha encontrado evidencia que muestra la influencia de aspectos relacionados con el desarrollo de tareas que implican el manejo manual de cargas, movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, entre otros, desde los cuales se ha llegado a contemplar la necesidad de proponer nuevas configuraciones en las estaciones de trabajo (Battini et al., 2011), (López, González, Colunga, & Oliva, 2014), (Zare et al., 2015). En ese sentido, se ha encontrado que las intervenciones desarrolladas en torno a las estaciones de trabajo, han sido determinantes en la comodidad manifestada por el trabajador, mejorando así su desempeño, productividad y estado de salud. Este aspecto ha sido igualmente relacionado con mejoras en el comportamiento postural adoptado por el trabajador, dado que en algunas ocasiones las estaciones de trabajo no se encuentran diseñadas, teniendo en cuenta la antropometría de la población trabajadora, ni los movimientos o desplazamientos que se deben realizar en torno al cumplimiento de su labor, que en este caso es el manejo manual de cargas.

Es así que Elfeituri estudió los efectos biomecánicos ocasionados en la columna vertebral, al realizar tareas de levantamiento de carga a diferentes alturas y en una estación de trabajo con restricciones en cuanto al espacio. En su estudio mostró que las restricciones del espacio de trabajo analizado, incidieron en que el trabajador adoptara posturas inadecuadas, dentro de las que resalta la flexión de espalda, la cual fue mayor cuando la carga se encontraba a una altura mínima. Este comportamiento lumbar en particular ha sido definido como una desventaja mecánica a nivel del disco lumbosacro, aumentando consecuentemente las fuerzas de compresión y con ello la posibilidad de desarrollar sintomatología y enfermedad lumbar. Del mismo modo, otros estudios

han encontrado que tanto el peso de la carga, como la forma en la que es manipulada partiendo de la experticia o falta de experiencia del trabajador (Hoozemans, Kingma, de Vries, & van Dieën, 2008), (Plamondon et al., 2012), son factores igualmente influyentes en el comportamiento postural que se adopta. Es fundamental recalcar que el peso de la carga manipulada fue de 12 kilos, estando muy próximo al valor máximo permitido en Colombia para el manejo manual de carga en mujeres, siendo este de 12,5 kilos. Asimismo, se sabe que este valor de carga disminuye en función de la postura adoptada para el levantamiento, como lo evidencia los estudios de National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (Waters, Putz-Anderson, & Garg, 1994). En este sentido, NIOSH establece que las pequeñas alturas medidas a nivel de suelo y los desplazamientos verticales de la carga, como las encontradas en este trabajo, son factores determinantes en la reducción del límite de carga permitido, ya que condicional la postura final adoptada por el trabajador.

Al respecto, en el presente estudio particularmente en la etapa observacional de la situación de trabajo real, fue posible identificar que el espacio de trabajo comprendido entre la mesa de trabajo y el estante donde se almacenan las cajas de instrumental, es un poco reducido. En el estudio experimental llevado a cabo en la fase 1, esta situación fue identificada como una debilidad para las participantes de mayor altura (percentil 75), al desarrollar las tareas 1 y 5 en función de la altura mínima principalmente. El desarrollo de dichas tareas a la altura ya mencionada, implicó que las participantes realizaran comportamiento de flexión de espalda mayor a 20°, para poder tomar la carga de 12 kilos, lo cual generó una presión intradiscal elevada, considerándose como un aspecto crítico que contribuye con el desarrollo de alteraciones a nivel lumbar.

De hecho, una de las participantes de mayor altura categorizada en el percentil poblacional p25 (participante #48), mostró un comportamiento postural de flexión de espalda, que en el análisis

estadístico de los datos fue relacionado como un outlier o valor atípico. Sin embargo, esto se asoció con la postura de flexión de espalda que dicha participante debió realizar para tomar la carga desde la altura mínima, teniendo en cuenta la configuración de la estación de trabajo.

En consecuencia, la propuesta de transformación planteada en el marco de la presente investigación, integra la modificación del espacio de trabajo y la inclusión de un artefacto para el manejo de las cargas, cuyo objetivo es mitigar los impactos en la salud y en el desempeño de la trabajadora. Este artefacto obedece a la necesidad de permitir que las trabajadoras desarrollen el protocolo de trabajo sin dificultad, evitando la exposición al riesgo biomecánico. En el proceso de revisión del estado del arte se identificaron estudios que proponen elementos de ayuda para realizar este tipo de tareas que involucran la manipulación de cargas, del mismo modo se identificaron elementos que se utilizan en entornos industriales con el mismo fin, los cuales muestran como ventaja la facilidad en su fabricación y uso sin afectar de forma directa la comodidad de los trabajadores.

Por otro lado, el estudio de Duplakova y cols (Duplakova, Radchenko, Knapcikova, & Hatala, 2016), muestra la pertinencia de realizar simulaciones virtuales demostrando que es posible y viable evaluar la carga física, mediante el uso de diferentes métodos como es el caso de la simulación en el software Jack, en el cual Duplakova pudo simular el entorno de trabajo y el desarrollo de la actividad laboral. En ese sentido, se encontró pertinente el uso de este software para el desarrollo de la presente investigación, dado que como lo mencionan en el estudio anteriormente citado, Jack permite simular las condiciones físicas del espacio de trabajo y la simulación del desarrollo de la actividad laboral dentro de él.

En ese sentido, para el desarrollo de la simulación virtual en Jack tanto de la situación de trabajo real como de la propuesta de transformación contemplada en el presente estudio, fue

necesario realizar modelos biomecánicos de cada una de las integrantes de la muestra poblacional ($n=50$). Estos modelos se desarrollaron a partir de las características antropométricas definidas al inicio del estudio como criterio de inclusión (peso y estatura), lo cual permitió garantizar la homogeneidad de la población participante y en consecuencia la validez de los datos obtenidos. De hecho, el propósito de simular los modelos biomecánicos fue comparar los datos obtenidos en la propuesta de transformación, respecto a los identificados en la simulación virtual de la situación de trabajo real. Esta comparación se realizó en función del comportamiento postural, muscular e intradiscal, y su finalidad fue la de validar la propuesta de transformación realizada, evidenciando de este modo el bienestar en la salud y desempeño del trabajador. Para este caso, la presión intradiscal fue evaluada en el segmento L4/L5, el cual junto con el segmento identificado en el estudio realizado por Elfeituri (L5/S1), se encuentran en la parte más baja de la columna. Estos segmentos son los responsables de dar estabilidad a la columna lumbar y soportar la mayor cantidad de peso, igualmente son catalogados como los más propensos a permitir el desarrollo de enfermedades y DME a nivel lumbar.

De modo general, los DME o alteraciones del sistema musculoesquelético, han sido atribuidas en gran parte a la exposición al riesgo biomecánico y postural, lo cual ha sido ampliamente estudiado desde varios años. Como resultado de las investigaciones desarrolladas en torno a los efectos ocasionados por la exposición a estos riesgos de origen ocupacional, se han llegado a proponer diferentes medidas ergonómicas. Una de ellas es la redistribución del espacio de trabajo o rediseño de la estación de trabajo, con el propósito de garantizar en gran medida que la adaptación del trabajador a estas nuevas condiciones no implique perjuicios en su salud y en el desempeño. Por otra parte, se ha identificado el uso de artefactos o elementos planteados a fin de facilitar el levantamiento y manejo manual de las cargas, con el propósito de mitigar el impacto

que esta situación genera en la salud del trabajador y en consecuencia en la economía de la empresa.

Es así como el estudio de Huysamen (Huysamen et al., 2018) relaciona un estudio experimental desarrollado por 12 participantes masculinos con edad promedio de 27 años, quienes se sometieron a utilizar una estructura de exoesqueleto para manipular cargas con pesos de 7.5 Kilos y 15 kilos, con las cuales se realizaron maniobras de levantamiento y descenso de las mismas respectivamente. Así, se tomó en consideración la percepción de dolor e incomodidad de cada participante, en relación con el uso del artefacto durante el desarrollo de las tareas y además se utilizó electromiografía de superficie para identificar la actividad muscular en la espalda, siendo la región anatómica que se ve mayormente afectada en este tipo de actividades laborales. De modo general, se encontró que el uso del artefacto redujo significativamente la actividad muscular del musculo erector lumbar LES en aproximadamente 12%. Por otra parte se midió presión de contacto en la interfaz entre el participante y el artefacto, mediante tapetes de medición de presión BodiTrak, encontrando que la mayor presión se concentra en las extremidades inferiores, lo cual se asoció a la percepción de incomodidad manifestada por los participantes. Los resultados encontrados en este trabajo, son acordes al estudio de Huysamen, donde se evidenció que la ayuda de un artefacto para la manipulación de la carga (12 Kg) permite una reducción en la actividad del músculo LES en comparación con la situación real de trabajo de las instrumentadoras quirúrgicas.

Ahora bien, este estudio en su revisión desestimó el uso de sistemas como exoesqueletos debido a los resultados desfavorables en la carga osteomuscular de los trabajadores, es así como el estudio de Bosch (Bosch et al., 2016), donde participaron 18 sujetos con edad promedio de 25 años, se realizó con un exoesqueleto compuesto por segmentos vinculados al pecho, espalda y extremidades inferiores, con su respectivo sistema de ajuste y seguridad. El estudio experimental

se desarrolló en dos momentos, uno de los cuales se relacionó con la tarea de ensamblaje sobre una mesa de trabajo, para lo cual se adoptó una postura de flexión de espalda, el otro momento del experimento consistió simplemente en mantener esta postura de flexión sin realizar ninguna actividad. Para identificar la actividad muscular presente en los músculos de la espalda, abdomen y piernas, en las dos posturas ya mencionadas, se utilizó electromiografía de superficie. Como resultado del estudio, Bosch encontró que el uso del exoesqueleto redujo las fuerzas musculares y la carga a nivel intradiscal, sin embargo se identificó un aspecto crítico relacionado con la adopción de una postura de rodilla demasiado extendida, lo cual fue un factor negativo para validar totalmente el uso del artefacto, así como la incomodidad generada en el pecho.

En contraste, el análisis de resultados obtenidos en torno a la simulación virtual de la propuesta de transformación en el marco de este proyecto, evidencias mejoras significativas en el comportamiento postural, relacionado con cada una de las 5 tareas (riesgos de categoría 1 o riesgos mínimos), el cual indica ausencia de aspectos desfavorables para la salud del trabajador. Asimismo fue posible determinar que la actividad muscular de los músculos LES y RA, requerida para desarrollar las tareas 1 y 5 identificadas como las de mayor penosidad, se redujo en más del 50% indicando pertinencia en la inclusión del artefacto, debido al cumplimiento de los objetivos relacionados con facilitar la ejecución de las tareas y al mismo tiempo, mitigar el impacto generado a nivel muscular. Del mismo modo, en el análisis de la presión intradiscal para el segmento L4/L5, como ya fue mencionado, quedo en evidencia que así como para la tensión muscular, los valores mostraron una reducción significativa de más del 50%.

En efecto, con la simulación virtual de la transformación del trabajo propuesta como parte de la segunda fase del estudio, fue claro que se dio cumplimiento a los objetivos inicialmente planteados, en torno mitigar los efectos de la exposición al riesgo por cara biomecánica a nivel

postural, muscular e intradiscal. Con ello se garantiza el mejoramiento de la situación de trabajo del personal de Soporte Quirúrgico en la empresa, en su actividad de alistamiento del instrumental y material quirúrgico.

8. Conclusiones

El trabajo de campo que se realizó inicialmente en la empresa Mediimplantes S.A., mediante la evaluación ergonómica y observacional de las diferentes situaciones de trabajo identificadas, permitió reconocer mayor penosidad en la labor desarrollada por el personal de Soporte Quirúrgico, respecto a las demás áreas (administración, producción, control de calidad).

Observaciones realizadas a la situación de trabajo identificada como crítica, determinaron la presencia del riesgo postural que de una u otra forma fue identificado en todos los puestos de trabajo observados, sin embargo a este riesgo se sumó el riesgo biomecánico por manipulación manual, traslado y levantamiento de cargas. En relación a ello, fue determinante identificar que el 90% del personal del área de instrumentación quirúrgica dentro de la empresa es de género femenino y que además las cargas a manipular tiene un peso aproximado de 12 kilos, siendo 12,5 kilos el límite permitido en Colombia para las mujeres.

Por otra parte, hallazgos en la literatura científica mostraron ausencia de información relacionada con la actividad que desarrolla el personal de Soporte Quirúrgico en empresa, en torno al alistamiento del instrumental y material quirúrgico. Sin embargo, se identificaron numerosos estudios que han abordado el desarrollo tradicional de esta labor en el entorno quirúrgico asistencial, al cual se relacionan riesgos por posturas mantenidas, exposición a rayos X,

condiciones ambientales inadecuadas, fatiga física y mental, entre otros. De este modo, fue necesario tomar como referencia estudios realizados en situaciones de trabajo, que fueron desarrolladas en torno al manejo manual de cargas.

El desarrollo de esta investigación tuvo lugar a partir de dos fases, real (laboratorio) y virtual (software JACK), en las cuales se buscó replicar la situación de trabajo real observada en la empresa, manteniendo las características físicas de la estación de trabajo y las características antropométricas de la población femenina promedio de la región. Para ello, fue fundamental contar con una muestra poblacional homogénea, que antropométricamente cumpliera con los criterios de inclusión establecidos (peso y estatura según los percentiles p25, p50 y p75), garantizando en ese sentido resultados coherentes y sin sesgos.

Para llevar a cabo el proceso experimental en el laboratorio, teniendo en cuenta que fue catalogado como un experimento de riesgo mínimo, fue fundamental contar con el aval del comité de ética de la Universidad Industrial de Santander CEINCI, quien evaluó el contenido del consentimiento informado, los elementos de seguridad dispuestos para realizar las pruebas experimentales (punteras), el tipo de instrumentación a utilizar (electromiografía de superficie), entre otros factores que pudieran representar algún tipo de riesgo a la participante durante el desarrollo de la prueba.

Los resultados obtenidos en la fase experimental (fase 1), dejaron en evidencia que la exposición al riesgo biomecánico trae como efecto derivado un comportamiento postural crítico, debido a que en el desarrollo de algunas tareas además de influir el peso de la carga influyeron otros factores como la altura establecida para su ubicación, aumentando el riesgo de dolor y lesiones a nivel musculo esquelético, especialmente a nivel lumbar.

Asimismo, observando la tendencia de las cifras relacionadas con la actividad muscular de los músculos LES y RA, quedó en evidencia que la altura fue un factor determinante en dicha tendencia, teniendo en cuenta que cuando la carga se debía manipular desde y hasta la altura mínima, la actividad en RA era mayor que la actividad de LES y cuando la carga se debía manipular en función de la altura máxima, la mayor actividad muscular registrada fue para el músculo LES.

Los hallazgos obtenidos en el estudio experimental, fueron insumo fundamental para desarrollar la simulación virtual en el software JACK, con el cual se pudo identificar el comportamiento postural según la categoría de riesgo establecida en el método OWAS, la tensión muscular de los músculos LES y RA, así como la presión intradiscal experimentada en el segmento L4/L5. Teniendo en cuenta que estos datos fueron obtenidos en unidades diferentes respecto a los datos obtenidos en la fase 1, se analizó el comportamiento postural de la primera fase utilizando el método OWAS, lo cual permitió hacer una comparación y validación de la información obtenida.

Finalmente, se concluye que la propuesta de inclusión de un artefacto para ayudar al personal de Soporte Quirúrgico en el desarrollo de su actividad laboral en empresa, especialmente para el desarrollo de las tareas que de alguna forma involucran la manipulación manual de la carga, mostró pertinencia al evidenciar mejoras en los indicadores relacionados con el comportamiento postural, tensión muscular y presión intradiscal. Por otra parte, también se encontró pertinente la redistribución del espacio de trabajo propuesta, ya que permite a la instrumentadora quirúrgica realizar un menor desplazamiento desde el lugar donde se va a encontrar el artefacto estacionado hasta cada uno de los estantes dispuestos para el almacenamiento de la carga, identificándose en consecuencia la reducción del tiempo. Por tanto, la implementación de propuestas de mejora

basadas en estudios ergonómicos sugiere reducciones de la carga osteomuscular y los tiempos de desplazamiento de los trabajadores, factores que según la evidencia científica, están relacionados directamente con la productividad de la empresa.

Referencias Bibliograficas

- Ansari, N., & Sheikh, M. (2014). Evaluation of work Posture by RULA and REBA : A Case Study. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11(4), 18–23.
- Antwi-afari, M., Li, H., Edwards, D., Pärn, E., Seo, J., & Wong, A. (2017). Automation in Construction Biomechanical analysis of risk factors for work-related musculoskeletal disorders during repetitive lifting task in construction workers. *Automation in Construction*, 83, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.07.007>
- Arana, N., Sáenz, D., & Floriano, C. (2007). Evaluación ergonómica de la empresa Procesos y Servicios Industriales utilizando los métodos RULA , LEST y procesamiento de imágenes . In *IX Congreso Internacional de Ergonomia - Sociedad de Ergonomistas de México SEMAC* (pp. 1–21).
- Bannon, H. M., Hakansson, N. A., Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., & Jorgensen, M. J. (2018). The effects of a fatiguing lifting task on postural sway among males and females. *Human Movement Science*, 59(May 2017), 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.008>
- Battini, D., Faccio, M., & Sgarbossa, F. (2011). Linking Ergonomics Evaluation and Assembly System Design Problem in a New Integrated Procedure. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(1), 30–42.
- Bosch, T., Eck, J. Van, Knitel, K., & Looze, M. De. (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity , discomfort and endurance time in forward bending work. *Applied Ergonomics*, 54, 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.12.003>
- Boulila, A., Ayadi, M., & Mrabet, K. (2018). Ergonomics study and analysis of workstations in

- Tunisian mechanical manufacturing. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 28(4), 166–185. <https://doi.org/10.1002/hfm.20732>
- Castillo, J., Cubillos, A., Orozco, A., & Valencia, J. (2007). El análisis ergonómico y las lesiones de espalda en sistemas de producción flexible. *Ciencia y Salud*, 5(63), 43–57.
- CCS, C. C. de S. (2019). *Cómo le fue a Colombia en accidentalidad , enfermedad y muerte laboral en 2018*.
- Coggon, D., Ntani, G., Palmer, K. T., Felli, V. E., Harari, R., Barrero, L. H., ... Gray, A. (2013). Disabling musculoskeletal pain in working populations : Is it the job , the person , or the culture ? *Pain*, 154, 856–863.
- Cook, T., & Neumann, D. (2007). The effects of load placement on the EMG activity of the low back muscles during load carrying by men and women. *Ergonomics*, Taylor & Francis, 30(10), 1413–1423. <https://doi.org/10.1080/00140138708966035>
- Dai, B., Jin, S., Ning, X., & Mirka, G. (2010). The effects of horizontal load speed and lifting frequency on lifting technique and biomechanics. *Ergonomics*, 53(8), 1024–1032. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.493957>
- Daniels, C., Huang, G., Feuerstein, M., & Lopez, M. (2005). Self-Report Measure of Low Back-Related Biomechanical Exposures : Clinical Validation. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 15(2), 113–128. <https://doi.org/10.1007/s10926-005-1214-z>
- Dempsey, P., McGorry, R., & O'Brien, N. (2004). The effects of work height , workpiece orientation , gender , and screwdriver type on productivity and wrist deviation. *INDUSTRIAL ERGONOMICS*, 33, 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2003.10.006>
- Duplakova, D., Radchenko, S., Knapcikova, L., & Hatala, M. (2016). ERGONOMIC EVALUATION OF PHYSICAL LOAD BY SIMULATION. *International Scientific*

- Journal about Simulation*, 2(4), 1–5.
- Ekholm, J., Arborelius, U., & Nèmet, G. (2007). The load on the lumbo-sacral joint and trunk muscle activity during lifting. *Ergonomics*, 25(2), 5–8.
- Elfeituri, F. E. (2015). A Biomechanical Analysis of Manual Lifting Tasks Performed in Restricted Workspaces A Biomechanical Analysis of Manual Lifting Tasks Performed in Restricted Workspaces. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics JOSE*, 7(3), 333–346. <https://doi.org/10.1080/10803548.2001.11076494>
- Fasecolda. (2014). Fasecolda :: Accion julio 29 2014. *Fasecolda*, 6–8. Retrieved from <http://www.fasecolda.com/index.php/sala-de-prensa/noticias/2014/accion-julio-29-2014/>
- Fasecolda. (2016). *Prevención de la enfermedad laboral en Colombia, Reporte al 2016*.
- Guadalupe, M., Sánchez, O., & Reyes, D. (2016). El Método LEST , Su Aplicación Y Evaluación En Las Prácticas Ergonómicas. *European Scientific Journal*, 12(35), 34–49. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n35p34>
- Hignett, S., & Mcatamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205.
- Hlavenka, T. M., Christner, V. F. K., & Gregory, D. E. (2017). Neck posture during lifting and its effect on trunk muscle activation and lumbar spine posture. *Applied Ergonomics*, 62, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.006>
- Hoogendoorn, W. E., Bongers, P. M., de Vet, H. C., Douwes, M., Koes, B. W., Miedema, M. C., ... Bouter, L. M. (2000). Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study. *Spine*, 25(23), 3087–3092. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012010-00018>
- Huysamen, K., Looze, M. De, Bosch, T., Ortiz, J., Toxiri, S., & Sullivan, L. W. O. (2018).

- Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. *Applied Ergonomics*, 68(August 2017), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.004>
- Jäger, M., & Luttmann, A. (2007). Biomechanical analysis and assessment of lumbar stress during load lifting using a dynamic 19-segment human model. *Ergonomics*, 32(1), 93–112.
- Karlqvist, L., Wigaeus, E., Hagberg, M., & Hagman, M. (2002). Self-reported working conditions of VDU operators and associations with musculoskeletal symptoms : a cross-sectional study focussing on gender differences. *INDUSTRIAL ERGONOMICS*, 30, 277–294.
- Kayis, B., & Kothiyal, K. (2015). A Multilevel Approach to Manual Lifting in Manufacturing Industries A Multilevel Approach to Manual Lifting in. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 2(3), 251–261. <https://doi.org/10.1080/10803548.1996.11076353>
- Kee, D., & Karwowski, W. (2015). A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads in Industry A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads in Industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 13(1), 3–14. <https://doi.org/10.1080/10803548.2007.11076704>
- Kerr, M. S., Frank, J. W., Shannon, H. S., Norman, R., Richard, P., & Neumann, W. (2001). Biomechanical and Psychosocial Risk Factors for Low Back Pain at Work. *American Journal of Public Health Research*, 91(7), 1069–1075.
- Leskinen, T., Stålhammar, H., Rautanen, M., & Troup, J. (2007). Biomechanically and electromyographieally assessed load on the spine in self-paced and force-paced lifting work. *Ergonomics*, 35(7), 881–888. <https://doi.org/10.1080/00140139208967368>
- López, B., González, E., Colunga, C., & Oliva, E. (2014). Evaluación de Sobrecarga Postural en

- Trabajadores: Revisión de la Literatura. *Ciencia & Trabajo*, 16(50), 111–115.
<https://doi.org/10.4067/S0718-24492014000200009>
- Maradei, F., Espinel, F., & Peña, A. (2008). Estudio de valores antropométricos para la región nororiental colombiana 2007-2008. *UIS Ingenierías*, 7(December), 150–167.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4816.0080>
- Marras, W. S., Lavender, S. A., Leurgans, S. E., Fathallah, F. A., Ferguson, S. A., Allread, W. G., & Rajulu, S. L. (1995). Biomechanical risk factors for occupationally-related low back disorders. *Ergonomics*, 38(2377}), 410.
- Ministerio de Salud y protección Social. Perfil y competencias del profesional en Instrumentación Quirúrgica en Colombia (2002).
- Montiel, M., Romero, J., Lubo, A., Quevedo, A., Rojas, L., Chacin, B., & Sanabria, C. (2006). Valoración de la carga postural y riesgo musculoesqueletico en trabajadores de una empresa metalmecanica. *Salud de Los Trabajadores*, 14(1), 61–69.
- Morken, T., Moen, B., Riise, T., Helene, S., Hauge, V., Holien, S., ... Pedersen, S. (2002). Effects of a training program to improve musculoskeletal health among industrial workers — effects of supervisors role in the intervention. *INDUSTRIAL ERGONOMICS*, 30, 115–127.
- Naranjo, N., & Delgado, N. (2012). La instrumentación quirúrgica : caracterización y tendencias de la profesión en Colombia The Surgical Instrumentation : Characterization and Trends of the Profession in Colombia. *Salud Areandina*, 1(1), 116–136.
- Nimbarte, A. D., Aghazadeh, F., Ikuma, L. H., & Harvey, C. M. (2010). Neck Disorders among Construction Workers : Understanding the Physical Loads on the Cervical Spine during Static Lifting Tasks. *Industrial Health*, 48(2), 145–153.
- Ning, X., Zhou, J., Dai, B., & Jaridi, M. (2014). The assessment of material handling strategies in

- dealing with sudden loading: The effects of load handling position on trunk biomechanics. *Applied Ergonomics*, 45(6), 1399–1405. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.03.008>
- Observatorio laboral y ocupacional SENA. (2015). *Boletín de tendencia de las ocupaciones a nivel nacional y regional. Observatorio Laboral y Ocupacional - SENA.*
- OIT. (2015). *Investigación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales – Guía práctica para inspectores del trabajo.*
- Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A., & Buckingham, B. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, 17(1), 45–56. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(83\)90126-4](https://doi.org/10.1016/0304-3959(83)90126-4)
- Schwerha, D., Ritter, C., Robinson, S., Griffeth, R. W., & Fried, D. (2011). Human Resource Management Review Integrating ergonomic factors into the decision to retire. *Human Resource Management Review*, 21(3), 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2010.10.001>
- Seavey, R. (2013). American Journal of Infection Control High-level disinfection , sterilization , and antisepsis : Current issues in reprocessing medical and surgical instruments. *American Journal of Infection Control*, 41(5), S111–S117. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.09.030>
- Serratos, J. N., Hidalgo, C., & Negrete, C. (2015). Ergonomic risks in operating rooms : An unexplored area in Mexico. In *Procedia Manufacturing - AHFE* (Vol. 3, pp. 67–73). The Authors. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.109>
- Shephard, R. J. (2000). Aging and productivity: Some physiological issues. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(5), 535–545. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00036-0)
- Sirit, Y., & Amortegui, M. (2007). Síntomas Músculo Esqueléticos en Trabajadores de una

- Empresa de Construcción Civil. *Salud de Los Trabajadores*, 15(2), 89–98.
- Spielholz, P., Silverstein, B., Morgan, M., Checkoway, H., & Kaufman, J. (2010). Comparison of self-report , video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. *Ergonomics*, 44(6), 588–613.
- Stuebbe, P., Genaidy, A., Karwowski, W., Kwon, Y. G., Stuebbe, P., & Alhemood, A. (2015). The Relationships Between Biomechanical and Postural Stresses , Musculoskeletal Injury Rates , and Perceived Body Discomfort Experienced by Industrial Workers : A Field Study The Relationships Between Biomechanical and Postural Stresses , Musculoskeletal. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 8(2), 259–280. <https://doi.org/10.1080/10803548.2002.11076528>
- Tsuang, Y., Schipplein, O., Trafimow, J., & Andersson, G. (2010). Influence of body segment dynamics on loads at the lumbar spine during lifting. *Ergonomics*, 35(4), 437–444. <https://doi.org/10.1080/00140139208967824>
- Velasco, K. (2017). Análisis de las posturas adoptadas por instrumentadores quirúrgicos durante cirugía. *Revista de Salud Pública*, 19(1), 112–117.
- Village, J., Frazer, M., Cohen, M., Leyland, A., Park, I., & Yassi, A. (2005). Electromyography as a measure of peak and cumulative workload in intermediate care and its relationship to musculoskeletal injury: An exploratory ergonomic study. *Applied Ergonomics*, 36(5), 609–618. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.01.019>
- Vural, F., & Sutsunbuloglu, E. (2016). Ergonomics : an important factor in the operating room. *International Clinical Feature*, 26(7 & 8), 174, 179. <https://doi.org/10.1177/1750458916026007-804>
- Waters, T., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). *NIOSH.pdf. National Institute for Occupational*

Safety and Health. Cincinnati. Ohio.

Zare, M., Bodin, J., Cercier, E., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2015). Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 34–42.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.009>



Apéndices

Apéndice A. Artículo Científico

Ergonomic Evaluation Tools Associated with Biomechanical Risk Factors in Work

Activities: Review of Literature

(20th Congress International Ergonomics Association), Florence August 26-30-2018

María José González Carvajal^(*), Fernanda Maradei, and Clara Isabel López Gualdrón

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

mariajo.g.di@gmail.com, {mafermar,clalogu}@uis.edu.co

Abstract. Objective: Identify the most used evaluation tools in work situations that involve biomechanical and postural load. Through the literature review, it seeks to answer the following questions, which is the influence of the work or occupational ergonomics in the industry? What are the ergonomic evaluation tools most used in labor situation similar to surgical support? and What is the relation between working conditions and the appearance of symptoms associated with pain and occupational diseases?. Method: Were defined keywords related to main areas: Ergonomics, productivity and risk factors, with which it was subsequently made a literature review on these databases: PubMed, Springer, and ScienceDirect. Likewise, it is included in the review, documents related to OMS, OIT, Fasescolda, among others. The documents founded were classified taking into account the inclusion criteria like language (Spanish, English, and French) and the relation with interest topics. Finally, it has been made the analysis of content with Nvivo Software. Results: It has been identified that the most recurrent evaluation tools for studies, related to labor

activities that involve biomechanical and postural load, were LEST, REBA and VAS methods. Likewise, it was identified the relation between biomechanical risk factors with labors activities that involve load lifting and handling. Conclusions: Similar Investigations on the surgical support in companies were reviewed, show that exist a tendency toward the appearance and development of MSDs of occupational origin, especially injuries at the lumbar level due to biomechanical demand of these activities.

Keywords: Ergonomic evaluation Productivity Risk factors Load lifting Postural load

Introduction

The intervention of the labor ergonomics in the industry is based on eliminating the exposure of the worker, to different risk factors implicit in the labor situation [1] and based on the findings, proposes solutions to the work transformation. This intervention has a clear purpose of avoiding consequences like absenteeism [2, 3], Labor accidents and incidents, physical and mental exhaustion, occupational diseases [4] and musculoskeletal disorders, MSDs mainly [5]. The last ones are the most frequent occupational health problems with 92% of prevalence [6].

In the literature review is noted the absence of optimal working conditions inside a labor situation, influencing in health and productive performance of the worker [7, 8], this has been determined as the origin of occupational symptomatology and diseases, therefore absenteeism and subsequent mobility [9]. Studies related to interventions that have been realized in different labor situations shows like the first action, the implementation of a method and observational and ergonomic evaluation tools [10], for the purpose of characterizing the labor situation until determinate the own critical aspects [11]. Thus, the application of ergonomic evaluation methods

to evaluate each factor that makes up a work situation [12, 13], facilitating the detection and characterization of risk factors to which the worker is exposed and based on the findings, define an action plan to transform or become better the workstation or work situation. The above seeks to mitigate the health impact and the productive performance of the worker, as some studies show [1, 14].

According to the statements and developments of some authors in different studies about, identification of risk factors in occupational origin and subsequent intervention by researchers from GEPS research group, It was identified as critic observation of the situation made in real work at the company because of that risk factor were associated with a biomechanical and postural load that is experienced diary. Both factors were defined as key aspects of literature review due to the identification of observation critic's made to the real work situation, wherein it was observed two of four work areas showed exposition related to above risk factors. The work areas observed correspond to administration, quality control, production and surgical support, the last two were estimated as critical, therefore it was pretended to define the most convenient evaluation method to do a detailed ergonomic evaluation in the study area.

Unless worldwide, the professional as surgical instrumentalist makes labors mainly with the support of the surgeon inside the operating theater also, support as trainers of a new generation of professionals, researchers, and commercial administrator in this area, However, it wasn't found studies related to the performance of the identified activities by way of a critic observational study, made on the company, because of that the business increase the search of related risk factors to this and similar labor activities. The consequence of lack investigations around this specific scenario made necessary the implementation of proposal studies about solutions of risk factors and the way how an instrumentalist should do the work in optimal conditions without affecting the

health of the professional and the indicators of productivity inside the organization, therefore, it was pretended to make a literature review that allows defining ergonomic evaluation methods.

Materials and Methods

Methodology

The methodology that was developed to identify the relevant literature, started with keywords definition and main areas for the search, Ergonomics, productivity, and risk factors. To each word was assigned a related terminology to encompass a higher quantity of documents to analyzed them inside the interesting context. Taking into consideration the study areas, some databases were selected, between then: PubMed, Springer, and ScienceDirect, where the searches were done. Also, some websites were consulted related to the occupational areas like OMS, OIT, FASECOLDA, Colombian Ministry of Health or work, and others entities relevant to the revision.

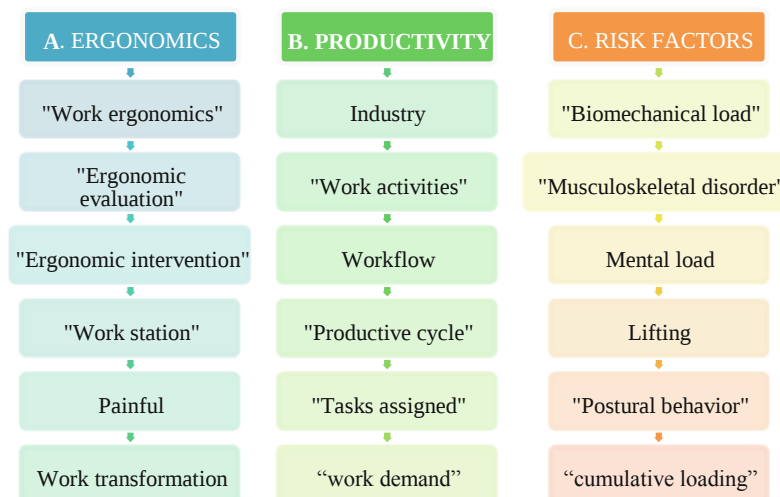
The literature search used terms associated with each key areas from where it was obtained some documents being classified by specific inclusion criteria as language (Spanish, English, and French) and quality, this criterion was the most value for the selection and analysis of literature content, therefore, the articles had to be related to application of ergonomics assessment methods and evidence from industrial cases with intervention in problematic labors germane to postural and load risk factors. A revision of titles and abstracts of the literature review was the first step to the detection of interest papers related to the inclusion criteria. Subsequent, it was reviewed the discussion and results of the articles previously selected to corroborate the pertinence and discard papers without relevant thematic. Finally, the systematic review of literature and contents was

done with the Nvivo Software where the articles were classified per the relationship with one of three main themes.

Keywords Definition for Literature Review

The keywords Ergonomics, productivity and, risk factors were defined as main areas to the search, each one was assigned a series of words related between then with the purpose of expanding the useful terminology for the literature review. As results of the keywords definition to the search content, it was generated a list of 18 terms classified in three groups according to initial keywords, which is shown in the Table 1.

Table 1. Matrix of keywords used in the search of scientific literature.



The search was carried out with a combination of each key areas of the form $A + B + C$, then with classified articles, it tried to answer the revision questions like, which is the influence of the work or occupational ergonomics in the industry? What are the ergonomic evaluation tools

most used in labor situation similar to surgical support? and What is the relation between working conditions and the appearance of symptoms associated with pain and occupational diseases?

Content Analysis and Results

The bibliographic content analysis was developed with the Nvivo software and the information was classified and coded according to the interest areas and themes. This analysis allowed identified the most frequent words for which a word cleaning was done, taking into consideration only words related to interest themes. As results were obtained a words cloud which was taken as important input to identify relevant fragments in the reviewed investigations and then to be able to answer the revision questions for a methodological route characterization applied in industrial sectors that involve biomechanical and postural load. 40 articles were selected that met the inclusion and quality criteria, these articles were published between the years 2005 and 2018 and corresponds to ergonomics, occupational, public health and productivity journals. Below are the results of keywords frequency and a findings synthesis related to investigation questions.

Terminology Frequency Associated with Interest Themes

The content analysis in the Nvivo software allowed the identification of frequent words in analyzed documents. In the search, it was found that the most frequent words are observation, ergonomic methods and, disorder. Once the articles to be analyzed were consolidated, the cloud of words for the study was formed (Fig. 1).

In fact, the literature exposes cases of study in different work situations wherein the ergonomic has intervened and identified labor risk factors that impact on work performance and workers health lowering the productivity. Elements like the height of the workstation [12], lifting and handling of the load higher than indicated [21], inadequate postures (Natarén and Elío 2004), inadequate postures, repetitive movements, handling tools and equipment [1], among others. These investigations have favored the development of tools and ergonomics evaluation methods used to diagnose work situations and identify relevant aspects that characterize them as critical or painful. The productivity is related to the efficiency and the quality in terms of worker results [15] , which depends on the interrelation between health, wellness, satisfaction, labor motivation, psychosocial aspects [10] and availability of the necessary elements for assigned tasks [16, 17].

Meanwhile, Escorpizo proposes a conceptual model about labor productivity respect absenteeism rates, based on three fundamental pillars that are evaluated from the ergonomics: worker mental status, risks that affect the worker, the capabilities, wish of work, and no labor factors in terms of private life that influence psychosocial relationship [18], this model is intended to determine the factors that influence in productivity and which is the relationship between all factors [19, 20].

(b) What are the ergonomic evaluation tools most used in labor situation similar to surgical support? According to the consensus of the authors identified in the literature review [21, 22], it was established that exist different methods to evaluate in a general way a determined work situation and the hardship level. Therefore, it was defined tools and specific evaluation methods which are used then to a global evaluation [23] or in parallel to support the results and conclude about the detailed situation. The observational method, according to some authors [21], is applied to a work situation allowing to identify in real time the activities that are carried out under certain

conditions, which are better perceived under this method and, it is ver used to characterize the labor situation intervened and, then define factors that determine the degree of hardship to allow the inclusion of another ergonomic evaluation method in the specific study [24].

Some studies related to different industries wherein the critic factor is the biomechanical load risk. These studies have shown the implementation of LEST methods through by which work conditions are known, determined in terms of the general labor situation. Two important risk factors to consider are load handling and manipulation because can lead to considering a work situation as critical. Likewise, were identified some tools to evaluate specific aspects, as the NIOSH equation, that is used to specifically assess different labor activities that involve load lifting. The exposition to biomechanical load risk has immediate consequences like inadequate postures and the worker try to adapt to the situation responding to the tasks in charge, however, this situation leads to symptomatology development associated with the appearance and growth of MSDs mainly in the back, being one of the biggest causes of absenteeism and labor mobility according to identified reports [6]. In fact, this situation increase costs related to the affected worker by labor risk factors decreasing the enterprise productivity, affecting the economic indicators [9], which has been recognized as dependent on the workers quality of life.

Also, was found that the postural load risk exposition, not only is related to the biomechanical risk even in administrative work situations without implying load manipulation also has evidence of symptomatology and sickness associated with the adapted postural behavior. In both situations is shown the implementation of evaluation methods like the case of REBA method, which has been recognized as a useful tool and pertinent to evaluate the worker postural behavior such as in sitting or standing position [25]. REBA method respect Rula method covers the entire human body, so if the studio needs a load evaluation or a complete postural behavior, the REBA

method is the indicated (Kee and Karwowski 2007). Then, it was identified other methods implementation like self-reports in order to know the pain perception and discomfort in different parts of the worker body. In this case, the method related is VAS self-report as an ergonomic evaluation method in which the worker manifests the pain intensity level that experiences [26].

(c) What is the relation between working conditions and the appearance of symptoms associated with pain and occupational diseases? Sundry risk factors related to MSDs are generated by work linked to different biomechanical load aspects, strength application, maintained or prolonged inadequate postures, load lifting, and manipulation, among others, agree with this affirmation, studies carried out by Muñoz (2012) mentioning the strong relationship between the labor risk factors with muscular fatigue manifested in the worker body that affects the labor performance.

With relation to the consequences triggered by the labor activities according to identified Kumar findings reported on the literature that the 50% of worker population is found in a constant exposition to labor risks [25], unchaining lesions and musculoskeletal disorders DSMs [27], being the biggest cause of work absenteeism recorded in case studies [28]. It's pertinent to mention that the DSMs may be due to cumulative trauma lesions and are conditions given by muscle injuries, nervous, tendons, articulations and support members that involve the development of labor activities [29]. Otherwise, according to the European poll about the labor conditions (EwCS 2015) , The DSMs for labor cause are the health most reported cases in Europe and USA hereby this pathology affect millions of workers and implies health high costs and low production for the company. In the cases, studies analyzed according to established consensus in the literature is found that the labor risk is identified as a common factor in a different work situation that involves load lifting and manipulation, repetitive movements, among others [30]. In consequence, it's

shown the prevalence of lumbago, physical fatigue, and herniated discs, among others professionals sickness that the workers may be developed in determined workstations [31, 32].

Discussion

The main purpose of this literature review study was characterized ergonomic evaluation tools that have been used in different industrial sectors. The review focused on analyze studies related to evaluations performed in work situations wherein the biomechanical and postural risk factor is evident. It was necessary to analyze studies made in similar situations to instrumentation or surgical support because it wasn't possible found related studies to this labor activity in a company. This work corresponds to the enlistment of instrumental or surgical material, that involves load lifting and manipulation with inadequate postural behavior. These aspects were taken as a reference to analyze the search and to the rest related interest terminology. Findings in literature affirm the importance of ergonomic evaluation tools and methods in the industry, favoring the identification of risk factors with the final purpose of determinate the hardship level in a work situation. Diverse studies conclude about the need for a full occupational ergonomic evaluation using more than one tool or method to cover in a detailed way of task aspects, workstation or equipment that may be generating risks for operators. It's evident that different ergonomic evaluation tools and methods exist wherein each one allows to deepen in the interest area, ether postural load, pain perception, biomechanical load manipulated, the work conditions, or psychosocial aspects, among others. Likewise, it's considered the inclusion of physics conditions measurement in labor space as sonometer or luxometer. The sonometer measures the sound intensity which is catalog as a determinant factor in the focused or sustained attention process that

the worker should have in the work development to avoid mistakes, being an important risk factor from the mental load until generating symptoms related to hearing damage if it exceeds 85 decibels in a production environment. The glucometer is another tool to consider factors in workstation like the illumination in the space, being a determining variable in the quality of the work.

In summary, to perform a full evaluation of a work situation is considered some characteristics related to the specific space or a workstation wherein is developed the labor activities, the mental load implicated in determination labor activities among the work situation, the biomechanical load that is experienced by the worker and the manipulation of the tools, the postural behavior in each evaluated labor situation and finally the pain perception that the patient manifest in relation with labor activities. The LEST, REBA and VAS methods, are efficient tools to the risk factors identification associated with the evaluated work situation, therefore, due to the technological development, currently is taken into account with a direct measurement that allows evaluating in a second phase the work situation in an objective way, which constitutes a complement to the required observational evaluations to the diagnosis in the early stages of the ergonomic studies.

Conclusions

It is important that the evaluations are carried out from different areas, in this form may be determined the risk factors in a physical, psychosocial, biomechanical, mental and postural. Likewise, the hardship level in a work situation determines the need and the type of intervention that should be applied, whereby, the ergonomic assessment methods and tools that best fit must be identified depending on the specific situation. Due to the evaluation that it wants to perform in an industrial environment specifically to the work situation in surgical support of instrumental

enlistment or surgical material. The use of LEST, REBA, and VAS methods depends on the specific method to takes into consideration due to the work situations and also shown as complete and, easy to apply methods, without intervention in the workflow or the same organization.

References

1. Pérez S, Méndez J, Jiménez A, Pérez S, Méndez J, Jiménez A, Ramos M, Aguilera V (2014) Análisis y optimización de estaciones de trabajo, con enfoque ergonómico para el aumento de la productividad y disminución de riesgos laborales. *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología*, pp 176–187
2. Ccollana-salazar Y (2015) Rotación del personal, absentismo laboral y productividad de los trabajadores, pp 50–59
3. Guadalupe J, Estrada S, Cristóbal IJ, Pupo G, Yadira II (2009) Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral. *Rev Cubana de Inf en Ciencias de la Salud (ACIMED)* 20(4):67–75
4. Díaz C (2010) Actividad laboral y carga mental del trabajo. *Comport Organ* 12(36):281–292
5. Arbeláez G, Velásquez A, Tamayo C (2011) Principales patologías osteomusculares relacionadas con el riesgo ergonómico derivado de las actividades laborales administrativas. *Rev CES Salud Publica* 2(2145–9932):196–203
6. Tolosa-Guzman I (2015) Riesgos biomecánicos asociados al desorden músculo esquelético en pacientes del régimen contributivo que consultan a un centro ambulatorio en Madrid. *Rev Ciencia y Salud* 13(1):25–38

7. Karlqvist L, Wigaeus E, Hagberg M, Hagman M (2002) Self-reported working conditions of VDU operators and associations with musculoskeletal symptoms: a cross-sectional study focussing on gender differences. *Int J Ind Ergon* 30:277–294
8. Zare M, Bodin J, Cercier E, Brunet R, Roquelaure Y (2015) Evaluation of ergonomic approach and musculoskeletal disorders in two different organizations in a truck assembly plant. *Int J Ind Ergon* 50:34–42
9. Caraballo Y (2013) Epidemiología de los trastornos musculo -esqueleticos de origen ocupacional. *Temas De Epidemiologia Y Salud Publica*, pp 745–764
10. Vernaza P, Sierra C (2005) Dolor músculo-esquelético y su asociación con factores de riesgo ergonómicos, en trabajadores administrativos. *Rev de Salud Pública* 7(3):317–326
11. Valle E, Manero R (2008) Evaluación integral del nivel de riesgo músculo esquelético en diferentes actividades laborales. *Salud de los Trabajadores* 16(1):17–28
12. Lite AS, García MG, Ángel M (2007) Métodos de evaluación y herramientas aplicadas al diseño y optimización ergonómica de puestos de trabajo, pp 239–250
13. Escalante M (2009) Evaluación ergonómica de Puestos de Trabajo. In: *Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009)*, pp 1–7
14. Alonso ML, Dolores M, Aires M, González EM (2011) Análisis de los riesgos musculoesqueléticos asociados a los trabajos de ferrallas. Buenas prácticas Musculoskeletal risks analysis related to steel reinforcement works. Good practices. *Ingenieria de Construcción* 26:284–298
15. Cequea M, Rodríguez-Monroy C, Bottini MN (2011) Productividad humana. análisis factorial de sus dimensiones y factores, no. February 2014, pp 1–10

16. Lucas RAI, Epstein Y, Kjellstrom T (2017) Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers, pp 1–15
17. Lan L, Lian Z, Pan L (2010) The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. *Appl Ergon* 42(1):29–36
18. Escorpizo R (2008) Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders. *Int J Ind Ergon* 38:291–297
19. Cequea MM, Monroy CR, Angel M, Bottini N (2014) La productividad desde una perspectiva humana: dimensiones y factores. 7(2): 549–584
20. Arenas-Ortiz L, Cantú Gómez Ó (2013) Factores de riesgo de trastornos músculoesqueléticos crónicos laborales. *Med Interna de Mexico* 29(4):370–379
21. Molen HFVD, Mol E, Kuijer PPFM, Frings-dresen MHW (2007) The evaluation of smaller plasterboards on productivity, work demands and workload in construction workers. *Appl Ergon* 38:681–686
22. Molen HFVD, Kunst M, Kuijer PPFM, Frings-dresen MHW (2011) Evaluation of the effect of a paver' s trolley on productivity, task demands, workload and local discomfort. *Int J Ind Ergon* 41(1):59–63
23. Molina A (2010) Ergonomia. Espadelada, vol. uno, pp. 3–93
24. Ruíz YR, Brito SV, Martínez RM, No IC, Habana L (2010) ERIN: Un método observacional para evaluar la exposición a factores de riesgo de desórdenes músculo-esqueléticos. *Convencion científica de ingeniería y arquitectura*, no. 11901
25. Lopez B, González E, Colunga C, Lopez E (2014) Evaluación de sobrecarga postural en trabajadores: revisión de la literatura. *Ciencia and Trabajo*, pp 111–115

26. Ibáñez RM, Manzanares A (2005) Escalas de valoración del dolor. vol. LXVIII, no. 527 , pp 527–530
27. Sirit Y, Amortegui M (2007) Síntomas Músculo Esqueléticos en Trabajadores de una Empresa de construcción civil. Salud de los Trabajadores 15(2):89–98
28. Hurley K, Marshall J, Hogan K, Wells R (2012) A comparison of productivity and physical demands during parcel delivery using a standard and a prototype electric courier truck. Int J Ind Ergon 42(4):384–391
29. Venicio J, Valerio G, Herrera EY, Torres LB, Damian WC (2016) Agroindustrial Science 6: 199–212
30. Morales KL, Acosta G (2017) Diez años de ergonomía en el Banco de la República : De la mano en pro de la salud y la productividad
31. Rodriguez-Ruíz Y, Pérez-Mergarejo E (2014) Procedimiento ergonómico para la prevención de enfermedades en el contexto ocupacional/ergonomic procedure for the prevention of occupational disease. Rev Cubana de Salud Publica 40(2):279–285
32. Caraballo Y (2013) Epidemiología de los trastornos músculo- esqueléticos de origen ocupacional. Temas de epidemiología y salud pública 2:745–764