



Trabajo de grado en modalidad de aplicación

## Diseño de una metodología para determinar los parámetros adecuados de un vestido de dotación para diferentes oficios.

Stefany Tatiana Álvarez Mantilla <sup>a,c</sup>, Maryam Alejandra Páez Barreto <sup>a,c</sup>

Luis Andrés Saavedra Robinson <sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

### Abstract

Organizations are responsible for fully complying with the standards established by the country in which they are located. The provision of clothing that the employer must provide to workers is just an example of these standards. Some companies supplement the work wear, but do not have in consideration the comfort factor that is implicit in the clothing supplied. If this factor isn't considered, a long-term problem is generated for both the company and the worker. When employees are in inadequate conditions, they could begin to suffer from musculoskeletal disorders which generate costs for the company due to the absenteeism of their workers and the inefficiencies to achieve companies goals. Therefore, the design of a methodology that determines the appropriate parameters of an endowment dress for different trades is proposed as a solution.

For the fulfillment of the stated objective, it was necessary to review existing methodologies to be based on the one that best suits the established specifications. For the methodology proposed the first phase is "Needs of the jobs", where the need to make an adjustment to the current clothing is validated. The second phase is "Construction of the clothing parameters" where the parameters that the clothing should wear are projected based on the study of times, methods and movements, and, the additional component that are the parameters and variables that are approached from the area of textile experts. The third phase is "Clothing manufacturing" where the respective prototype is made based on the parameters thrown by the methodology and it is validated if the garment meets the established standards of both the parameter factor and the human factor. Something else that the methodology offers is that it is adaptable according to the objective and the availability of tools of the people who apply it.

The proposed methodology was validated in a case study applied in dynamic and static trades. This validation was useful to verify the structure of the methodology and to review its design step by step. It was found that an additional step was lacking in the initial phase to investigate the need to perform the methodology and find the appropriate parameters for the evaluated job, an aspect that is explained below. As validation, two prototypes were also produced as a result of the parameters thrown by the methodology, which were accepted by the people who used them to carry out their daily activities and expressed that they felt very comfortable using the prototypes.

*Key words: Work wear, ergonomics, comfortable, movements, musculoskeletal.*

---

## 1. Justificación

En Colombia, la tasa de ocupación que hace referencia a la relación porcentual entre las personas que trabajan y las personas que están en edad de trabajar es de 55,3% (DANE,2019), con una intensidad horaria de aproximadamente 8 horas diarias, donde la indumentaria de trabajo es un factor determinante al momento de realizar diferentes tareas. En un estudio se encontró que la ropa que se utiliza en el trabajo puede ser causante de incomodidad o comodidad de los trabajadores a la hora de realizar las diferentes actividades, lo que puede afectar la salud y motivación de estos (Bragança, Fontes, Arezes, et al, 2015). La comodidad se puede definir como la sensación física de bienestar que se puede tener y puede estar influenciada por diferentes factores como el material del que esta hecho la prenda, la capacidad de la prenda para manejar concentraciones térmicas y de presión, entre otros (Bragança, Fontes, Arezes, et al, 2015). Estas actividades que se realizan a diario involucran adoptar tanto posturas estáticas como posturas dinámicas, lo cual quiere decir, que, si la vestimenta que están usando no es la adecuada, los movimientos requeridos para realizar las actividades se pueden ver restringidos, ya sea porque la prenda es muy holgada o muy ajustada (Bragança, Arezes, et al, 2016). Adicional a esto, el uniforme no solo favorece la comodidad del trabajador, sino también la seguridad en las actividades que realizan para la ejecución del trabajo.

Según el Código sustantivo del trabajo en Colombia, en sus artículos 231 - 234, establece que el trabajador tiene derecho tanto para su seguridad como para el buen desempeño en su labor, dotación de uniforme sin ningún costo el cual es suministrado por el empleador. Estos deben ser entregados cada cuatro meses para los trabajadores que devenguen hasta dos salarios mínimos y lleven laborando como mínimo tres meses en la empresa. El vestuario que el empleador está en obligación de ofrecer se debe adaptar a las necesidades que posee cada uno de los trabajadores bien sea de cargos operativos o administrativos. Adicionalmente, la dotación que enmarca la legislación incluye un par de zapatos y un vestido de labor. Cabe resaltar que para esta investigación no se tendrá en cuenta el estudio de la ergonomía del calzado (Código Sustantivo del Trabajo).

Algunas empresas tratan de proporcionar una dotación de vestimenta que sea funcional para el trabajador y que los beneficie en cuanto a comodidad y protección al momento de realizar sus labores. Por ejemplo, el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) actualmente se encuentra realizando un estudio que tiene como objetivo proveer a sus empleados una vestimenta adecuada que depende de la labor que esté realizando. Sin embargo, existen algunos sectores que se concentran en brindar una dotación solo por el cumplimiento de la ley, dejando de un lado las necesidades de los funcionarios, quienes en este caso son los que usan a diario esta indumentaria.

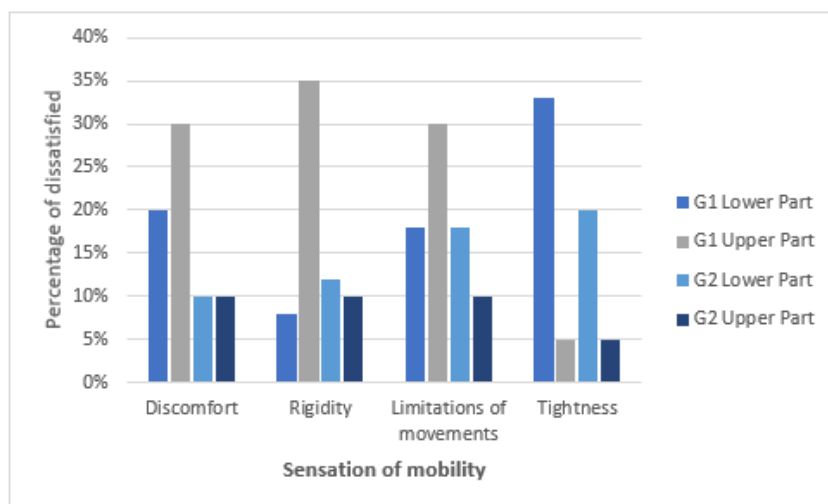
Muchas veces no se cumple con la funcionalidad de la vestimenta que se utiliza en el trabajo diario, ya que la mayoría de los diseñadores no tienen conocimiento sobre antropometría y ergonomía (Gupta, 2014). Lo que puede hacer que las prendas no cuenten con las características que se requieren para ejercer las actividades en el puesto de trabajo. Diseñar las prendas teniendo en cuenta los factores humanos, brinda herramientas para que las prendas cuenten con mayor precisión en varias características (Neves, Brigatto, et al, 2015). A continuación, se listan algunas de las características que se deben tener en cuenta:

- Flexibilidad: Permitir la realización de los diferentes movimientos y evitar una posible lesión musculoesquelética.
- Protección: Depende de la labor que realice el trabajador. Por ejemplo, los requerimientos de una persona que trabaja en el oficio de soldar no son los mismos que los de una persona que trabaja en el oficio de pintar.
- Género: Anatómicamente los hombres y las mujeres son diferentes y la ropa no se ajusta de la misma manera. Existen algunos estudios en los que se evidencia una diferencia estadísticamente significativa de los perfiles antropométricos y morfológicos entre las mujeres y los hombres (Park, Schmidt, 2016).
- Población: Saber a qué población va dirigida la prenda. Muchas veces las empresas que tienen sucursales en otros países realizan prendas estándar sin tener en cuenta que las características físicas pueden variar de país a país. En un caso de estudio se encontró que una empresa con sedes en Portugal y Alemania le suministraba la ropa con las mismas medidas a ambas sedes. Esto ocasionó que el ajuste con el que debía contar la ropa para las personas de Portugal no fuera adecuado (Bragança, Carvalho, et al, 2016).

Es muy común que los uniformes suministrados a cada uno de los trabajadores no posean las características anteriormente mencionadas, por tal razón, los trabajadores dejan de utilizar su prenda por mayor comodidad, o simplemente la usan de manera inadecuada. Es necesario que la indumentaria suministrada sea la apropiada para cada trabajador, debido a que, si no es la adecuada, se verá reflejado en el confort, la eficiencia y el rendimiento de la persona, y por ende, en los resultados conforme a los objetivos de cada labor (Classen, 2019). Existen métodos de ergonomía y factores humanos para analizar dichas características que debería tener la indumentaria para cada uno de los oficios a estudiar, evitando también posibles trastornos musculoesqueléticos. En un estudio de Eungpinichpong, Butttagat, et al (2013) donde se investigó la relación entre los pantalones ajustados y el dolor lumbar, los participantes realizaron tareas que requerían ponerse en cuclillas o levantar algún tipo de carga. Se encontró que había mayor restricción de movilidad de la cadera con los pantalones ajustados, por lo que se da una sobrecarga de las estructuras vertebrales y se afectaba el sistema musculoesquelético.

De igual manera, en un estudio realizado por Alireza Golabchi, et al. (2015) se encontró que los trastornos musculoesqueléticos representan aproximadamente el 34% de las lesiones no fatales, lo que implica que en promedio cada trabajador falta al trabajo 8 días al año en comparación con 6 días para todas las lesiones no fatales y otras enfermedades. Estos días en los que el trabajador está ausente genera un costo significativo para los empleadores, disminuyen su productividad y aumentan en costos de atención médica en cuanto a la incapacidad. El autor menciona que la carga económica estimada anual que asumen los empleadores estadounidenses por estos trastornos está entre los \$45 y \$54 mil millones de dólares. Se puede evidenciar que cuando las empresas no tienen en cuenta a sus trabajadores, bien sea porque no es su objetivo como compañía o porque simplemente es un factor que trae repercusiones a largo plazo, se generan costos no previstos que con un poco de atención y preparación previa se hubieran podido evitar.

El factor humano es un elemento muy importante del sistema productivo y es fundamental para cualquier tarea siendo este ejecutor o controlador, por lo cual se ve la necesidad de analizar los métodos, tiempos y movimientos que existen en las diferentes operaciones realizadas, con el fin de determinar las diferentes posturas tanto estáticas como dinámicas realizadas por el trabajador y cómo éstas pueden verse afectadas por las herramientas, en este caso, la indumentaria que se utiliza para realizar las actividades. El vestido de dotación como se explicó anteriormente se utiliza o suministra principalmente por motivos de ley, sin tener en cuenta los movimientos que el trabajador debe llevar a cabo para cumplir con sus tareas y cómo puede afectar la restricción de los mismos. En un estudio realizado por Bragança, et al. (2016) en el que se realizó una encuesta a 50 personas dividida en dos grupos, 30 que se encontraban trabajando sentados y 20 que trabajaban de pie con algún movimiento. Se encontró que, se presentaba incomodidad en cuanto a movilidad por las prendas de vestir, sobre todo en la parte inferior del cuerpo. Así mismo se evaluó, en una escala de 1 a 9, siendo 1 peor sensación de movilidad y 9 mejor sensación que los trabajadores podían sentir al hacer uso de las prendas. A continuación, en la Ilustración 1 se muestran los resultados obtenidos relacionados a la incomodidad, rigidez, limitación de movimientos y tensión con las prendas usadas en el trabajo y su porcentaje de insatisfacción.



**Ilustración 1.** Gráfico de porcentaje de insatisfacción vs sensación de movilidad. (Bragança Sara, et al. 2016)

Observando la Ilustración 1 se puede concluir que hay sensación de dificultad en el movimiento, sobre todo en lo estrecho de la prenda en un 33% para el grupo uno (trabajadores sentados, oficio estático) y en un 35% en rigidez de la prenda para el grupo dos (trabajadores de pie, oficio dinámico) en la parte inferior del cuerpo.

A lo largo del presente documento, se puede evidenciar la importancia de que los trabajadores cuenten con un vestuario de dotación adecuado para garantizar la comodidad al momento de realizar las diferentes actividades sin obstaculización de los movimientos. Al no contar con una vestimenta adecuada al momento de realizar las tareas, los movimientos se pueden ver forzados y posteriormente pueden ocurrir lesiones musculoesqueléticas. Por lo cual, este trabajo quiere responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar una metodología que determine los parámetros adecuados de un vestido de dotación para que éste se adapte a las diferentes actividades de cada oficio?

## 2. Antecedentes

Con el fin de resolver la problemática que se mencionó anteriormente se han encontrado algunos estudios que han investigado el tema de indumentaria involucrando la ergonomía. Para recolectar información desde el punto de vista de la ergonomía, existen diferentes métodos convencionales como el autoreporte y los métodos de observación y lecturas directas (Spielholz, et al, 2001). Adicionalmente surge la necesidad de incluir en este apartado métodos o estudios para desarrollar la metodología. A continuación, se hablará de algunos casos encontrados en la literatura de lo anteriormente mencionado.

Existen diferentes metodologías para el diseño de productos. Se realizó una exploración de estas metodologías con el fin de conocer las diferentes características y principales aportes los cuales se pueden consultar en el Anexo 1 nombrado “Metodologías de diseño”. A continuación, en la tabla 1 se muestra el resultado que se obtuvo al utilizar el método AHP (Proceso Jerárquico Analítico) que es según Berumen et al (2007) un instrumento que permite tomar decisiones multicriterio trasladando lo que piensan las personas que lo realizan a una escala de razón. El procedimiento completo de AHP se puede observar en el Anexo 1 nombrado “AHP”.

	Vector de resultados
Diseño Adaptable	0,065500953
Diseño Axiomático	0,05609729
Diseño X	0,057060361
Método de toma de decisiones	0,241868693
Triz	0,048566404
Design Thinking	0,379182382
Desarrollo de producto integrado de Andreasen	0,151723917

**Tabla 1.** Vector resultado método AHP. *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la Tabla 1 las metodologías que se adaptan mejor al objeto de este trabajo son *Design Thinking*, *Método de toma de decisiones* y *Desarrollo de producto integrado de Andreasen*. Estas metodologías pueden ayudar como base para el diseño de la metodología.

Al revisar publicaciones acerca de una metodología que defina los parámetros requeridos al momento de diseñar vestuario de dotación, no se encontró información específica. Sin embargo, se halló una aproximación

en un estudio realizado por Bejlegaard et al. (2018) en la que plantea el desarrollo de una metodología para el diseño de arquitectura de accesorios reconfigurables. Con el fin de realizar la metodología anteriormente mencionada, se hizo una revisión de literatura sobre cómo se deben realizar objetos reconfigurables. Con la información extraída se desarrolló la metodología y las diferentes herramientas que se deben utilizar en cada paso de esta. Posteriormente, se ejecutó una prueba piloto por medio de un modelo 3D para validar que la metodología planteada es adecuada y se obtuvo como conclusión que esta es funcional para el diseño de arquitectura de accesorios reconfigurables y que se deben seleccionar las herramientas según el caso de estudio ya que dan varias opciones que no sirven para el mismo fin.

Hoy en día la implementación de la tecnología en el análisis de diferentes variables garantiza una medición más precisa, el único inconveniente es el elevado costo que eso acarrea. Alireza Golabchi et al. (2015) en esta ocasión realizó el presente estudio en el cual explora un marco basado en datos de movimientos para el análisis ergonómico que automatiza y visualiza el proceso de evaluación en un lugar de trabajo virtual. El estudio se enfoca en utilizar los datos de movimientos del modelo 3D del sitio de trabajo para evaluar los factores de riesgo que pueden producir cargas físicas excesivas en el cuerpo humano a través de un análisis biomecánico, lo cual, inicialmente requiere de una evaluación de riesgos de trastorno del aparato locomotor, con movimientos que realizan los trabajadores y seguidamente se procede con la evaluación biomecánica. Adicionalmente, se realiza una simulación para analizar detalladamente los movimientos inseguros, mediante la estimación de cargas internas en cada articulación del cuerpo del trabajador y el diseño propuesto de los movimientos y del lugar de trabajo.

Otros estudios, a pesar de que no hablan solamente de vestimenta, han utilizado técnicas de medición buscando precisión. Por ejemplo, Park, et al. (2015) realizaron un estudio que tuvo como propósito sugerir mejoras en el diseño del uniforme de bomberos para favorecer la movilidad y seguridad de los trabajadores. La parte inferior de la vestimenta de los bomberos cuenta con un pantalón, un aparato de respiración autónoma y botas. El método que utilizaron para la recolección de información fue la captura de movimiento 3D usando 17 rastreadores con sensores de inercia mientras caminaban 10 metros en cinco escenarios diferentes:

- En el primer escenario los participantes del estudio contaban con una camiseta de manga corta, una pantaloneta y unos tenis.
- En el segundo, los participantes ya vestían en su totalidad la indumentaria para realizar su labor.
- En el tercer, cuarto y quinto escenario utilizan equipo de protección personal variando el calzado que se utiliza.

Como conclusión, encuentran que, al llevar todo el uniforme con el equipo de protección personal, el bombero debe aplicar mayor fuerza causando mayor tensión física, mayor tasa metabólica, temperatura corporal y transpiración por lo que puede causar problemas en la salud. Además, dan dos soluciones para mejorar el uniforme, una es agregar características de diseño ajustables para las piernas del pantalón y, otra es reducir el volumen, la inflexibilidad y el peso de las botas para minimizar las restricciones del bombero en el movimiento de la parte inferior del cuerpo. Lo anteriormente mencionado no se encuentra designado en el alcance del presente proyecto.

En un estudio realizado por Eungpinichpong et al. (2013) se buscaba conocer el efecto del uso de los pantalones restrictivos en el movimiento de la columna lumbar, la actividad muscular del tronco y la molestia lumbar en las tareas de manejo manual de materiales. En el estudio participaron 28 adultos levantando cajas, manejando contenedores de líquidos mientras se ponían en cuclillas y se extendían hacia adelante usando una silla de trabajo. La investigación se ejecutó usando pantalones ajustados y del tamaño correcto según las medidas antropométricas. Las herramientas utilizadas para la realización de este estudio fueron las grabaciones de video en las que se buscaba medir el rango de movimiento lumbar y la electromiografía con el fin de capturar los niveles de actividad muscular. Para el análisis de los datos recolectados se verificó la distribución de los datos y se realizaron modelos ANOVA teniendo en cuenta los participantes, las tareas y los pantalones. El estudio concluye que la movilidad de la cadera por los pantalones tan ajustados puede aumentar el movimiento lumbar en las tareas de manejo manual y adicional a esto, puede provocar reducción de la activación muscular del tronco inferior, por lo que estas alteraciones con los pantalones ajustados pueden aumentar el estrés en las estructuras lumbares y podría causar molestias en la espalda baja.

Como ya se mencionó en el inicio de este apartado, la información necesaria para diseñar la metodología se puede obtener a través de información recolectada por el método de observación. Para apoyar esta afirmación algunas de las investigaciones que se han llevado a cabo sobre el diseño del puesto de trabajo, realizan su análisis a través de métodos de observación. Meral Isler, Mehmet Küçük y Mucella Guner (2018) en su paper explican todo el análisis de los trabajadores en el sector de la ropa para diseñar un puesto de trabajo óptimo. Para tomar medidas, se basaron en el método PLIBEL, el cual tuvieron que reforzar con otros métodos como REBA y OWAS que arrojaron datos cuantitativos con los cuales pudieron realizar una verificación cruzada de los resultados generales. Estas herramientas mencionadas se pueden apoyar con otros métodos como el autoreporte inclusive también para validarlas.

Choi, M-S. & Anhdawn, S.P. (2002) proponen conceptos para desarrollar vestidos de dotación que se pueden implementar en diversos campos de trabajo. Ellos diseñaron un vestido de dotación que garantizaba la comodidad de los trabajadores del sector del cultivo de peras, para esto, utilizaron como base un cuestionario realizado a trabajadores de este sector el cual obtuvieron de entrevistas informales a los mismos y observaciones de campo. Para el estudio fue importante enfocarse en un solo género debido a que sus características antropométricas difieren en algunos factores. El método utilizado para determinar la comodidad fue empírico en el cual especificaron una rúbrica con cada elemento que ellos determinaron según literatura consultada.

En un estudio realizado por Bragança, et al. (2016) se utiliza el método de autoreporte donde se realiza una investigación que busca conocer cuáles eran los factores que se debían tener en cuenta al momento de diseñar ropa para los trabajadores. Toda la información se recopiló mediante un cuestionario que se realizó a 50 trabajadores, con el fin de conocer los cambios que se le debería hacer a las prendas para hacerlas más cómodas. De las 50 personas encuestadas, 30 trabajaban sentadas todo el tiempo y 20 de pie con algún movimiento. Las 20 personas que estaban de pie vestían un pantalón suelto, una camiseta y una chaqueta. El cuestionario tenía cinco aspectos diferentes: ajuste, movilidad, comodidad, protección y qué tan fácil era quitar y poner las prendas. Como conclusión del estudio se encontró que la ropa generalmente está diseñada para el consumo masivo y, generalmente, es para personas del mismo tallaje, por lo cual, el aspecto en donde se presentó mayor dificultad fue la longitud de la pierna con respecto al ajuste. Adicional a esto, concluyen que algunos aspectos importantes al momento de diseñar prendas para el trabajo son el ajuste, la buena apariencia, y la alta flexibilidad.

Otro estudio de Bragança, et al. (2017) utiliza igual que el anterior, el método de autoreporte pero adicional a este utiliza también lectura directa. En la investigación se busca crear un prototipo de una prenda de la parte superior del cuerpo de una mujer con base en la información recopilada. Para la recolección de información, se utilizó un cuestionario que fue realizado en el artículo mencionado anteriormente, además, se realizaron mediciones antropométricas por métodos tradicionales (metro y antropómetro) en el cual se toman 25 medidas básicas en diferentes posturas. Por último, realizan evaluación de las fuerzas de compresión entre dos prototipos: uno con las mediciones de una posición estática y otro con las mediciones de una posición dinámica donde se encontró mayor variación en longitud. Esta evaluación se realizó por medio de sensores localizados en el área donde el participante se movía de la posición estática a la posición dinámica escogida. El estudio concluye que es importante considerar las variaciones que ocurren en el cuerpo con las diversas posturas dinámicas adoptadas durante el día, con el propósito de poder realizar los ajustes necesarios y así garantizar la libertad de movimiento y comodidad. Adicional a esto, el estudio demuestra que es importante la opinión y el nivel de satisfacción de las personas que trabajan y van a usar las prendas, así como es importante conocer el entorno y las características del trabajo para así poder realizar un diseño adecuado de las mismas.

Para validar la metodología es necesario implementar herramientas y consultar que se ha hecho para validar diseños propuestos. El estudio realizado por Carvalho et al. (2015) donde se tenía como objetivo el diseño de un jean que se ajustara a las diferentes posiciones y posturas que toma el cuerpo a lo largo del día, evidencia como la ropa generalmente está diseñada solo sobre posturas estáticas y normalmente se cambia con frecuencia de posición, por lo que el cuerpo también cambia en forma y tamaño relativo. Después de modificar ciertas características de los jeans con base en un estudio realizado anteriormente sobre los cambios anatómicos que se dan entre las posiciones de pie y sentado, se realiza una prueba piloto con 20 personas para validar el diseño nuevo contra el tradicional por ocho horas, utilizando como herramienta unos sensores que miden la fuerza de compresión, la presión y la temperatura, transmitiendo la información vía bluetooth. Adicionalmente, se realiza una encuesta de tipo likert la cual mide que tanto se está de acuerdo o en desacuerdo con algo, en este caso

sobre la percepción de confort de los participantes. Las respuestas del cuestionario se validan con los datos obtenidos por los sensores a lo largo del día, obteniendo como conclusión que el jean propuesto redujo la fuerza de compresión en las rodillas, cintura y entrepierna, ayudando a que la comodidad mejore.

Para que la prenda sea adecuada, es imprescindible el material del cual va a ser fabricado. En un vestuario de trabajo realizado por Insoo Kim, et al. (2016) se usaron dos tipos de tela. La tela principal era en su totalidad poliéster, con esta aseguraban que el vestuario tuviera resistencia a la tracción, resistencia al desgarro interno para prolongar su vida útil, absorción, secado rápido y solidez según lavado frecuente. La otra era tela protectora, la cual se colocó en la zona de las rodillas, en la parte inferior de la pierna, el codo y la cadera, con el fin de prevenir posibles accidentes. Para certificar la funcionalidad del vestuario diseñado, se realizaron mediciones de pruebas sensoriales como funcionalidad de movimiento, variables de respuestas fisiológicas y nivel de sensación subjetiva. Para medir el nivel de incomodidad en cada postura se evaluó con base en una escala de likert en la que 1 era muy incómodo y 5 muy cómodo. En la ilustración 2 se puede observar las posturas con las cuales tomaron las medidas.

Movement	Posture				Movement	Posture			
	AV-1	AV-2	AV-3	AV-4		AH-1	AH-2	AH-3	AH-4
Arm's vertical movement					Arm's horizontal movement				
						Leg movement			

**Ilustración 2.** Posturas del test sensorial. (Insoo Kim, et al. 2016)

La literatura anteriormente mencionada, muestra la importancia de realizar prendas de acuerdo con las actividades que se ejecutan en el oficio y los diferentes métodos que se usaron para diseñar una prenda que sea acorde a los movimientos y las actividades realizadas. Estos métodos sirven como base para realizar la metodología para que las prendas de vestir sean adecuadas a los oficios que se realizan.

### 3. Objetivos

*Proponer una metodología que permita involucrar el análisis de las operaciones en el diseño de las prendas de vestir de dotación, para que sean adecuadas a los oficios.*

- Realizar la caracterización de los oficios a evaluar a través del estudio de los métodos, tiempos, movimientos y ergonomía de los puestos de trabajo.
- Proponer los parámetros y herramientas requeridos para la construcción de la metodología propuesta.
- Validar el diseño de la metodología propuesta basado en los oficios seleccionados.

### 4. Metodología *Ergonomics Methodology Approach For Work Wear Design (Metodología WWD)*

Al revisar el estado del arte se encontraron estudios realizados sobre el diseño de la indumentaria en los cuales se involucra la ergonomía. Para la construcción de la metodología WWD se tomaron como base las metodologías de diseño de productos que más se adaptaban al objeto del trabajo y los métodos que se encuentran

en el apartado de antecedentes. En los siguientes apartados se encuentra la explicación del diseño de la metodología

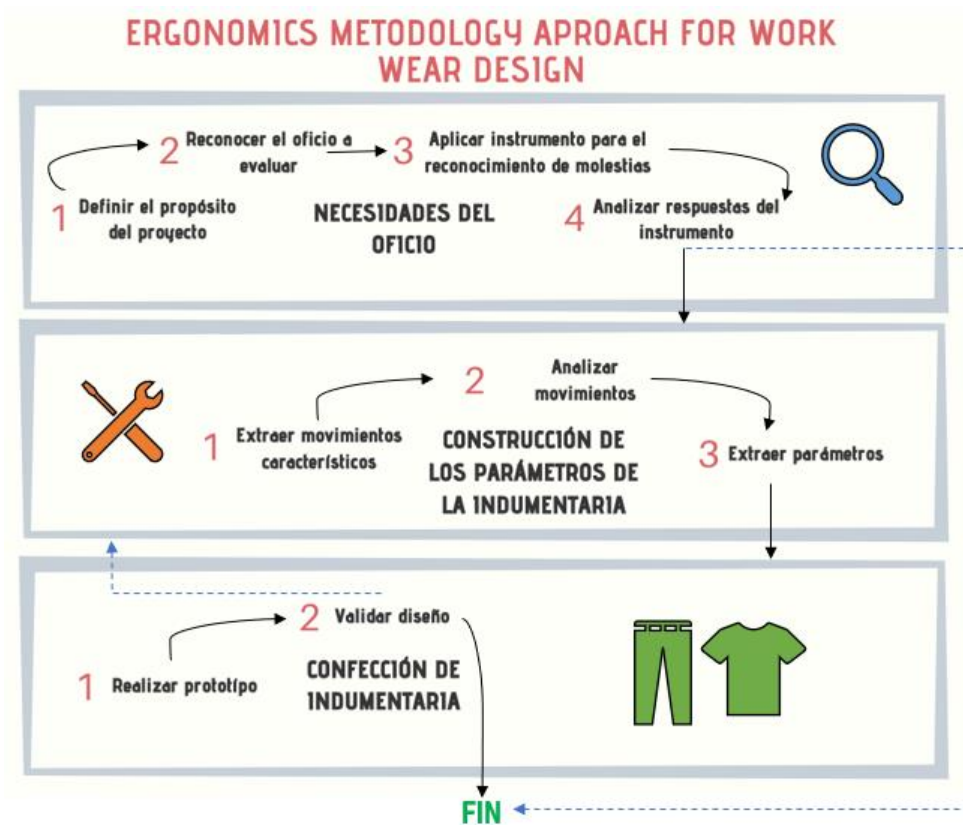


Ilustración 3. Metodología propuesta. *Elaboración propia.*

#### 4.1. Fase 1: Necesidades del oficio

Esta fase se realizó teniendo en cuenta el punto de inteligencia de la metodología “Método de toma de decisiones” explicado en el anexo 1 nombrado “Metodologías de diseño” donde se busca la identificación de un problema, una oportunidad de mejora o ambas. Para la metodología propuesta la fase se llama Necesidades del oficio, la cual está compuesta por cuatro actividades que ayudan a identificar si existe un problema u oportunidad de mejora en la indumentaria utilizada por el trabajador. Adicionalmente, la actividad tres de esta fase tiene como base estudios como el de Bragança, et al. (2017) donde antes de realizar un ajuste a la indumentaria se buscó conocer si era pertinente realizar un cambio por medio de un cuestionario nórdico.





**Ilustración 4.** Fase 1. *Elaboración propia.*

#### **4.1.1. Definir el propósito del proyecto**

Para iniciar la metodología es muy importante definir cuál va a ser el resultado que se espera, por ejemplo, mejorar la comodidad de los empleados, realizar un vestido de dotación que genere comodidad para el usuario a un costo moderado o evidenciar las posturas que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos en el trabajador.

#### **4.1.2. Reconocer el oficio a evaluar**

Este paso de la metodología es fundamental después de haber definido el objetivo por el cual se implementa la metodología. Se debe hacer un reconocimiento completo de la ejecución de las actividades características, los movimientos, el puesto de trabajo y las herramientas que se utilizan en el oficio. Para este apartado se propone un protocolo de recolección de información que se puede evidenciar en el Anexo 2. También se debe tener conocimiento de la población objeto del estudio, es decir, la cantidad de personas que realizan el mismo oficio en la empresa en que se está implementando la metodología. Esta actividad se puede hacer en una visita al lugar de trabajo y sosteniendo una conversación rápida con las personas del oficio a evaluar.

#### **4.1.3. Aplicar instrumento para el reconocimiento de molestias**

Para conocer la percepción que tienen los trabajadores sobre la incomodidad de la indumentaria utilizada, se puede aplicar un instrumento el cual permitirá reconocer posibles molestias que percibe el trabajador. Existen diferentes instrumentos con los cuales se pueden reconocer las molestias percibidas, algunos de estos se pueden observar en la siguiente tabla:

## INSTRUMENTO PARA RECONOCIMIENTO DE MOLESTIAS

	Ventajas	Desventajas	Referencia
<b>Cuestionario nórdico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede ajustar según las necesidades del estudio</li> <li>- Se puede aplicar tanto en oficios dinámicos como estáticos</li> <li>- Permite realizar autoevaluación</li> <li>- Es reconocido mundialmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de diferentes interpretaciones</li> </ul>	Laura, L., & Remedios, L. (2017)
<b>Evaluación rápida de puestos de trabajo en oficinas (ROSA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es fácil de implementar</li> <li>- Es un cuestionario que se puede realizar por un medio virtual</li> <li>- Está basado en métodos como RULA Y REBA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo permite la aplicación en oficios estáticos donde la persona permanece sentada</li> </ul>	Matos, M., & Arezes, P. M. (2015)
<b>Cornell MS Malestar questionnaire (CMDQ)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede ajustar según las necesidades del estudio</li> <li>- Se puede aplicar a oficios dinámicos como oficios estáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene una versión para cada género, lo que puede causar percepción negativa por parte del usuario</li> </ul>	Kreuzfeld, S., Seibt, R., Kumar, et al (2016).

**Tabla 2.** Instrumento para reconocimiento de molestias. *Elaboración propia.*

Para llevar a cabo la recolección de información por medio del instrumento escogido, no es necesario aplicarlo a toda la población. La información se puede extraer por medio de una muestra representativa la cual se puede determinar utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Z: nivel de confianza  
 p : probabilidad a favor  
 q : probabilidad en contra  
 e : error de muestra  
 N : población

Aplicando la anterior ecuación se encuentra el valor de n, el cual corresponde al número representativo de personas a la cual se les debe aplicar el instrumento. En cuanto el nivel de confianza sugerido para hallar el **n** de la muestra es 95% según Choudhary, D., & Garg, P. K. (2013) con un error de 5%. Adicionalmente para **p** y **q** se propone que se tome una probabilidad a favor de 50% (personas incómodas) y en contra de 50% con el fin de que esta sea equitativa y no se asuma que hay mayor probabilidad de personas incómodas o cómodas.

#### 4.1.4. Analizar respuestas del instrumento

Al revisar los resultados obtenidos, se debe iniciar verificando la cantidad de personas que perciben incomodidad por la indumentaria utilizada. Para determinar si el vestido de dotación requiere ajustes o por el contrario es adecuado según la percepción de los trabajadores, es necesario aplicar el indicador de porcentaje personas incómodas (PPI):

$$PPI = \frac{\text{Cantidad de personas que perciben incomodidad}}{\text{Cantidad de personas que realizaron el cuestionario}} * 100$$

La cantidad de personas que perciben incomodidad corresponde a las personas que respondieron entre uno y dos a la pregunta “Califique que tan cómoda es la indumentaria con la que realiza las actividades”. Donde uno es muy incómodo y 5 es muy cómodo. Si el PPI es mayor al 50% se debe continuar con el estudio para determinar los parámetros adecuados que garanticen la comodidad de la indumentaria. De lo contrario, se debe dar por terminado el estudio.

## 4.2. Fase 2: Construcción de los parámetros de la indumentaria

Para el diseño de la segunda fase se tomó en cuenta el espacio del que habla Brown (2008) en la metodología “Design Thinking” respecto a la búsqueda de alternativas para solucionar el problema u oportunidad de mejora identificado en la fase anterior. Para la metodología propuesta la fase se llama construcción de los parámetros de la indumentaria, la cual consta de tres actividades que permiten llegar a los parámetros necesarios para diseñar una indumentaria apropiada para el trabajador. Adicionalmente, para la actividad uno de esta fase se tuvo en cuenta estudios como el de Alireza Golabchi et al. (2015) donde se buscaba evaluar los factores de riesgo de la indumentaria utilizada a través de modelos 3D y con esto se evidenció que era importante conocer los rangos de movimiento a los que está sometido el trabajador en sus actividades para poder generar alternativas de mejora.



Ilustración 5. Fase 2. Elaboración propia.

### 4.2.1. Extracción de movimientos característicos del oficio

Para abordar este punto, se debe realizar una grabación de las actividades del oficio por medio de dos cámaras según el protocolo de recolección de información que se puede observar en el Anexo 2. Las distancias a las cuales se deben poner las cámaras pueden variar dependiendo de las cámaras que se usen. Adicionalmente, es importante identificar los movimientos que son más repetitivos y por ende más representativos durante las actividades realizadas, para esto es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

- Hacer un listado con base en los planos, posiciones, direcciones y movimientos anatómicos. En el Anexo 3 en el documento “Plantilla extracción de movimientos” se puede observar la plantilla propuesta.
- Realizar un diagrama de Pareto, con el fin de establecer donde se concentra el 80% de los movimientos.

Así mismo, en esta fase es importante hacer el análisis de los movimientos característicos de cada oficio establecidos en el diagrama de Pareto, con el fin de determinar los rangos articulares a los cuales está sometido el trabajador y la indumentaria que utiliza en sus actividades diarias. Para realizar la extracción se proponen los siguientes métodos:

## MÉTODOS PARA EXTRACCIÓN DE MOVIMIENTOS



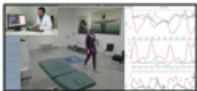
	Herramienta	Ventajas	Desventajas
Extracción con electrogoniómetros	 <p>Electrogoniómetro</p> <p><small>Biometrics Ltd. (2022). Drafting Sensors. Recuperado de <a href="https://38.3y/2Bw4.0s">https://38.3y/2Bw4.0s</a></small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un método de gran precisión</li> <li>- Permite análisis en dos planos del espacio</li> <li>- Carece de problemas de obstrucciones visuales</li> <li>- Adaptable al entorno a evaluar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe realizar una calibración previa de la herramienta.</li> <li>- Para manipular esta herramienta se necesita de una capacitación para su uso.</li> </ul>
Extracción con aplicaciones de análisis	 <p>Análisis de imágenes</p> <p><small>KopfBildspekterien.Evaluación de movimiento. Recuperado de <a href="https://38.3y/2F22045">https://38.3y/2F22045</a></small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esta herramienta es tiene facilidad de implementación debido a que solo se requiere de una cámara y un computador para realizar el análisis</li> <li>- Es económico</li> <li>- Adaptable al lugar de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe tener conocimiento del protocolo de recolección para garantizar la validez de la información.</li> </ul>
Extracción con MoCap	 <p>Análisis biomecánico</p> <p><small>Podocines.Motion Capture. Recuperado de <a href="https://38.3y/2VMG4.0s">https://38.3y/2VMG4.0s</a></small></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un método que garantiza una alta precisión</li> <li>- Los resultados se obtienen rápidamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es costoso</li> <li>- No es tan fácil de adaptarlo al lugar de trabajo, por lo cual es mas viable implementarlo en un laboratorio.</li> <li>- Se requiere de personal capacitado para manipular el equipo</li> </ul>

Tabla 3. Métodos para extracción de movimientos. *Elaboración propia.*

### 4.2.2 Analizar los movimientos

Después de haber realizado el punto anterior y haber obtenido los ángulos correspondientes a los rangos articulares de los movimientos, se debe hacer un análisis en el que se extraen los ángulos máximos y mínimos con el fin de realizar una segmentación para conocer cuáles son las actividades en las que se presenta una exposición mayor y menor en las articulaciones para posteriormente implementarlos como parámetros para el diseño de la prenda.

### 4.2.3 Extraer parámetros

Para obtener el vestido de dotación que se adapte al oficio y a la persona que lo utiliza se deben tener en cuenta las siguientes variables y parámetros:

- Variables: Género, talla, tipo de cuerpo, oficio.
- Parámetros: rangos articulares, tipo de tela, color de indumentaria.

Los rangos articulares máximos y mínimos de cada articulación encontrados anteriormente, son los ángulos que el vestido de dotación debe permitir sin ninguna restricción de movilidad. Sin embargo, también es importante verificar el riesgo que se puede tener por la frecuencia y rango del movimiento con el fin de tomar alguna decisión en caso de necesitarla. Para valorar la existencia de un riesgo asociado a las posturas realizadas en las actividades existen diferentes métodos, algunos de ellos son:

- **REBA:** Según Al Madani, D., & Dababneh, A. (2016) es un método que busca encontrar el riesgo de lesión musculoesquelética con base en las posturas individuales, por medio de un sistema de puntuación que depende de la distancia de la posición del segmento neutral. Adicionalmente, tiene en cuenta tres factores los cuales son la fuerza, las repeticiones y las posturas.
- **RULA:** De acuerdo con Dockrell, et all (2012) es un método que se centra en la parte de arriba del cuerpo que dependiendo de la postura que se observe según los parámetros

establecidos se asigna una calificación. Tiene en cuenta dos factores los cuales son los movimientos repetitivos y la fuerza requerida para el desarrollo de las actividades.

- **OWAS:** Según Gómez-Galán M, et al (2017) Es un método que clasifica el riesgo con base en la frecuencia y el tiempo gastado en las posturas de cada actividad. Este método no se basa en posturas individuales, sino que las valora de manera global, por lo cual, se asigna una puntuación de cuatro dígitos a cada postura para su valoración.

#### 4.3. Fase 3: Confección de la indumentaria

Esta última fase se tomó en cuenta la metodología “Desarrollo de producto integrado de Andreasen” explicado en el anexo 1 nombrado “Metodologías de diseño” el cual en su fase de ejecución habla de realizar un producto, en nuestro caso, un prototipo para probar la solución propuesta. Para la metodología la fase se llama confección de la indumentaria la cual cuenta con dos actividades con el fin de conocer si los parámetros hallados e implementados mejoraron la indumentaria utilizada por el trabajador.



Ilustración 6. Fase 3. *Elaboración propia.*

##### 4.3.1. Realizar un prototipo

En esta actividad se debe realizar un prototipo de la prenda con base en los parámetros encontrados en la fase dos.

##### 4.3.2. Validar diseño

El prototipo realizado en el paso anterior se debe brindar a los operarios con el fin de que se use en las actividades normales propias del oficio, para posteriormente aplicar un instrumento que permita evidenciar si realmente existió un cambio de comodidad y movilidad del prototipo a la indumentaria utilizada.

Algunos de los instrumentos que se pueden utilizar para la validación son: Cuestionario nórdico ajustado de validación, un ejemplo de esto se puede observar en el Anexo 3 en el archivo nombrado “Plantilla Cuestionario de Validación”. También, se puede utilizar una simulación donde la persona utilice su traje normal y el prototipo suministrado e instrumentar con sensores que permitan conocer las tensiones al realizar las actividades, con el fin de conocer si existe una mejora con el prototipo. Si esto no ocurrió es necesario volver a la fase dos con el objetivo de realizar ajustes a los parámetros encontrados.

## 5. Caso Estudio

En este apartado se detalla la aplicación de la metodología planteada en un caso estudio donde se evaluaron cuatro oficios en tres empresas: Tornero en el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), oficinista en Talleres esperanza, Operativo de máquina dosificadora de panela y Operativo de empaquetado de sobres de panela en H&H Santander.

### 5.1. Desarrollo de la fase Necesidades del oficio

En esta fase de acuerdo con el respectivo caso de estudio, se busca identificar la necesidad de mejorar la indumentaria utilizada por los trabajadores de los oficios anteriormente mencionados.

#### 5.1.1. Definición del propósito del proyecto

Se definió como objetivo evidenciar cuales deberían ser los parámetros a tener en cuenta en el diseño de la indumentaria utilizada por cada oficio.

#### 5.1.2. Reconocimiento de los oficios a evaluar

Para esta fase se realizó una visita a las empresas de los cuatro oficios mencionados en el caso estudio con el fin de conocer el espacio, herramientas, máquinas y actividades que se realizan en cada oficio como se describe en el protocolo de recolección de información que se especifica en el Anexo 2.

Al realizar la respectiva visita, se evidenció que existía espacio suficiente para la grabación. Sin embargo, se vio la necesidad de realizar un respectivo ajuste al protocolo debido a que las máquinas y mesas con las que cuenta el espacio de trabajo de cada oficio no permitían que las cámaras se posicionaran como se había planteado. Para el ajuste del mismo, se tuvo en cuenta que en las grabaciones se pudiera observar en su totalidad a la persona tanto del plano frontal como el plano lateral.

#### 5.1.3. Aplicación del instrumento para el reconocimiento de molestias

Se decidió realizar un cuestionario nórdico para conocer la percepción de comodidad o incomodidad del vestido de dotación por parte de los trabajadores. Se diseñó el cuestionario con base en cada oficio del estudio. Un cuestionario para los torneros, otro para los trabajadores de la empresa H&H Santander y el otro para el oficinista. Las adaptaciones se pueden observar en el Anexo 3 en el documento “Plantillas de cuestionarios Nórdicos”.

Para aplicar el cuestionario nórdico al oficio de tornero se realizó un muestreo por conveniencia el cual se escogió por la disponibilidad de las personas que realizan el oficio Etikan (2016). Para que la muestra utilizada fuera significativa, se pidió información a la empresa sobre la cantidad de personas que realizan el mismo oficio y se halló el  $n$  con una confianza del 95%, un error del 5%, una probabilidad de que las personas estén incomodas (a favor) de 50% y de que no lo estén de 50%. A continuación, se puede observar la fórmula.

$$n = \frac{1,65^2 * 0,5 * 0,5 * 500}{0,05^2 * (500 - 1) + 1,65^2 * 0,5 * 0,5} = 176$$

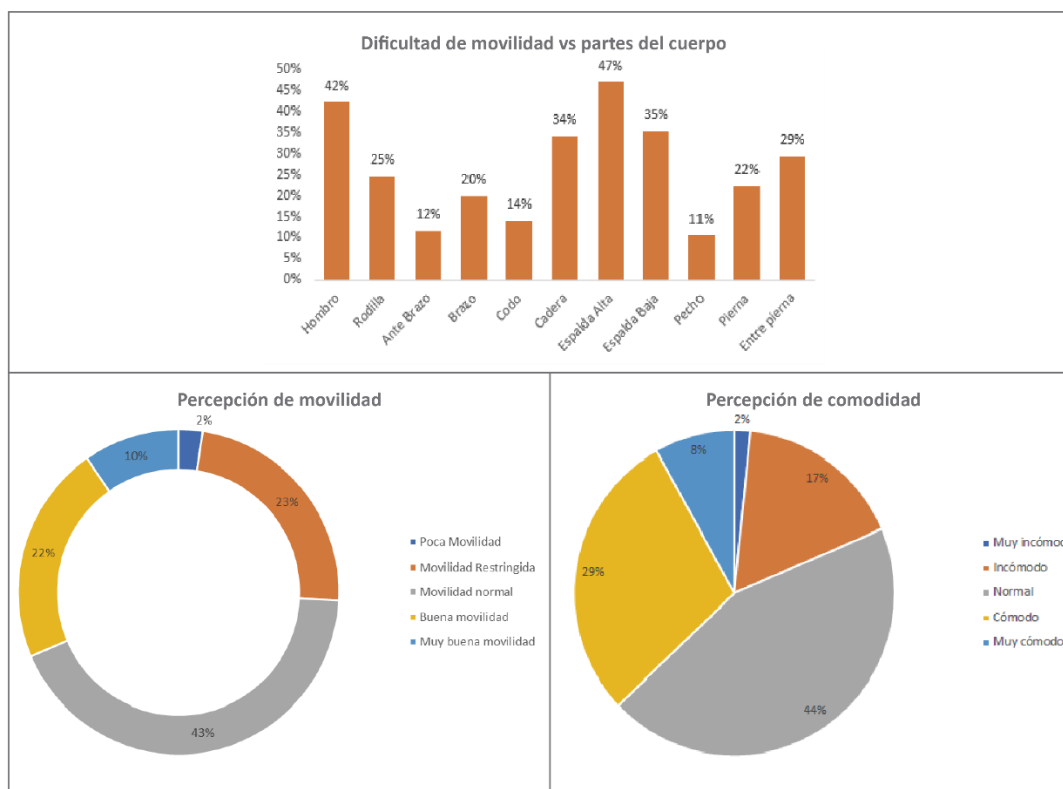
Una vez calculado el  $n$  se realizó el cuestionario de manera virtual por petición de la empresa, a un total de 117 personas donde las respuestas se reflejaron con un nivel de confianza de un 93% y un error del 7%.

Por otra parte, para el oficio de operativos en la empresa de panela y oficinistas se realizó la encuesta a la totalidad de las personas que realizan el oficio.

### 5.1.4. Análisis de resultados cuestionario nórdico

Para realizar el análisis de las respuestas se hizo una evaluación conjunta de los cuatro oficios donde se encontró que la indumentaria varía según la empresa y el oficio que realiza. Particularmente la empresa donde se evaluó al oficinista brinda un bono para que la persona que ocupa el cargo compre la ropa a su gusto, ya que no es necesario que porte un uniforme característico de su oficio.

Un hallazgo importante en el cuestionario fue que las personas tienen una percepción normal de comodidad por su indumentaria de un 44%, están cómodos 37% de las personas e incómodos tan solo un 19%.



**Ilustración 7.** Análisis Cuestionario nórdico. Elaboración propia.

Adicionalmente, se encontró que la percepción de movilidad con la indumentaria utilizada más relevante es: movilidad normal 43%, movilidad restringida 23% y buena movilidad con un 22%. Cuando se comparó este resultado con la percepción de comodidad o incomodidad de la indumentaria se pudo deducir que a pesar de que en su mayoría perciben la indumentaria normal o cómoda, esta no les permite una muy buena movilidad al momento de desarrollar sus actividades. Por otro lado, para las personas que contestaron que sentían una percepción de movilidad entre normal y poca (85 personas) se les pidió que contestaran dónde sentían esa dificultad, pudiendo responder varias opciones a la vez. Los resultados más representativos de esta pregunta fueron en la espalda alta 47%, hombros 42%, espalda baja 35% y cadera 34%. En la ilustración 7 se pueden observar las gráficas de estos resultados. Se pueden consultar todas las respuestas del cuestionario nórdico en el Anexo 4 en el documento “Respuestas cuestionarios nórdicos”.

Por otro lado, para verificar si el vestido de dotación requería ajustes se implementó el indicador PPI (Porcentaje de personas incómodas):

$$PPI = \frac{23}{124} * 100 = 18,55\%$$

Con el resultado obtenido de 18,55% de personas incomodas se pudo inferir que no había necesidad de seguir con el estudio.

Al evidenciar el resultado del anterior indicador se evidencia que no hay necesidad de proceder con el estudio. Sin embargo, con el fin de verificar lo obtenido por medio del cuestionario nórdico y el indicador, se realizó una entrevista a profundidad a diferentes personas de los oficios evaluados. Al indagar un poco más con los trabajadores respecto a su vestido de dotación y las posibles molestias que se pueden percibir por su uso, se encuentra que las personas utilizan una o dos tallas más de la que deberían pues consideran que sienten más comodidad al usarlo de esta forma.

## 5.2. Desarrollo de la fase Construcción de los parámetros de la indumentaria

Después de haber evidenciado una necesidad de cambio en la indumentaria utilizada por los trabajadores, se procedió a realizar los pasos necesarios para extraer los parámetros que esta debería tener en cuenta al momento de diseñar la nueva indumentaria cumpliendo con los objetivos establecidos. Se decidió tomar la opción de extraer los movimientos por medio de una simulación en la herramienta de captura de movimientos MOCAP.

### 5.2.1. Extracción de movimientos característicos de los oficios

Con el fin de extraer los movimientos de manera correcta en cuanto a la calidad del video, se utilizaron equipos profesionales. Los videos son los que se utilizarían para realizar la simulación más adelante. Para el uso de estas herramientas se realizó un curso de las cámaras Sony PMW 200 y 300. El acta del curso tomado en la Pontificia Universidad Javeriana se puede evidenciar en el Anexo 5.

Se realizaron las grabaciones según lo establecido en el protocolo de recolección de información brindando un consentimiento informado el cual la plantilla se puede consultar en el Anexo 3 documento “Plantilla consentimiento informado” con el objetivo de que las personas a las que se les realizó la grabación conocieran con antelación la finalidad del estudio y tuvieran la total libertad de decidir voluntariamente su participación en el mismo. En el Anexo 6 se pueden consultar los consentimientos firmados por los trabajadores.

Luego de haber realizado la grabación de los vídeos de los cuatro oficios, se procedió a caracterizar los movimientos (ver Anexo 7) y a realizar una videoteca de los mismos (ver Anexo 9 documento “Videoteca”). Al analizar los movimientos de la caracterización se encontraron semejanzas en estos a pesar de las diferencias en las actividades realizadas tanto en los oficios de tornero y operativo de máquina dosificadora (de aquí en adelante oficios dinámicos), como en los oficios de operativo de empaquetado de sobres de panela y oficinista (de aquí en adelante oficios estáticos). En la ilustración 8 se puede observar algunos de los movimientos más representativos de los oficios dinámicos. Para consultar detalladamente todos los movimientos ver Anexo 7 en la hoja nombrada “Consolidado OF Dinámicos”.

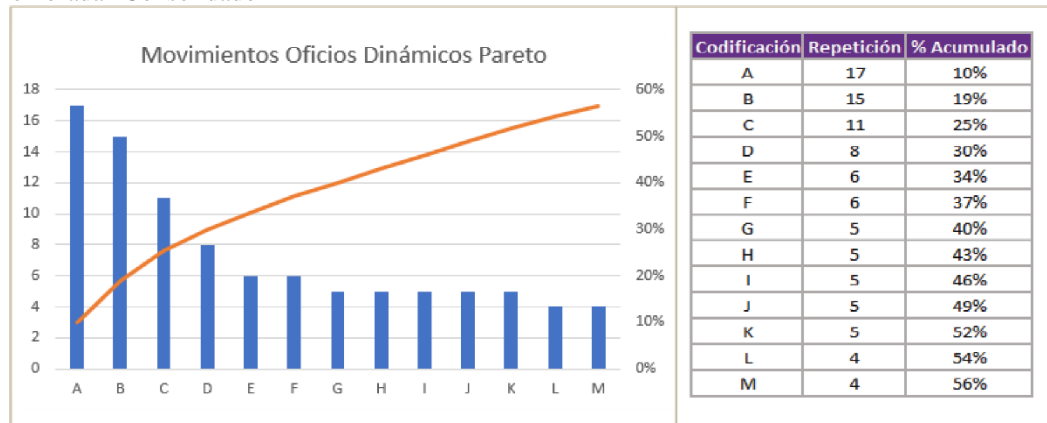
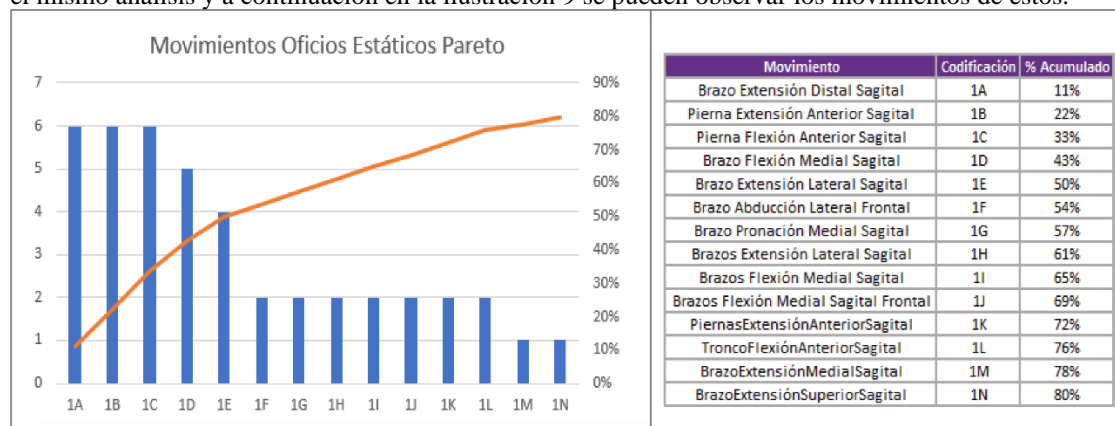


Ilustración 8. Movimientos dinámicos Pareto. Elaboración propia.



Se observa que la mayor repetición de movimientos en los oficios dinámicos se da en: tronco flexión anterior sagital (17 repeticiones), brazo extensión lateral sagital (15 repeticiones) y tronco rotación antihorario transversal (11 repeticiones). Por otra parte, para los oficios estáticos se realizó el mismo análisis y a continuación en la ilustración 9 se pueden observar los movimientos de estos.



**Ilustración 9.** Movimientos Pareto oficios estáticos. *Elaboración propia.*

Para el caso de los oficios estáticos, se puede observar que los movimientos más representativos se dan en los brazos y piernas. Adicionalmente, se evidenció que en los oficios dinámicos hay más movimientos que involucran el tronco, lo que no ocurre en los estáticos.

Con lo anterior se llegó a la conclusión que los oficios de carácter dinámico tienen mayor cantidad de movimientos y sin importar la diferencia de actividades desarrolladas en los oficios, los movimientos tienen semejanzas y se puede conocer cuáles son los que más se repiten en cada tipo de oficio (dinámico o estático). Adicionalmente, en la Tabla 4 se observan las actividades de ambos oficios que contienen los movimientos Pareto.

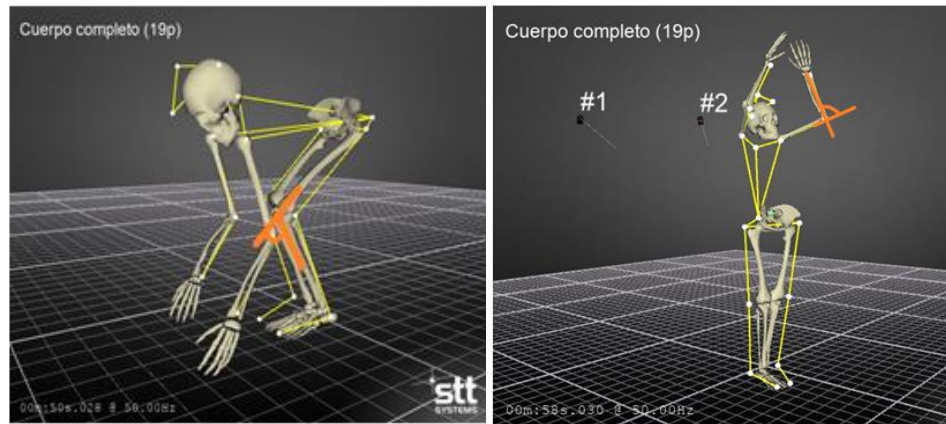
Actividades Pareto		
Mover palanca	Transportar Bulto	Meter sobres en caja
Coger piezas	Probar funcionamiento torno y realizar pieza	Coger caja
Acomodar pieza	Insertar papel en mordazas	Coger trapo
Mover tapa	Vaciar caja de sobres en la canasta	Limpiar mesa
Atornillar	Utilizar esmeril	Ordenar cajas en estante
Desapretar con herramienta porta buril	Subir banco	Transportar banco
Caminar al torno	Cortar pieza	Acomodar pila de cajas
Caminar por cegueta	Desmontar pieza	Coger sobres de panela
Ir a la prensa	Oprimir teclado	Contar cajas
Abrir Bulto	Acomodar máquina para simulación	Programar CNC Computador
Esperar simulación CNC	Bajar Banco	Levantar/Descargar Bulto
Ajustar máquina	Editar Simulación	Llenar recipiente de panela
Limpieza de mordazas	Depositar contenido en la tolva	Transportar Banco
Poner pieza en prensa	Apretar con herramienta porta buril	

**Tabla 4.** Actividades Pareto. *Elaboración propia.*

Con base a las actividades que abarcan los movimientos Pareto, que se mencionaron en la tabla 4, se utilizó el sistema de captura de movimiento (MoCap) con el fin de realizar la simulación. El MoCap utiliza cámaras optoelectrónicas para realizar la respectiva reconstrucción en tres

dimensiones (3D). En esta ocasión se utilizaron 6 cámaras, 3 de ellas eran de alta velocidad. Las cámaras optoelectrónicas emiten luz infrarroja que es reflejada por los marcadores ubicados sobre la persona que realiza la simulación. El software Clinical 3DMA de ST system construye la estructura ósea de la persona que está realizando la simulación y arroja gráficas de posiciones, velocidades y ángulos de cada parte del cuerpo durante el tiempo de captura.

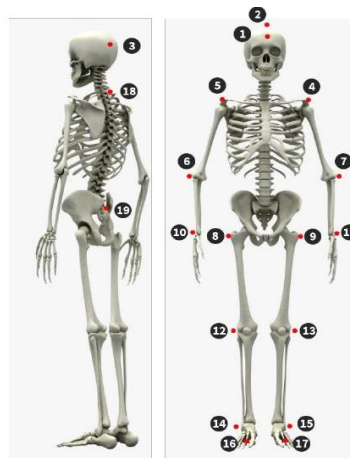
Para poder utilizar el sistema de captura de movimiento se deben ubicar los marcadores según el protocolo “cuerpo completo (19p)” del software anteriormente mencionado. A continuación, se encuentra en la ilustración 10 el posicionamiento anatómico de los marcadores.



**Ilustración 10.** Posicionamiento anatómico de marcadores. *Protocolo cuerpo completo (19p).*

**Fuente:** <https://www.stt-systems.com/motion-analysis/3d-optical-motion-capture/human-3dma/>

Para explicar sobre la simulación y datos obtenidos, se muestra como ejemplo los movimientos que se generaron al momento de recoger un butaco, transportarlo y posteriormente utilizarlo para alcanzar un objeto. En la ilustración 11 se puede observar la reconstrucción que realizó el software de dos momentos críticos que se generaron en la actividad mencionada. El primero cuando se recogió el butaco y el segundo cuando se subió al butaco para alcanzar un objeto.



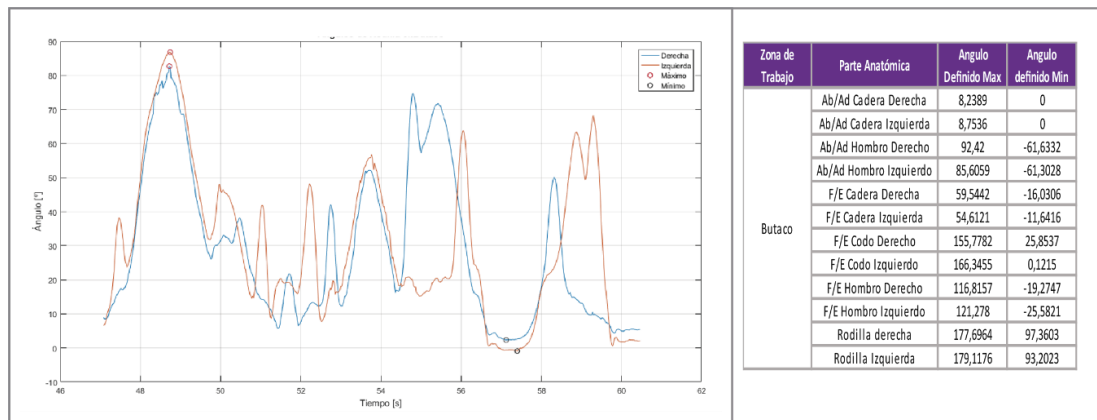
**Ilustración 11.** Reconstrucción ósea del software de las actividades de recoger butaco y subirse en el para alcanzar un objeto. *Elaboración propia.*

La ilustración 11 al lado izquierdo, muestra la manera en el que el software extrajo el ángulo de la rodilla cuando la persona se estaba agachando a recoger un butaco. Igualmente, en el lado derecho de la ilustración se puede observar como el software obtiene el ángulo de flexión y extensión del codo.

Las reconstrucciones, gráficas y tablas que se extrajeron con el software se pueden observar en el Anexo 8. Adicionalmente, en el Anexo 9 en el documento “Video de simulación” se puede consultar el video completo de la simulación.

### 5.2.2. Análisis de movimientos

Con base en el ejemplo de la sección anterior, en la ilustración 12 se puede observar la gráfica de las rodillas de los ángulos obtenidos a través del tiempo y, el listado de ángulos máximos y mínimos según cada parte anatómica. En los casos de las rodillas y codos se tomó el ángulo complementario respecto al ángulo arrojado por el software para facilitar la comprensión en el análisis.



**Ilustración 12.** Gráfico de ángulos versus tiempo de las rodillas y listado de ángulos máximos y mínimos en las actividades con el butaco. *Elaboración propia.*

Para el ejemplo, se puede observar que las rodillas tienen el máximo ángulo presentado en los movimientos anteriormente descritos, con  $177,69^\circ$  en la rodilla derecha y  $179,11^\circ$  en la rodilla izquierda, ángulos que se presentaron en el momento en el que se realizó la flexión de las rodillas para recoger el butaco. Adicionalmente, se evidencia que los ángulos mínimos se dieron en la abducción y aducción de los hombros con  $-61,63^\circ$  en el derecho y  $-61,30^\circ$  en el izquierdo. Para consultar los ángulos obtenidos por cada actividad y parte anatómica ver Anexo 8.

Por otra parte, se realizó un análisis general para los oficios estáticos y dinámicos. En los oficios estáticos se encontró que el ángulo con mayor rango se da en el hombro izquierdo con  $150,31^\circ$  en la actividad de cerrar la tapa del torno que es el equivalente a acomodar cajas en el oficio de empacar, seguidamente se encuentra el ángulo del codo derecho cuando se acciona el botón rojo con  $149,014^\circ$ . A continuación, se pueden observar en la tabla 5 los ángulos y actividades de mayor y menor ángulo para los oficios estáticos.

## ÁNGULOS DE LAS ARTICULACIONES EN OFICIOS ESTÁTICOS

	MOVIMIENTO	MÁXIMO	MÍNIMO
Ab/Ad Hombro Derecho	Accionar el botón rojo	81,6309	-12,5317
Ab/Ad Hombro Izquierdo	Cerrar la tapa del torno	150,3189	
	Alcanzar la herramienta		1,8124
F/E Cadera Derecha	Coger sobres	41,9323	35,4474
F/E Cadera Izquierda	Coger sobres	43,5617	34,7508
F/E Codo Derecho	Accionar el botón rojo	149,0148	33,9772
F/E Codo Izquierdo	Alcanzar la herramienta	145,1213	44,1011
F/E Hombro Derecho	Accionar el botón rojo	120,3113	-27,1297
F/E Hombro Izquierdo	Alcanzar la herramienta	88,6786	
	Cerrar la tapa del torno		-25,2147
Rodilla Derecha	Coger sobres	106,2858	98,3100
Rodilla Izquierda	Manejo de Teclado	110,2189	
	Coger sobres		105,8094

Tabla 5. Ángulos de las articulaciones en oficios estáticos. *Elaboración propia.*

Se puede evidencia que es importante que la indumentaria utilizada por las personas en los oficios estáticos permita un buen rango de movimiento en los codos, hombros y rodillas. Para el caso de las rodillas se recomienda que la indumentaria no sea tan apretada ya que se permanece mucho tiempo sentado.

Para los oficios dinámicos se realizó el mismo análisis y se encontró que el mayor ángulo se da en la rodilla izquierda y derecha cuando se está alcanzando una herramienta y cuando se está haciendo uso y transporte de un banco. En la tabla 6 se pueden observar todos los ángulos y actividades que tuvieron el máximo y mínimo ángulo por articulación.

## ÁNGULOS DE LAS ARTICULACIONES EN OFICIOS DINÁMICOS

	MOVIMIENTO	MÁXIMO	MÍNIMO
Ab/Ad Cadera Derecha	Cortar pieza (movimiento serrucho)	11,7517	0
Ab/Ad Cadera Izquierda	Cortar pieza (movimiento serrucho)	12,8472	0
Ab/Ad Hombro Derecho	Uso y Transporte	92,42	-61,6332
Ab/Ad Hombro Izquierdo	Cerrar la tapa del torno	150,3189	
	Uso y Transporte		-61,3028
F/E Cadera Derecha	Uso y Transporte	59,5442	-16,0306
F/E Cadera Izquierda	Uso y Transporte	54,6121	
F/E Codo Derecho	Editar CNC		-11,7412
	Pulir pieza	156,6532	
F/E Codo Izquierdo	Uso y Transporte		25,8537
F/E Codo Izquierdo	Uso y Transporte	166,3455	0,1215
F/E Hombro Derecho	Accionar el botón rojo	120,3113	-27,1297
F/E Hombro Izquierdo	Uso y Transporte	121,278	
	Cortar pieza (movimiento serrucho)		-27,2981
Rodilla Derecha	Uso y Transporte	177,6964	97,3603
Rodilla Izquierda	Alcanzar la herramienta	179,1922	
	Uso y Transporte		93,2023

Tabla 6. Ángulos de las articulaciones de oficios dinámicos. *Elaboración propia.*

Se puede inferir que los oficios dinámicos necesitan que la indumentaria permita un buen rango de movimiento en los hombros, codos y rodillas que son las articulaciones con mayor rango de movimiento. En el caso de los oficios dinámicos las rodillas tienen un rango de movimiento grande

por que requieren agacharse y levantarse en ciertas actividades, diferente a lo que ocurre en los oficios estáticos.

### 5.2.3. Extraer parámetros

Posterior al análisis de los movimientos, se revisó si existía un riesgo asociado en las posturas en las cuales se reflejan los rangos articulares extraídos de la simulación realizada en el MoCap. Para esto se implementó el método de OWAS cuyo procedimiento se encuentra en el Anexo 10 en el documento “Método OWAS aplicado a caso estudio”.

Después de realizar el método se evidencian posturas que de seguirse implementando en un futuro pueden ocasionar daños en el sistema musculoesquelético del trabajador. Las posturas en las que se evidencia un mayor riesgo son aquellas que no dependen netamente de su puesto de trabajo. Por ejemplo, en los oficios estáticos se puede observar que existe un riesgo causado por mantener la espalda doblada, mientras que en el del oficio dinámico el mayor riesgo se evidencia al momento que el trabajador se inclina a recoger algún objeto del suelo. Lo anterior quiere decir que son posturas y movimientos habituales que se pueden corregir por medio de una capacitación de seguridad y salud en el trabajo en el que se trate el tema postural.



**Ilustración 13.** Ejemplo de riesgo en oficio estático y dinámico. *Elaboración propia.*

En la ilustración 13 del lado izquierdo se puede observar la posición de la espalda doblada en el oficio estático y en el lado derecho la inclinación que realiza el trabajador para recoger un objeto.

Seguidamente con ayuda de un diseñador y con base en los rangos articulares arrojados para cada oficio, se obtuvieron los parámetros de diseño requeridos según las necesidades de cada uno. El resultado se puede observar en el Anexo 10 en el documento “Parámetros de diseño”.

## 5.3. Desarrollo de la fase Confección de indumentaria

Con base en los parámetros hallados en la anterior fase, se procede a realizar dos prototipos uno para oficios dinámicos y otro para oficios estáticos. La validación se realizó en la empresa de panela.

### 5.3.1. Realizar un prototipo

Se realizaron los prototipos por medio de una diseñadora que trabaja como persona natural la cual realizó los prototipos adaptándose a los parámetros que se obtuvieron por medio de la metodología. Se utilizó el método de introducción de telas más flexibles en las articulaciones donde existía mayor rango de movimiento. Los prototipos se realizaron con dos tipos de tela antífuido. El primero y el cual compone en su mayoría la indumentaria es a base de una tela antífuido la cual repele líquidos

y salpicaduras la cual es 100% poliéster. La otra tela que es la que corresponde al área de las articulaciones en la indumentaria 96% es poliéster y el 4% restante es licra.

### 5.3.2. Validar diseño

Se realizaron los prototipos con ayuda de una diseñadora que trabaja como persona natural, la cual diseñó y fabricó la indumentaria adaptándose a los parámetros que se obtuvieron por medio de la metodología. Se utilizó el método de introducción de telas más flexibles en las articulaciones donde existía mayor rango de movimiento. Los prototipos se realizaron con dos tipos de tela antifuído. En la ilustración 14 se puede observar el prototipo diseñado para el oficio dinámico.



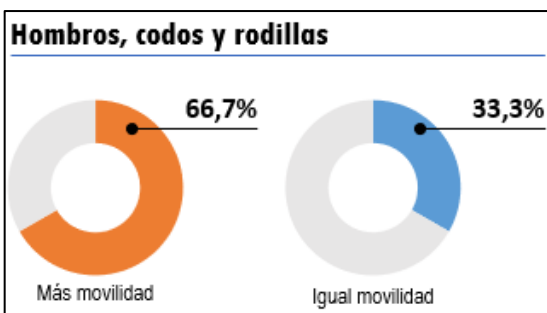
**Ilustración 14.** Prototipo oficio dinámico. *Elaboración propia*

Para realizar la validación de las indumentarias realizadas, se aplicó una adaptación del cuestionario nórdico (Ver Anexo 3 documento “Plantilla cuestionario de validación”) a dos operarios del oficio dinámico y a una operaria del oficio estático para conocer si la percepción de comodidad y movilidad del prototipo suministrado había mejorado con respecto a la indumentaria utilizada normalmente.

Al analizar las respuestas del cuestionario se encontró que en los oficios dinámicos se percibe mayor movilidad en los hombros, codos y rodillas con respecto a la indumentaria utilizada normalmente en un 100% y en la cadera se percibe que la movilidad es igual tanto para el prototipo como para la indumentaria utilizada normalmente.

Por otro lado, para los oficios estáticos no se percibió un cambio representativo con el prototipo suministrado ya que en las respuestas obtenidas la operaria decía que sentía la misma movilidad que con el uniforme utilizado normalmente, esto puede darse ya que en este tipo de oficio no hay tantos movimientos que se salgan del segmento neutral.

Finalmente, se realizó un análisis conjunto donde se encontró que el prototipo frente a la indumentaria utilizada normalmente tiene más movilidad en un 66,7%, igual movilidad en un 33,3% en los hombros, codos y rodillas. En la Ilustración 15 se puede observar la gráfica de lo anteriormente mencionado.



**Ilustración 16.** Graficas de percepción de movilidad con prototipo. *Elaboración propia.*

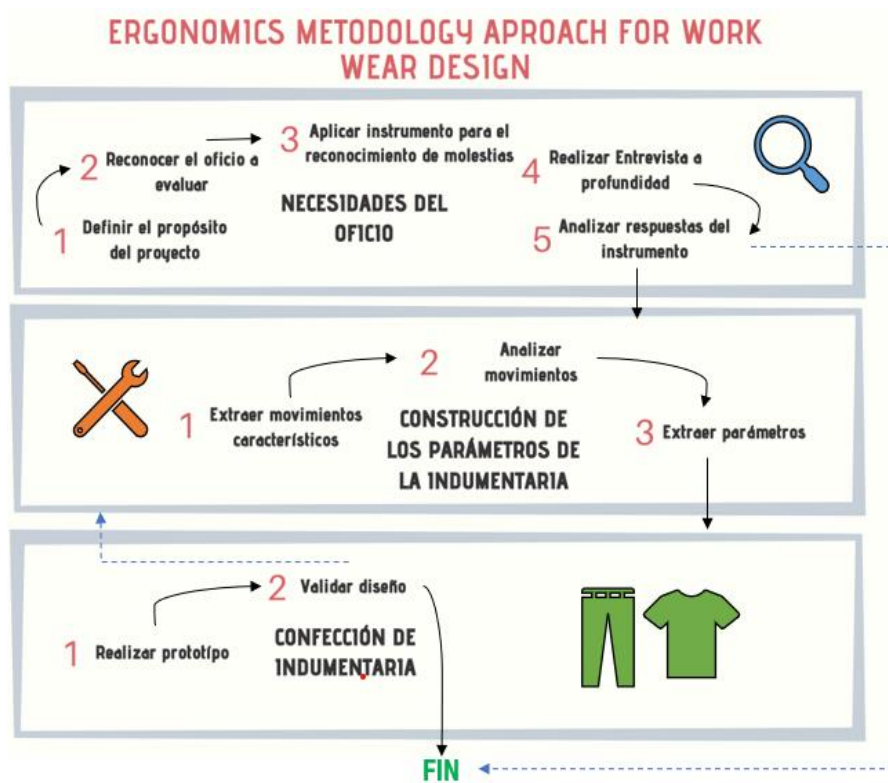
Con lo anterior, se puede concluir que en las articulaciones donde se introdujo una tela más flexible se mejora la percepción de movilidad frente a la indumentaria utilizada normalmente.

## 6. Metodología ajustada

Al realizar el caso estudio para evaluar la metodología propuesta se encontró una inconsistencia en la aplicación del cuestionario nórdico. Se evidenció que lo anterior se ocasionó por haber realizado el cuestionario de forma virtual. Por lo anterior, fue necesario realizar una entrevista a profundidad para cada oficio que se evaluó en donde se pudo evidenciar factores relevantes para el estudio. Se determinó con esta variación de la aplicación de la metodología que es indispensable aplicarle este paso. Se puede observar la metodología con su respectiva modificación en la ilustración 16.

El cambio que viene en esta nueva versión de la metodología hacer referencia al apartado 1.4 que se evidencia en la ilustración 15 que corresponde a “realizar entrevista a profundidad” donde se espera obtener información más detallada de la percepción de comodidad del vestido de dotación actual del usuario e indagar más sobre el uso del mismo. Para aplicar esta fase se puede hacer una previa preparación de la entrevista con preguntas referentes al uso de la indumentaria. En el Anexo 3 documento “Plantilla de preguntas” pueden encontrar un apéndice de preguntas que se pueden utilizar como guía para la aplicación de esta fase.

La fase 1.5 “Analizar respuestas” hace referencia al análisis del instrumento utilizado en el estudio, esto hace referencia al apartado 1.4 de la primera versión. En esta versión modificada de la metodología para el análisis de respuesta se realiza tanto el análisis del instrumento como el análisis de la entrevista a profundidad. Si se evidencia la oportunidad de mejora en la indumentaria, se debe proceder con la aplicación de la metodología.



**Ilustración 16.** Metodología Modificada. *Elaboración propia.*

## 7. Conclusiones y recomendaciones.

Al realizar la caracterización de los oficios a través de los métodos, tiempos, movimientos y ergonomía de los puestos de trabajo se pudo evidenciar que los movimientos por tipo de oficio (estático o dinámico) tienen similitudes en el caso estudio. Adicionalmente, el aplicar un método para evaluar el riesgo asociado a las posturas permite conocer si además de realizar una mejora a la indumentaria utilizada, es necesario tomar alguna medida para mitigar el riesgo en las actividades realizadas.

La extracción y análisis de movimientos por medio de métodos que involucran los factores humanos permiten que se extraiga el parámetro de los rangos articulares, el cual se toma como base para realizar alternativas de mejora de la indumentaria.

Por medio de diferentes estudios encontrados en la literatura que se toman como base para el diseño de la metodología se proponen los parámetros y diferentes herramientas que se pueden utilizar en las actividades de cada fase como por ejemplo, para la extracción de movimientos de la fase dos se sugiere el uso de herramientas como MOCAP, aplicaciones de análisis, y electrogoniómetro.

Aplicar la metodología inicial en un caso estudio fue útil ya que se evidenció oportunidades de mejora que se deberían tener en cuenta. Con lo anterior, se encontró que era necesario agregar la entrevista a profundidad en la fase uno con el fin de indagar más sobre la incomodidad o comodidad percibida por los trabajadores.

Para el desarrollo de la metodología se recomienda que haya interdisciplinariedad ya que se requiere de aspectos estéticos, funcionales y de diseño que no solo abarcan al ingeniero industrial debido a que es necesario tener conocimiento de normas de tallaje, patronaje, tipos de tela, percepciones, usabilidad, entre otros, conocimiento que pueden brindar otras disciplinas.



Con la metodología propuesta se busca brindar una guía para las personas o empresas que deseen implementar una indumentaria característica del oficio buscando la comodidad de sus trabajadores. Esta metodología es adaptable a los recursos de quien desea aplicarla. Adicionalmente, la metodología propuesta brinda de manera clara una forma de realizar una indumentaria adecuada a los oficios teniendo como base el estudio de métodos, tiempos, movimientos y ergonomía.

## 8. Glosario

- **Antropometría:** Estudio de las medidas y proporciones que tiene el cuerpo humano (Real Academia Española, 2018).
- **Antropómetro:** Escala métrica con dos ramas, una fija y otra que se moviliza con el fin de medir dimensiones lineales (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo).
- **DANE:** Departamento administrativo nacional de estadística.
- **Ergonomía:** Conjunto de conocimientos multidisciplinares que se aplican para adecuar los productos, sistemas y entornos a las necesidades, limitaciones y características de los usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar (Asociación Española de Ergonomía).
- **MOCAP:** Captura de movimiento.
- **Postura dinámica:** Es cuando se está cambiando de posición constantemente, realizando generalmente alguna actividad (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo).
- **Postura estática:** Es cuando se permanece en una misma posición por más de 4 segundos, donde se pueden tener algunas variaciones en el nivel de fuerza (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2009).
- **Trastornos musculoesqueléticos:** Enfermedades generalmente de origen laboral comunes, normalmente se afectan el cuello, los hombros y extremidades superiores, aunque también puede afectar las extremidades inferiores (Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo).
- **Vestuario de dotación (Indumentaria):** Se refiere al vestuario necesario para la labor y a los zapatos. Para el estudio vestuario de dotación solo contempla el vestido de labor.

## Referencias

- Al Madani, D., & Dababneh, A. (2016). Rapid entire body assessment: A literature review. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(1), 107–118. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.107.118>
- Álvarez, A. (2009). Evaluación de posturas estáticas: el método WR; NTP 847. *Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1–6.
- Asociación Española de ergonomía. (n.d.). ¿Qué es la ergonomía? - Asociación Española de Ergonomía. Retrieved March 22, 2019, from <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Berumen, S., & Redondo, F. (2007). Utilidad de metodos como AHP. *Cuadernos de Administración*, 20(34), 65–84.
- Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., & Ashdown, S. (2016). Implications of dynamic working postures in garments' comfort. 6th International Ergonomics Conference (E 2016), (August), 31–38.
- Bragança, S., Carvalho, M., Arezes, P., & Ashdown, S. (2016). Identification of preponderant factors for work-wear design. *90th Textile Institute World Conference (TIWC 2016)*, 674–682.
- Bragança, S., Carvalho, M., Arezes, P., & Ashdown, S. P. (2017). Work-wear pattern design to accommodate different working postures. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29(3), 294–313. <https://doi.org/10.1108/IJCST-05-2016-0063>
- Bragança, S., Fontes, L., Arezes, P., Edelman, E. R., & Carvalho, M. (2015). The Impact of Work Clothing Design on Workers' Comfort. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 5889–5896. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.898>
- Bejlegaard, M., ElMaraghy, W., Brunoe, T. D., Andersen, A. L., & Nielsen, K. (2018). Methodology for reconfigurable fixture architecture design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 23, 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.05.001>
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92. <https://doi.org/10.1145/2535915>

- Carvalho, M., Edelman, E., Bragança, S., & Fontes, L. (2015). FYT Jeans - Ergonomically designed jeans for active and sedentary lifestyles. *Fiber Society Fall 2015 Conference (FS 2015)*, (October 2015), 10–12.
- Choi, M. S., & Ashdown, S. P. (2002). The design and testing of work clothing for female pear farmers. *Clothing and Textiles Research Journal*, 20(4), 253–263. <https://doi.org/10.1177/08873202X0202000409>
- Classen, E. (2019). Assessment of the comfort of workwear for the food industry. In Context. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814495-4.00025-8>
- DANE. (n.d.). Empleo y desempleo. Retrieved March 8, 2019, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- Dockrell, S., O’Grady, E., Bennett, K., Mullarkey, C., Mc Connell, R., Ruddy, R., ... Flannery, C. (2012). An investigation of the reliability of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) as a method of assessment of children’s computing posture. *Applied Ergonomics*, 43(3), 632–636. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.09.009>
- Eungpinichpong, W., Buttagat, V., Areeudomwong, P., Pramodhyakul, N., Swangnetr, M., Kaber, D., & Puntumetakul, R. (2013). Effects of restrictive clothing on lumbar range of motion and trunk muscle activity in young adult worker manual material handling. *Applied Ergonomics*, 44(6), 1024–1032. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.04.002>
- Etikan, I. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Golabchi, A., Han, S., Seo, J., Han, S., Lee, S., & Al-Hussein, M. (2015). An Automated Biomechanical Simulation Approach to Ergonomic Job Analysis for Workplace Design. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(8), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000998](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000998)
- Gómez-Galán, M., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & López-Martínez, J. (2017). Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial Health*, 55(4), 314–337. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2016-0191>
- Gupta, D. (2014). *Anthropometry and the design and production of apparel: An overview*. Anthropometry, Apparel Sizing and Design. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857096890.1.34>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (n.d.). Posturas De Trabajo: Evaluación Del Riesgo, 1–57.
- Isler, M., Küçük, M., & Guner, M. (2018). Ergonomic assessment of working postures in clothing sector with scientific observation methods. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(6), 757–771. <https://doi.org/10.1108/IJCST-06-2017-0084>
- Kim, I., Lee, K.-S., Seo, M.-T., Chae, H.-S., Kim, K.-S., Choi, D.-P., & Kim, H. (2016). Development and Ergonomic Evaluation of Spring and Autumn Working Clothes for Livestock Farming Workers. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35, 343–359. <https://doi.org/10.5143/JESK.2016.35.5.343>
- Kreuzfeld, S., Seibt, R., Kumar, M., Rieger, A., & Stoll, R. (2016). German version of the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire ( CMDQ ): translation and validation. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12995-016-0100-2>
- Laura, L., & Remedios, L. (2017). *Applications of the Standardized Nordic Questionnaire : A Review*. 1–42. <https://doi.org/10.3390/su9091514>
- Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [CODIGO\_SUSTANTIVO\_TRABAJO]. (n.d.). Retrieved from [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo\\_sustantivo\\_trabajo.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo_sustantivo_trabajo.html)
- Matos, M., & Arezes, P. M. (2015). Ergonomic Evaluation of Office Workplaces with Rapid Office Strain Assessment (ROSA). *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 4689–4694. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.562>
- Neves, É. P. das, Brigatto, A. C., & Paschoarelli, L. C. (2015). Fashion and Ergonomic Design: Aspects that Influence the Perception of Clothing Usability. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 6133–6139. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.769>
- Park, J., & Langseth-Schmidt, K. (2016). Anthropometric fit evaluation of firefighters’ uniform pants: A sex comparison. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.08.011>
- Real Academia Española. (n.d.). antropometría | Definición de antropometría. Retrieved March 27, 2019, from <https://dle.rae.es/?id=2ybcLqY>
- Smart Textiles. (2018). Smart Textiles. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119460367>

Spielholz, P., Silverstein, B., Morgan, M., Checkoway, H., & Kaufman, J. (2001). Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. *Ergonomics*, *44*(6), 588–613. <https://doi.org/10.1080/00140130118050>