
**Confiabilidad de un Protocolo para la Medición de Fuerza Máxima Seleccionada en la
Ciudad de Bogotá (Prueba Piloto)**

Elaborado por

Johana Patricia Carrillo Barrera

Asesor temático y metodológico

Lope Hugo Barrero Solano

Ingeniero Industrial - Doctor en Salud Ambiental

Pontificia Universidad Javeriana

Facultad de Enfermería - Facultad de Medicina- Facultad de Ingeniería- Instituto de

Salud Pública

Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo

Bogotá D.C.

2019

Nota de advertencia

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de grado. Solo velará porque no se publique nada contrario el dogma y la moral católica y porque los trabajos de grado no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellos el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

Dedicatoria

Apocalipsis 4:9-11: ⁹ Todo el tiempo, las criaturas daban gloria, honor y gracias al que estaba sentado en el trono y que vive para siempre. ¹⁰ Al mismo tiempo, los veinticuatro ancianos se arrodillaban ante él para adorarlo. Se quitaban las coronas y las colocaban en el suelo, ante el trono, y decían: ¹¹ «¡Señor y Dios nuestro! Tú mereces recibir la gloria, el honor y el poder, pues creaste todo lo que existe según tu voluntad». Traducción Palabra de Dios para todos.

Me uno al grupo de veinticuatro ancianos para rendir al Señor y Dios nuestro, la corona que representa este Trabajo, como opción de grado para obtener el título de Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo; delante de quién me postro, quién es digno de recibir este honor.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por su amor permanente y firme; traducido en un constante apoyo emocional, espiritual, en una cuidadosa preocupación y alto grado de comprensión, muchas gracias, los amo igualmente, me siento honrada de ser parte de ellos.

Agradezco a mis docentes y director de proyecto, por el conocimiento compartido y sobre todo por enseñar con su ejemplo el servicio; lo que debiera ser la principal motivación, a la hora de optar por ingresar a un programa académico de post-grado o pregrado.

Agradezco a las personas que Dios puso como ángeles, en cada etapa de desarrollo de este trabajo de grado: Alejandro Acosta, Alejandra Pinzón, Luz Daifenis Arango, Javier Salcedo.

A mis compañeros y amigos por hacer más agradables las jornadas académicas y convertirse en parte de la motivación para viajar cada fin de semana.

Agradezco a Dios porque todo lo que es bueno y perfecto, es un regalo que descende a nosotros de parte de nuestro Padre Celestial. Esta oportunidad académica de la cual mi madre ha sido protagonista, llegó a mi vida en el momento oportuno para ensanchar la perspectiva que tenía acerca del contexto social, económico, laboral, empresarial que caracteriza a nuestro país; despertando en mi interior nuevas inquietudes y deseo de ser parte de la solución a la problemática nacional; pero ahora, con muchas más herramientas para poder lograrlo. En definitiva, esta ha sido una oportunidad única y muy significativa por la que estoy en gran manera agradecida.

Contenido

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. Marco teórico	4
3.1 Desórdenes Músculo-Esqueléticos (DME).....	4
3.2 Exposiciones a fuerzas en la industria colombiana.....	5
3.3 Contracción muscular	8
3.4 Fuerza muscular	8
3.4.1 Fuerza máxima.....	9
3.4.2 Fuerza isométrica	9
3.4.3 Fuerza isoinercial	10
3.4.4 Fuerza isocinética.....	10
3.4.5 Factores que determinan la capacidad de fuerza muscular	10
3.5 Mediciones de fuerza	10
3.5.1 Dinamometría Isométrica.....	11
3.5.2 Dinamometría Isocinética	11
3.5.3 Dinamometría Psicofísica	11
3.6 Torque	12
3.7 Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI).....	12
4. Estado del arte.....	13
5. Metodología	22
5.1 Fase 1: Selección de posturas	23
5.2 Fase 2: Estandarización del protocolo para medición de fuerza isométrica	24
5.3 Fase 3: Medición de fuerzas	27
5.3.1 Consideraciones éticas.....	28
5.3.2 Instrucciones a los participantes	28
5.4 Fase 4: Estimación de confiabilidad del protocolo	33
5.5 Fase 5: Ajuste del protocolo	34
6. Resultados	35
6.1 Fase 1: Selección de posturas	35
6.2 Fase 2: Estandarización de protocolos para posturas seleccionadas.....	39
6.2.1 Especificación de posturas y mecanismos de control	40
6.3 Fase 3: Estimación de fuerzas.....	46
6.3.1 Consideraciones éticas	46
6.3.2 Instrucciones para los sujetos.....	47
6.3.3 Caracterización de la muestra	47
6.3.4 Resultados de las pruebas	48
6.4 Fase 4: Estimación de confiabilidad del protocolo.....	52
6.5 Fase 5: Ajuste del protocolo.	53
6.5.1 Contenido del protocolo.....	53
7. Discusión.....	55
8. Conclusiones	57
9. Recomendaciones	59
Referencias bibliográficas.....	60

Anexos	66
Curriculum Vitae de la Investigadora	117

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Fracciones atribuibles a la exposición para los principales factores de carga física en la ocurrencia de trastornos de miembro superior.</i>	5
Tabla 2. <i>Variables principales, según división CIU Rev. 3. A.C. 2012.</i>	6
Tabla 3. <i>Comparación de métodos dinamométricos.</i>	10
Tabla 4. <i>Estudios de medición de fuerza isométrica.</i>	15
Tabla 5. <i>Estudios de confiabilidad – Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI).</i>	21
Tabla 6. <i>Definición operativa de variables.</i>	29
Tabla 7. <i>Profesionales convocados para validación de comprensión de texto.</i>	34
Tabla 8. <i>Coeficiente de concordancia Cohen’s Kappa.</i>	35
Tabla 9. <i>Definición de posturas a seleccionar.</i>	35
Tabla 10. <i>Frecuencia de movimientos identificados en la aplicación del instructivo.</i>	36
Tabla 11. <i>Posturas frecuentes.</i>	38
Tabla 12. <i>Rango de valores de movilidad conjunta correspondientes a las posturas de la Figura 13.</i>	40
Tabla 13. <i>Características de la muestra</i>	47
Tabla 14. <i>Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 1 (levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura).</i>	48
Tabla 15. <i>Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 2 (halar carga desde un nivel entre cintura y hombros).</i>	49
Tabla 16. <i>Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 3 (descargue desde un nivel por encima del hombro)</i>	51
Tabla 17. <i>Resultados de ANOVA y confiabilidad del protocolo.</i>	52

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Posturas estudiadas por Thompson, Chaffin, Hughes & Evans (1992).....	19
<i>Figura 2.</i> Posturas estudiadas por Das & Wang (2004)	19
<i>Figura 3.</i> Posturas estudiadas por Yu, Xu & Lin (2017).....	20
<i>Figura 4.</i> Posturas estudiadas por Chen (2014).....	20
<i>Figura 5.</i> Posturas estudiadas por Díaz (2016).....	20
<i>Figura 6.</i> Posturas estudiadas por Zea et al. (2015).	20
<i>Figura 7.</i> Dinamómetros utilizados por Hazard <i>et al.</i> (1993).....	21
<i>Figura 8.</i> Dinamómetros utilizados por Axelsson & Kärrholm (2016).....	21
<i>Figura 9.</i> Equipo CON-TREX para la medición de fuerza isométrica.....	26
<i>Figura 10.</i> Plano sagital para cálculo de “r”, cuando la fuerza se ejerce por debajo del nivel del brazo del dinamómetro.....	32
<i>Figura 11.</i> Plano sagital para cálculo de “r”, cuando la fuerza se ejerce por encima del nivel del brazo del dinamómetro.	33
<i>Figura 12.</i> Prueba de comprensión de texto de protocolos.	34

<i>Figura 13.</i> Posturas utilizadas para medir los valores de referencia para machos jóvenes y sanos que se muestran en la Tabla 13	40
<i>Figura 14.</i> Levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura	42
<i>Figura 15.</i> a) Barra en acrílico ranurada para ajuste de ángulo. b) Sistema de sujeción (tornillo-arandela-tuerca mariposa).....	42
<i>Figura 16.</i> Mecanismo de palancas.....	43
<i>Figura 17.</i> Halar carga desde un nivel entre cintura y hombros.....	44
<i>Figura 18.</i> Mecanismo de palancas para postura de halar carga.....	45
<i>Figura 19.</i> Descargue desde un nivel por encima del hombro.....	46
<i>Figura 20.</i> Dispersión de la fuerza en la postura 1 de los participantes.....	49
<i>Figura 21.</i> Dispersión de la fuerza en la postura 2 de los participantes.....	50
<i>Figura 22.</i> Dispersión de la fuerza en la postura 3 de los participantes.....	52

Lista de Anexos

<i>Anexo 1.</i> Proceso para la selección de posturas.....	66
<i>Anexo 2.</i> Invitación empresarial y autorización para uso de datos	81
<i>Anexo 3.</i> Consentimiento informado y autorización para uso de datos	83
<i>Anexo 4.</i> Invitación empresarial.....	85
<i>Anexo 5.</i> Encuesta previa	86
<i>Anexo 6.</i> Consentimiento informado.....	100
<i>Anexo 7.</i> Hoja de datos.....	103
<i>Anexo 8.</i> Resultados de las observaciones	104
<i>Anexo 9.</i> Resultados de torque y fuerza en las diferentes posturas.....	108
<i>Anexo 10.</i> Evaluación de operaciones críticas.....	110
<i>Anexo 11.</i> Cargos críticos.....	113

Lista de ecuaciones

<i>Ecuación 1.</i> Coeficiente de Correlación Intraclass.....	12
<i>Ecuación 2.</i> Ecuación para cálculo de Par.....	31
<i>Ecuación 3.</i> Ley de Seno para triángulos rectángulos.....	31

1. Introducción

Los Desórdenes Músculo-Esqueléticos (DME) son el problema laboral más común en Europa. Casi el 24% de los trabajadores de la UE-25 informan que sufren dolor de espalda y el 22% se queja de dolores musculares (European Agency for Safety and Health at Work, 2007). De igual manera, en una investigación desarrollada por Tanaka, Petersen & Cameron (2001), se estimó que 40 de cada 100 casos de trastornos de miembros superiores en la población de trabajadores de EE.UU. se debe a alguna exposición ocupacional, lo anterior significaría que cerca de 500.000 nuevos casos se presentarían anualmente en trabajadores estadounidenses. Colombia no dista mucho del panorama internacional, en razón de que la enfermedad laboral más común es la aparición de DME, de los 9.790 casos reconocidos durante el 2012 por las Administradoras de Riesgos Labores (ARL), el 90% correspondieron a este tipo de enfermedades, siendo más frecuentes el síndrome del túnel carpiano, la tendinitis en manos, codos, hombros y problemas de espalda, como lumbagos (Ministerio del Trabajo, 2013).

Esto se presenta en parte como consecuencia de las demandas físico-mecánicas propias de diferentes sectores, como el de la construcción, salud y transporte, en los que prevalecen los movimientos manuales de halar y empujar, requeridos para el posicionamiento de cargas, así mismo en tareas puntuales de trapeado y rastrillado de áreas verdes en las que frecuentemente se realizan actividades de empuje y tracción (Hoozemans *et al.*, 1998).

Teniendo en cuenta lo anterior, es de suma importancia conocer la fuerza que pueden ejercer los trabajadores y establecer una base de datos normativa o tablas de fuerza, que puedan ser usadas como criterio de diseño en tareas y dispositivos que requieran la aplicación manual de fuerza. Con relación a ello, en diferentes partes del mundo existen estudios como los reportados por Chen (2014) y Zea, Caro & Quintana (2015), que tienen como propósito conocer las fuerzas

máximas que podrían ser ejecutadas por trabajadores, obtenidos a partir de diversos métodos y poblaciones, sin embargo, en Colombia no se han desarrollado estudios a la fecha encaminados a definir una base de datos normativa (tablas de fuerza) para la población nacional.

Es importante entonces, promover el desarrollo de investigaciones encaminadas a conocer la capacidad de fuerza de los trabajadores en Colombia. El primer elemento requerido para el desarrollo de una base de datos normativa, lo constituye la validación del protocolo que estandarice el método para realizar la medición de fuerza, en este caso isométrica, que pueda ser replicado posteriormente en una muestra representativa de la población colombiana y cuyos resultados sean empleados en la construcción de las tablas de fuerza máxima isométrica.

Por consiguiente, esta investigación tuvo como propósito determinar la confiabilidad del protocolo de medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicadas a una muestra conveniente a través de cinco fases de desarrollo:

Fase 1: Selección de posturas a replicar en el laboratorio de fuerza isométrica.

Fase 2: Estandarización del protocolo.

Fase 3: Estimación de fuerzas.

Fase 4: Confiabilidad del instrumento.

Fase 5: Generación de recomendaciones para el ajuste de los protocolos.

Como resultado de esta investigación se obtuvo un protocolo de excelente confiabilidad, para medir fuerza máxima isométrica en las tres posturas seleccionadas:

Postura	Coefficiente de Correlación Intraclase (CCI)	Calificación
Levantar carga desde un nivel por debajo de la cintura	0,93	Excelente
Halar carga desde un nivel entre cintura y hombros	0,94	Excelente
Descargar desde un nivel por encima del hombro	0,81	Excelente

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar la confiabilidad de un protocolo para la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá en el año 2019.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Seleccionar las posturas en las que se va a realizar la medición de fuerzas máximas.
- ✓ Estandarizar el protocolo para realizar medición de fuerzas isométricas, requerida en las posturas seleccionadas.
- ✓ Estimar las fuerzas en tres ocasiones diferentes en las posturas seleccionadas en una prueba piloto.
- ✓ Estimar el grado de confiabilidad de las mediciones obtenidas en las dos mediciones realizadas.
- ✓ Proponer cambios y ajustes al protocolo estandarizado.

3. Marco teórico

3.1 Desórdenes Músculo-Esqueléticos (DME)

Este trabajo busca probar la confiabilidad de un protocolo para medir fuerzas máximas isométricas en poblaciones de trabajadores, lo cual es instrumental para definir en el futuro tablas de fuerzas máximas en direcciones y posturas relevantes para poblaciones laborales. Esto es importante, pues la aplicación de fuerzas puede ser un factor determinante en el desarrollo de Desordenes Musculo-esqueléticos (DME) entre los trabajadores, los cuales, ocurren con alta frecuencia en población laboralmente activa, y pueden generar frecuentes y costosas incapacidades para la industria (Castro, Ardila, Orozco, Sepúlveda y Molina, C., 2018)

Los Desordenes Musculo-esqueléticos (DME) son alteraciones de las estructuras corporales, como los músculos, las articulaciones, los tendones, los ligamentos, los nervios, los huesos y el sistema de circulación sanguínea localizado, que son causadas o agravadas principalmente por el trabajo y por los efectos del entorno inmediato en el que se realiza el mismo (European Agency for Safety and Health at Work, 2007). Pese a los pocos estudios prospectivos y las diferentes hipótesis en cuanto a los mecanismos fisiopatológicos involucrados en la génesis de los DME, la evidencia médica indica que esta es multifactorial y participan diversos factores de riesgo como: físicos, de la organización del trabajo y psicosociales (González, *et al.*, 2014).

Así mismo, Ayoub y Wittels (citado por el Ministerio del Interior, 2016) consideran cuatro grandes factores de riesgo de Desorden Músculo-esquelético:

- ✓ Factores individuales: capacidad funcional del trabajador, hábitos, antecedentes., etc.
- ✓ Factores ligados a las condiciones de trabajo: fuerza, posturas y movimientos.
- ✓ Factores organizacionales: organización del trabajo, jornadas, horarios, pausas, ritmo y carga de trabajo.

- ✓ Los factores relacionados con las condiciones ambientales de los puestos y sistemas de trabajo: temperatura, vibración entre otros.

De acuerdo con análisis previos, la aplicación excesiva de fuerzas junto con la vibración, son los factores de riesgo con mayor fracción atribuible de la ocurrencia de DME (Tabla 1).

Tabla 1.

Fracciones atribuibles a la exposición para los principales factores de carga física en la ocurrencia de trastornos de miembro superior.

Factor de riesgo	Fracción atribuible % (rango)
Repetición	53 – 71
Fuerza	78
Repetición y fuerza	88 – 93
Repetición y frío	89
Vibración	44 – 95

Fuente: Elaboración propia basada en la guía de atención integral de DME relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (Ministerio de la Protección Social, 2006).

3.2 Exposiciones a fuerzas en la industria colombiana

Para comprender la importancia de mantener a los trabajadores con buena salud músculo-esquelética, resulta valioso conocer sobre esta materia en entornos laborales; y hacerse consciente de las dificultades que enfrentan especialmente las empresas pequeñas, para implementar soluciones que logren reducir las demandas de aplicación de fuerza en los trabajadores.

De acuerdo con los resultados de la encuesta anual manufacturera aplicada en el año 2012 a 9.488 establecimientos, clasificados de acuerdo con la 3ª revisión del código CIIU en 66 grupos industriales; en Colombia, el sector industrial ocupó 676.425 personas. Según el tamaño de los establecimientos cubiertos con la encuesta, el 83,8% de las plantas industriales en 2012

emplearon menos de 100 personas (MIPYMES); 14,1% entre 100 a 499 personas y el restante 2,2% ocupó 500 personas o más (DANE, 2014).

Las divisiones industriales con mayor representación correspondieron al sector de alimentos, sector que se usa en este trabajo como inspiración piloto para identificar algunas fuerzas (dirección y posturas) relevantes de estudiar; seguido por el sector de elaboración de sustancias y productos químicos, confección de prendas de vestir, productos de caucho y de plástico, productos textiles, elaborados de metal, otros productos minerales no metálicos y textiles, industrias manufactureras n.c.p, edición e impresión y maquinaria y equipo n.c.p de acuerdo con la tabla según división CIU 3.A.C. presentada a continuación (Tabla 2).

Tabla 2.

Variables principales, según división CIU Rev. 3. A.C. 2012.

División industrial	Personal ocupado	Producción bruta	Valor agregado
Total nacional	676.425	199,8	75,9
Alimentos y bebidas	156.872	55,2	22,8
Tabaco	911	0,6	0,4
Productos textiles	44.588	4,7	1,8
Prendas de vestir	60676	5,5	2,4
Curtido y preparado de cueros	21.009	1,5	0,7
Madera	6.620	0,8	0,4
Papel y cartón	16.158	6,2	2,2
Edición e impresión	33.792	4,4	2,5
Productos de la refinación del petróleo	5.776	44,6	11,7
Sustancias y productos químicos	76.429	24,8	10,9
Caucho y plástico	53.953	7,9	3,1
Otros minerales no metálicos	37.542	10,2	5,8
Metalúrgicos básicos	14.982	10,6	2,6
Elaborados de metal	37.585	4,4	1,8

División industrial	Personal ocupado	Producción bruta	Valor agregado
Maquinaria y equipo n.c.p.	30.441	3,6	1,6
Maquinaria de oficina, contabilidad e informática	343	0,1	0,0
Maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p.	16.686	2,9	1,1
Equipos y aparatos de comunicaciones	557	0,0	0,0
Instrumentos médicos de precisión	3.486	0,3	0,2
Vehículos	16.315	6,1	1,7
Otros tipos de equipos de transporte	6.797	2,0	0,7
Industrias manufactureras n.c.p.	34.907	3,2	1,5

Fuente: DANE (2014).

El sector de alimentos con mayor representación, incluye dentro de su clasificación establecimientos dedicados a la distribución de víveres, abarrotes, alimentos perecederos y no perecederos, actividades con altas demandas de levantamiento de carga y esfuerzo físico, sector que cuenta con alta proporción de PYMES, y que por lo mismo presentan dificultades para la inversión en sistemas para transporte de carga y equipos de izaje fabricados bajo normas técnicas que no constituya mayor riesgo para los trabajadores.

La exposición generada por las características de la industria nacional crea la necesidad de implementar medidas preventivas como el uso de tablas de fuerza para la población colombiana que permitan establecer los límites, bajo los cuales se recomienda que el trabajador opere. De esta manera, se puede contribuir a la prevención de los DME, sumado por supuesto a otras acciones relacionadas, con la cultura de autocuidado, y medidas organizacionales, entre otras (Rincones & Castro, 2016).

3.3 Contracción muscular

La ejecución de esfuerzos durante operaciones manuales demanda de contracción muscular, el cual, es el estado activo del músculo en el que este se acorta (Kraemer, 1987). Hanson & Huxley (citado por Delgado, Ruiz, Solis, Obando & Andrawus, 2006) también lo definen como un proceso de plegamiento, en que el músculo esquelético se acorta debido a que sus filamentos gruesos y finos se deslizan uno sobre otro. Es importante mencionar que la velocidad de la contracción junto con la coordinación muscular son la base de las fuerzas máximas (Thompson, Chaffin, Hughes & Evans, 1992).

3.4 Fuerza muscular

La fuerza se define como la capacidad de producir torque con una contracción muscular voluntaria (Gallagher, Moore, Stobbe, McGlothlin & Bhattacharya, 1998). Desde el punto de vista de la mecánica es la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración de este (iniciar o detener el movimiento), aumentar/reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección (López & Fernández, 2006). Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse; es un proceso interno (fuerza interna) que puede estar asociado a una resistencia (objeto) externo o no (López & Fernández, 2006).

El estudio de la fuerza muscular es importante desde la perspectiva de la salud ocupacional, toda vez que, pese a la creciente automatización de procesos industriales en actividades de transporte o levantamiento de carga, no se ha logrado eliminar en su totalidad la aplicación de fuerza en movimientos, como lo indica un informe de NIOSH (como se citó por Thompson *et al.*, 1992), en dónde se menciona que aproximadamente un tercio de la mano de obra de los

Estados Unidos está actualmente obligada a ejercer una fuerza significativa como parte de su trabajo.

El manejo manual de cargas implica la aplicación de fuerzas que, de acuerdo con criterios biomecánicos, al superar la fuerza máxima de los trabajadores, favorece la ocurrencia de DME. Por ello, la determinación de límites de fuerza constituye un mecanismo de prevención que, aplicado al diseño de puestos de trabajo, reduce la exposición de los trabajadores a cargas físicas externas superiores a su capacidad corporal.

3.4.1 Fuerza máxima

Capacidad para producir torque con una contracción muscular máxima (Gallagher *et al.*, 1998). A medida que el músculo rápidamente se acorta y produce fuerza máxima, esta se reducirá en función de la velocidad del músculo; si cada prueba se realiza con un descanso adecuado, entonces la fuerza máxima (o la fuerza promedio de pocos segundos) representa la fuerza muscular de la persona (Chaffin, Gunnar & Bernard, 1999). Es importante aclarar que, cuando se evalúa la "fuerza máxima" de una persona, no se mide su máximo real, sino un valor menor que representa lo que él o ella se siente cómodo expresando en ese momento con el equipo existente y las condiciones ambientales presentes (Gallagher *et al.*, 1998).

3.4.2 Fuerza isométrica

La fuerza isométrica se define como la capacidad para producir torque con una contracción isométrica voluntaria en la que los músculos mantienen una longitud constante, durante su medición no se produce movimiento corporal, es decir, que los ángulos y la postura del cuerpo de la persona examinada permanecen iguales durante toda la prueba; esta fuerza ha sido históricamente la más estudiada y medida, entre otras razones porque probablemente es la más fácil de medir y comprender (Gallagher *et al.*, 1998).

3.4.3 Fuerza isoinercial

Kroemer *et al.* (citado por Gallagher *et al.*, 1998) define la técnica isoinercial de la evaluación de la fuerza como una en la que las propiedades de masa de un objeto se mantienen constantes, como cuando se levanta un peso dado sobre una distancia predeterminada.

3.4.4 Fuerza isocinética

El concepto de medición isocinética de la fuerza fue originalmente relacionado por Hislop & Perrine (citado por Gallagher *et al.*, 1998), con las características de un esfuerzo con velocidad constante en un rango de movimiento predeterminado.

3.4.5 Factores que determinan la capacidad de fuerza muscular

La fuerza es dependiente de la cantidad de impulsos nerviosos que recibe el músculo, así como el tipo y el diámetro transversal de la fibra muscular, además, del estado del tejido conectivo (articulaciones, tendones y ligamentos), la coordinación intramuscular (músculos antagonistas, estabilizadores) y la deficiencia de oxígeno que resulta en reducción de la energía para la regeneración de fosfatos e incrementando la producción de ácido láctico, durante el esfuerzo muscular estático (Chaffin *et al.*, 1999).

3.5 Mediciones de fuerza

La definición de límites de fuerza puede hacerse a través de diferentes maneras, según el tipo de medición como aparece a continuación:

Tabla 3.
Comparación de métodos dinamométricos.

Métodos dinamométricos	Capacidad predictiva		Complejidad para realizar la medición
	Estática	Dinámica	
Isométrico	Buena	Regular	Baja
Isocinético	Buena	Buena	Alta
Psicofísico	Buena	Buena	Alta

Fuente: Elaboración propia basada en Gallagher *et al.* (1998).

3.5.1 Dinamometría Isométrica

Este es el tipo de medición que se llevó a cabo en este estudio. Se define como el sistema de evaluación para obtener datos cuantitativos acerca de la capacidad en contracciones de tipo isométrico (cuando el músculo ejerce una fuerza sobre el objeto, sin contraerse, no existe movimiento articular) (Gallagher *et al.* 1998). En otras palabras, esta medición permite determinar la fuerza en ejercicios en los cuales el músculo no varía en longitud, como empujar un objeto inmóvil de tal manera que ningún movimiento se produzca (Lopategui, 2016). A pesar de que algunos investigadores señalan que la dinamometría isométrica difícilmente evalúa algunas situaciones de la "vida real" porque en la mayoría de las circunstancias reales los trabajadores se están moviendo, es un referente práctico usado mundialmente para definir los límites de fuerza en trabajadores, debido a que es difícil determinar la velocidad de movimiento de una o un grupo de personas que realizan un trabajo, puesto que, cada uno se mueve de manera única y con velocidad a través de los enlaces y articulaciones del cuerpo (Gallagher *et al.*, 1998).

3.5.2 Dinamometría Isocinética

Se define como un sistema de evaluación para obtener datos cuantitativos de la capacidad muscular en contracciones de tipo isotónico (a una carga constante y velocidad de movimiento variable) e isocinético (A una resistencia adaptada y velocidad de movimiento constante) (Gallagher *et al.*, 1998).

3.5.3 Dinamometría Psicofísica

Método de evaluación de fuerza en el que el trabajador ajusta la carga a una distancia que le permite levantar el peso asignado, con el fin de, determinar cargas de trabajo que son "aceptables" para la población de trabajadores (Gallagher *et al.*, 1998).

3.6 Torque

Según Hamill & Knutzen (citado por Guimarães, Pereira, Batista & Scianni, 2014) la tendencia de una fuerza para causar rotación de un eje específico es definida como torque. El cálculo matemático de torque es: $T = F \times R$, donde T es torque, F es la fuerza aplicada en newton, y R es la distancia perpendicular, en metros, entre la línea de acción de la fuerza y el punto pivót. Como el torque es el producto de una fuerza expresa en newton y una distancia expresa en metros, el torque utiliza como unidad de medida: newton-metro (N-m).

3.7 Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI)

El Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) determina la concordancia entre dos o más repeticiones. Para su cálculo se utiliza el modelo de ANOVA de una vía con efectos aleatorios, puesto que este descompone la variación que hay entre el conjunto de mediciones, en la variación entre los diferentes sujetos y la variación residual que a su vez corresponde a la variación entre las mediciones de cada sujeto. El escenario más simple es en el que se estima la variabilidad de las medidas sin tener en cuenta la variación aportada por los diferentes observadores (Ochoa & Molina, 2017), considerando esto se puede calcular el CCI mediante la siguiente ecuación:

$$ICC = \frac{MMS - EMS}{MMS + (K - 1) \cdot (EMS)}$$

Ecuación 1. Coeficiente de Correlación Intraclase, por Bartko (1966).

Bartko (1966) determinó el procedimiento para calcular el CCI como medida de confiabilidad, definido como la relación entre varianzas utilizando un modelo de efectos aleatorios de una vía, es así como en la ecuación anterior “MMS” es la media cuadrática del modelo (debida a la diferencia entre personas); “EMS” es la media cuadrática de los errores por

la variación entre repeticiones y “k” es el número de observaciones por sujeto. Por otra parte, Cicchetti & Sparrow (citado por Skeem & Cauffman, 2003) clasificaron los niveles del CCI de la siguiente manera: $0 < CCI < 0,4$ puede considerarse pobre; $0,40-0,59$ justo, $0,60-0,74$ bueno y $0,75-1,0$ excelente.

4. Estado del arte

Muchos son los estudios que se han realizado a nivel mundial sobre la fuerza isométrica de diversas poblaciones de trabajadores. En la Tabla 4 se presenta un resumen de estudios previos con las características básicas de los mismos. Se destaca que en Colombia solo se lograron identificar dos estudios en la materia, ejecutados por Zea *et al.* (2015) y Díaz (2016). De igual manera, sólo en algunos estudios se menciona la profesión, ocupación o actividad principal de los participantes. Para el caso de la investigación de Das & Wang (2004) los participantes fueron estudiantes universitarios. En el estudio de Chen (2014), se estudió el efecto de la experiencia laboral con respecto a tareas variadas de reposición de estantes, de modo que un grupo tenía experiencia en dicha actividad y otro no, como se señala en la tabla 4. En la investigación de Zea *et al.* (2015), el grupo de estudio estuvo conformado por trabajadoras de aseo y cafetería. Por su parte, Díaz (2016) tomó como muestra de investigación personas que desempeñaban distintas ocupaciones, tales como estudiantes (36), profesionales (15), docentes (26), hogar (29), pensionados (5), secretarios (as) (13) y otras (9).

Tabla 4.

Estudios de medición de fuerza isométrica.

Autores	Tipo de fuerza/ Altura desde el piso/ posición de cabezal	Fuerza máxima promedio (Kgf)	Tiempo de resistencia (Seg)	Número de participantes	Sexo	Rango de edades	Promedio de edades	Equipo utilizado	Promedio del IMC (kg/m²)	Rango del IMC
Thompson, Chaffin, Hughes & Evans (1992)	Levantamiento/ 26 cm	88,3**	3	10	M	21 - 31	26	Dispositivo de fuerza fabricado por Hoggan Health Industries de Salt Lake City	23,8	22,8-27,3
	Levantamiento/ 34 cm	79,6**								
	Levantamiento/ 41 cm	78,8**								
Das & Wang (2004)	Tracción / 45° en eje horizontal*	12,9	3	8	M	22 - 33	25	Transductor de fuerza (Durham Instruments MLP200 Mini Load Cell, Canadá)	24,8	21,9-28,2
	Tracción / 90° en eje horizontal*	11,1								
	Tracción / 135° en eje horizontal*	11,7								
	Tracción / 45° en eje horizontal*	7,6		8	F	20 -39	26			
	Tracción / 90° en eje horizontal*	6,8								
	Tracción / 135° en eje horizontal*	7,4								

Autores	Tipo de fuerza/ Altura desde el piso/ posición de cabezal	Fuerza máxima promedio (Kgf)	Tiempo de resistencia (Seg)	Número de participantes	Sexo	Rango de edades	Promedio de edades	Equipo utilizado	Promedio del IMC (kg/m ²)	Rango del IMC
(Yu, Xu & Lin, 2017),	Tirón/ 76 cm	35,9	5	17	M	19 - 64****	35	Las fuerzas de tracción horizontal y vertical se midieron mediante cuatro células de carga	25,2	No se especifica y no es posible calcular
	Tirón / 90 – 113 cm	31,4								
	Tirón / 164 – 222 cm	18,9								
	Tirón / 76 cm	30,6		14	F		38			
	Tirón / 90 – 113 cm	27,8								
	Tirón / 164 – 222 cm	16,7								
■ Chen (2014) ****	Levantamiento/ 20 cm	23,4	5	23	F°	No se especifica y no es posible calcular	22	Celda de carga; la señal de fuerza (40 Hz) se transfirió luego a un convertidor A-D y una unidad de lectura digital	20	No se especifica y no es posible calcular
	Levantamiento/ 40 cm	22,2								
	Levantamiento/ 60 cm	20,7								
	Levantamiento/ 20 cm	16,6		23	F°°		29			
	Levantamiento/ 40 cm	15,5								
	Levantamiento/ 60 cm	18,3								
■ Zea <i>et al.</i> (2015)	Agarre con guante / 0°	13	2-3	11	F°°°	41 a 58	No se especifica y no es	Dinamómetro	No se especifica y no	No se especifica y no es

Autores	Tipo de fuerza/ Altura desde el piso/ posición de cabezal	Fuerza máxima promedio (Kgf)	Tiempo de resistencia (Seg)	Número de participantes	Sexo	Rango de edades	Promedio de edades	Equipo utilizado	Promedio del IMC (kg/m²)	Rango del IMC
	Brazo y antebrazo						posible calcular	de agarre análogo marca Lafayette	es posible calcular	posible calcular
	Agarre con guante/ Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo	11,8								
	Agarre con guante / 90° Antebrazo y brazo	9,7								
	Agarre sin guante / 0° Brazo y antebrazo	15,3								
	Agarre sin guante / Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo	13,5								
	Agarre sin guante / 90° Antebrazo y brazo	15,9								

Autores	Tipo de fuerza/ Altura desde el piso/ posición de cabezal	Fuerza máxima promedio (Kgf)	Tiempo de resistencia (Seg)	Número de participantes	Sexo	Rango de edades	Promedio de edades	Equipo utilizado	Promedio del IMC (kg/m ²)	Rango del IMC
Díaz (2016)	Agarre mano derecha / Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo*	24,4	3	67	F	18-88***	47***	Dinamómetro Jamar	18 a 39 años: 23,23***	No se especifica y no es posible calcular
		22,8						Dinamómetro Camry		
	Agarre mano izquierda / Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo*	23,0						Dinamómetro Jamar		
		21,5						Dinamómetro Camry		
	Agarre mano derecha / Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo*	40,0	3	66	M			Dinamómetro Jamar	60 años: 26,56***	
		37,2						Dinamómetro Camry		
	Agarre mano izquierda / Antebrazo en ángulo de 90° respecto al brazo*	38,0	Dinamómetro Jamar							
		35,0	Dinamómetro Camry							

*0° en eje vertical

**Valores aproximados por lectura de gráfico.

***No se especifica en el estudio rangos por sexo.

F: Femenino; Masculino

°Sin experiencia en estantería; °°Con experiencia en estantería.

°°°Trabajadoras de aseo y cafetería.

****Se eligieron sólo alturas similares a las utilizadas en esta investigación.

Fuente: Elaboración propia.

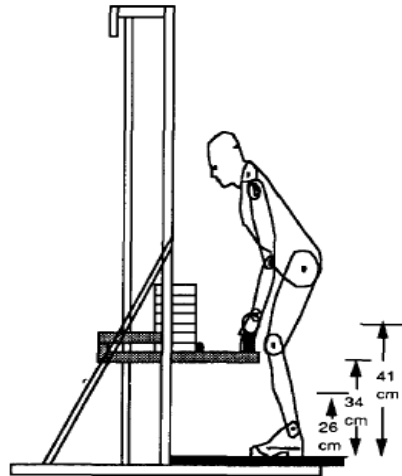


Figura 1. Posturas estudiadas por Thompson, Chaffin, Hughes & Evans (1992).

■ Estudios de fuerzas isométricas con población trabajadora

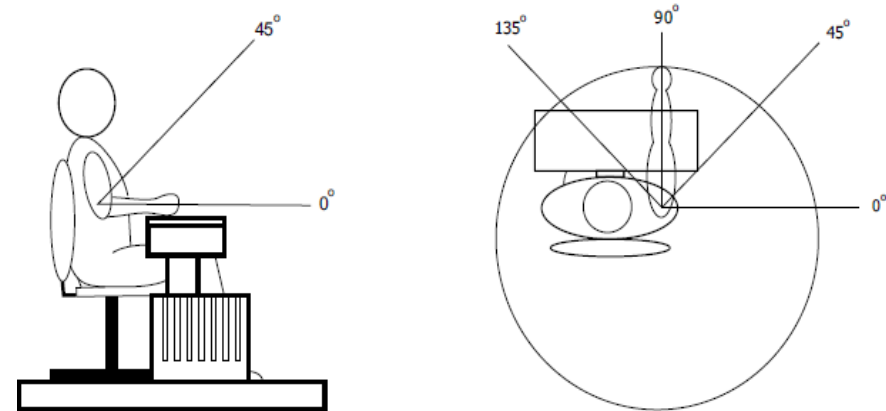
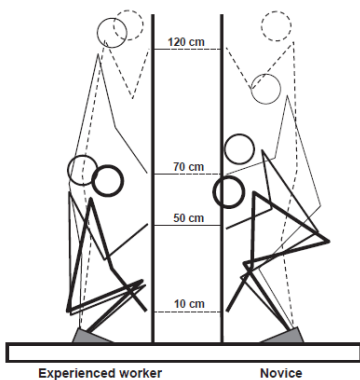


Figura 2. Posturas estudiadas por Das & Wang (2004)



Experienced worker Novice

Figura 4. Posturas estudiadas por Chen (2014)

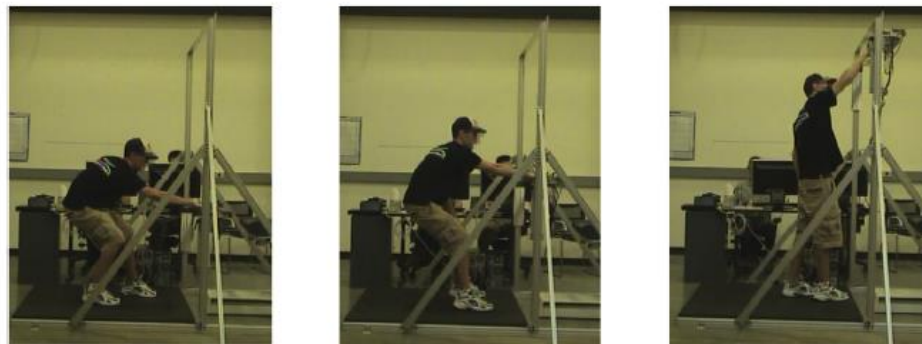


Figura 3. Posturas estudiadas por Yu, Xu & Lin (2017).

Posturas 1



Postura 2



Postura 3



Figura 5. Posturas estudiadas por Zea et al. (2015).

Dinamómetro
Jamar



Dinamómetro
Camry



Figura 6. Posturas estudiadas por Díaz (2016).

Tabla 5.
Estudios de confiabilidad – Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI).

Autores	Tipo de fuerza	Número de participantes	Dinamómetro	CCI
Axelsson & Kärrholm (2016)*	Torque en supinación	28	Baseline	0,94
	Torque en pronación			0,86
	Elevación neutral			0,91
	Elevación en supinación			0,84
	Elevación en pronación		0,73	
	Torque en supinación		0,98	
	Torque en pronación		0,96	
	Elevación neutral		0,98	
	Elevación en supinación		0,95	
	Elevación en pronación		0,92	
Hazard <i>et al.</i> (1993)	Elevación isométrica	21	Cybex Liftask	0,92
	Elevación isocinética			0,96
	Elevación isoinercial		Liftbox	0,88

*Datos del evaluador No. 1.



Kern



Baseline



Liftask



Liftbox

Figura 8. Dinamómetros utilizados por Axelsson & Kärrholm (2016).

Figura 7. Dinamómetros utilizados por Hazard et al. (1993).

En los estudios indagados se percibió que es frecuente utilizar un tiempo de medición de fuerza isométrica de 2 a 5 segundos, en algunos casos porque los participantes expresaron sentirse cómodos con este tiempo, sin embargo, en ningún caso, se tuvo en cuenta si durante las pruebas se limitó el movimiento de uno o más segmentos del cuerpo, aspecto que según las guías para medición de fuerza estática es el que permite reducir el periodo de duración del esfuerzo, dónde el tiempo mínimo recomendado es de 4 segundos (Gallagher *et al.*, 1998); (Chaffin, 1975).

De otra parte, en las investigaciones de medición de fuerza isométrica encontradas, participaron de 10 a 133 participantes, lo que quiere decir que la muestra utilizada en este estudio se encuentra dentro del margen normal. No se encontraron investigaciones en las que se utilizara el dinamómetro empleado en esta investigación, de allí radicó la importancia de generar estudios de este tipo para la validación de protocolos inexistentes. De igual manera, no se encontraron investigaciones en las que se hayan calculado fuerzas de descargue. Por último, se evidenció que la mayoría de los estudios revisados, analizan diferentes posturas para un solo esfuerzo, caso contrario al de esta investigación en el que se analizaron varias posturas y diferentes tipos de esfuerzo.

5. Metodología

Este estudio fue desarrollado bajo un diseño de tipo observacional, en laboratorio, con la aplicación de una prueba piloto a una muestra conveniente de la ciudad de Bogotá D.C. en el año 2019 y, se desarrolló en cinco fases que dieran respuesta a los objetivos específicos planteados. Cada fase es descrita en detalle a continuación.

5.1 Fase 1: Selección de posturas

La postura es una de las principales variables que modifica la fuerza de un individuo. Desde el aspecto biomecánico, el movimiento de dos segmentos corporales adyacentes es ocasionado por la rotación que generan los momentos producidos por los músculos, sobre la articulación que une dichos segmentos; el momento cambia en la medida que la postura sea ajustada, debido a que el ángulo de la articulación y la dirección en la que se realiza la fuerza también es modificado. (Chaffin 1999).

Por tal razón, el primer paso para realizar la medición de fuerza isométrica es definir la postura en términos de: ángulos de las articulaciones involucradas y dirección de la fuerza que se desea medir. Aunque en principio cualquier dirección en cualquier postura puede ser medida, en este trabajo se identificaron posturas que fueran relevantes para operaciones industriales.

Como caso de estudio, se buscó analizar operaciones de la industria alimenticia, específicamente distribución, dónde se identificó que el cargue y descargue de producto era la operación con mayor requerimiento de manipulación manual de carga, en términos de: frecuencia, peso, extensión de la jornada laboral en la que se realizaba manipulación, y factores agravantes como realizar traslados con carga a niveles superiores de una edificación, el detalle de la metodología aplicada se encuentra en el Anexo 1.

Esta operación es crítica en otros sectores de la industria como: transporte de carga, pasajeros y construcción, dónde, para realizar el cargue y descargue de material o equipaje, prevalece la manipulación manual. Por tal razón, las posturas que fueron seleccionadas en esta etapa podían ser aplicadas en trabajadores de cualquiera de los otros sectores de la industria mencionados al inicio de este párrafo.

Se buscó encontrar las posturas representativas a partir de la construcción de un instructivo, descrito en el Anexo 1, que guiara a diferentes observadores para seleccionar en un momento específico el tipo de movimiento observado en el video de la operación. La información grabada, se obtuvo con autorización para uso de datos de la empresa (Anexo 2) y los trabajadores participantes (Anexo 3).

Con el fin de obtener información confiable como resultado de la aplicación del instructivo construido, se realizó la validación del instrumento, mediante la determinación del coeficiente Cohen's Kappa, que indica la concordancia de las observaciones realizadas por el mismo observador en dos momentos diferentes al seleccionar el tipo de movimiento ejecutado por el trabajador.

Una vez comprobada la confiabilidad del instructivo, se determinaron las posturas adoptadas por los trabajadores en los movimientos que fueron seleccionados un mayor número de veces por los observadores.

5.2 Fase 2: Estandarización del protocolo para medición de fuerza isométrica

Para la medición de fuerzas isométricas, se construyó un protocolo que describe en detalle las posturas y dirección de las fuerzas seleccionadas, alineado a los parámetros definidos en la guía de ergonomía para la evaluación de fuerza estática humana, “Ergonomics Guide for the Assessment of Human Static Strength” (Chaffin, 1975) y “Physical Strength Assessment in Ergonomics” (Gallagher *et al.*, 1998) que indican como parámetros a controlar en este tipo de pruebas de fuerza los siguientes:

✓ **Duración del esfuerzo**

El esfuerzo voluntario debe mantenerse de 4 a 6 segundos, para permitir que la persona se estabilice antes de realizar su máximo esfuerzo, el tiempo de duración va a depender del número de articulaciones y grupos musculares involucrados en el esfuerzo; a mayor número de grupos musculares, mayor tiempo de duración del esfuerzo.

El tiempo definido para las posturas seleccionadas fue de 6 segundos, teniendo en cuenta que al no haber empleado algún mecanismo inmovilizador de una o varias partes del cuerpo, durante el esfuerzo, se incrementó el número de articulaciones y grupos musculares involucrados.

✓ **Dispositivo de medición de fuerza**

El dispositivo debe ser capaz de promediar la fuerza o el par producido por la persona durante el estado estacionario para evitar los errores inducidos por el temblor y dinámica del movimiento. Adicionalmente, no debe influir en el esfuerzo de una persona, esto ocurre cuando el equipo se instala en el cuerpo del participante.

El equipo de dinamometría CON-TREX (Figura 9) empleado en las pruebas, es un sistema modular que percibe los movimientos del participante, y provee retroalimentación visual. Puede medir de forma precisa las características de un movimiento individual (evaluación), y ejecutar retroalimentación.



Figura 9. Equipo CON-TREX para la medición de fuerza isométrica, por Physiomed. (2017).

El equipo tiene unas dimensiones de 95 x 50 x 228 cm (An x Al x L), un peso de 200 kg y una precisión de torque de 0,5 % de la escala completa. El dinamómetro puede ajustarse eléctricamente en altura, desde muy cerca al suelo hasta por encima de la cabeza y también se puede girar y rotar permitiendo así simular hasta las posturas más inusuales (Physiomed, 2017). Los accesorios se instalan en el equipo, mas no en el participante de manera en que no influye en el esfuerzo realizado por la persona.

✓ **Periodos de descanso**

De acuerdo con los resultados de estudios realizados (Chaffin, 1975; Gallagher *et al.*, 1998), el tiempo de descanso recomendado se encuentra entre 30 segundos y 2 minutos, siendo este último adecuado cuando se toman aproximadamente 15 medidas en una sesión de prueba.

Se especificó un tiempo de descanso de 2 minutos, teniendo en cuenta el número de medidas realizadas (9 en total), tres por cada postura seleccionada y el tiempo de duración del esfuerzo.

Se definieron tres repeticiones (medidas) por postura para reducir el error en la medición y mantener un tiempo total de duración de la prueba de dos horas.

5.3 Fase 3: Medición de fuerzas

Para la medición de fuerzas, se hizo extensiva una invitación empresarial (Anexo 4), a compañías del sector de la construcción; dónde la manipulación manual de cargas prevalece en el cargue y descargue de material de obra.

Se propuso a las compañías que aceptaron la invitación, un horario considerando la disponibilidad del Centro Javeriano de Formación Deportiva, que debía ser previamente consultada con el administrador del área y en todos los casos las empresas participantes, seleccionaron el horario que consideraron favorable para mantener la operación diaria.

Se contó con la participación de 20 personas, de las cuales 15 cumplían los criterios de selección definidos para el estudio: ser residentes de la ciudad de Bogotá, laboralmente activos, en áreas operativas del sector de la construcción, sin lesiones musculares en el momento de la prueba, ni diagnósticos concluidos o en proceso de estudio por posibles desórdenes músculo esqueléticos; para lo cual, el día de la prueba, se solicitó presentar el certificado de aptitud médica osteomuscular con una vigencia inferior a un año y se aplicó un cuestionario de percepción de salud (Anexo 5) que incluía síntomas músculo esqueléticos.

La encuesta se construyó a partir de los siguientes cuestionarios cortos previamente validados:

- ✓ Cuestionario corto de salud SF-12
- ✓ Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ)
- ✓ Test Audit sobre la dependencia de alcohol
- ✓ Test Fagestrom Dependencia Tabaco
- ✓ Cuestionario Nórdico de detección y análisis de síntomas musculo esquelético

5.3.1 Consideraciones éticas

Las guías para medición de fuerza isométrica y las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, indican que el participante debe:

- ✓ Ser instruido en cuanto a la intención de las pruebas.
- ✓ Ser informado de cualquier riesgo inherente al procedimiento de prueba.
- ✓ No debe ser obligado a realizar las pruebas, es decir, se debe permitir que las personas examinadas suspendan su participación en cualquier momento y
- ✓ Ser informado de cómo se utilizarán los datos.

Esta información fue suministrada a través del consentimiento informado (Anexo 6), el cual fue divulgado y firmado por el participante que no reportó síntomas músculo esqueléticos antes de iniciar la prueba.

5.3.2 Instrucciones a los participantes

Para minimizar las variaciones debidas a los efectos motivacionales, las guías recomiendan el siguiente procedimiento:

- ✓ Las instrucciones para el participante durante la prueba deben ser objetivas, por lo que no incluyen apelaciones emocionales.
- ✓ Se debe indicar al participante que aumente el esfuerzo a un máximo en el periodo de uno a

cuatro segundos y que lo mantenga allí mientras se realiza la medición.

- ✓ El participante debe ser informado de su desempeño general en términos positivos, pero no debe recibir valores específicos para comparar con las normas u otros participantes.
- ✓ En general, deben minimizarse los incentivos monetarios específicos, el miedo, el ruido, los espectadores o cualquier otro factor que pueda influir emocionalmente en la concentración y la cooperación del participante durante el período de prueba. Para el desarrollo de este estudio no se emplearon incentivos monetarios, se realizó una invitación a nivel empresarial de modo que el empresario facilitara la participación de algunos de sus trabajadores durante la jornada laboral habitual.

Los efectos motivacionales fueron verificados durante una prueba previa observada por el director de investigación.

El protocolo solo pudo aplicarse hasta obtener la aprobación del director de investigación, quien viabilizó su aplicación al verificar que se cumplía con todos los parámetros establecidos en los párrafos anteriores.

Agotados los anteriores pasos, se continuó con la medición de fuerza siguiendo el protocolo definido. Los datos obtenidos fueron tabulados en la hoja del Anexo 7. Las principales variables observadas durante la prueba están definidas en la Tabla 6.

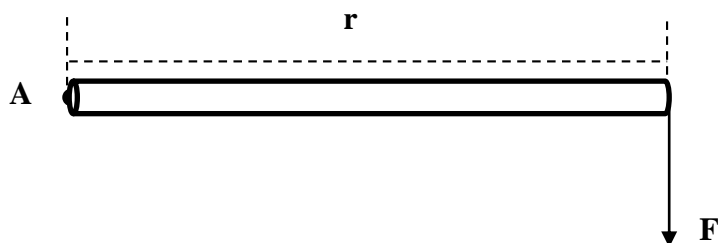
Tabla 6.
Definición operativa de variables.

Variable	Definición	Naturaleza	Enfoque	Nivel de medición	Dependiente / Independiente
Años	Cumplidos en el momento de la prueba	Discreta - numérica	Cuantitativa	Razón	Independiente

Variable	Definición	Naturaleza	Enfoque	Nivel de medición	Dependiente / Independiente
Sexo	Identificar las características antropométricas del individuo que realiza la prueba. Femenino o masculino	Discreta - no numérica	Cualitativa	Nominal	Independiente
Estatura	Identificar las características antropométricas del individuo que realiza la prueba. Se estima en centímetros	Discreta – numérica	Cuantitativa	Razón	Independiente
Peso	Identificar las características antropométricas del individuo que realiza la prueba. Se estima en kilogramos.	Discreta – numérica	Cuantitativa	Razón	Independiente
Estado civil	Características sociodemográficas del individuo que realiza la prueba. Soltero, unión libre, casado, separado, viudo.	Discreta – no numérica	Cualitativa	Nominal	Independiente
Fuerza máxima isométrica	Aplicada en la postura seleccionada	Continúa – Numérica	Cuantitativa	Razón	Dependiente
Torque máximo y mínimo	Aplicado durante la prueba en la postura seleccionada	Continúa – Numérica	Cuantitativa	Razón	Dependiente
Tiempo de aplicación de torque máximo y mínimo	Durante el que mantuvo la fuerza máxima	Continúa – Numérica	Cuantitativa	Razón	Dependiente

Fuente: Elaboración propia, basada en el libro de Investigación Clínica del Departamento de Epidemiología Clínica, Pontificia Universidad Javeriana.

Por otra parte, el equipo de dinamometría generó valores de Par máximo, de modo que fue necesario hacer una conversión para obtener los datos de fuerza en Kgf mediante la ecuación 2.



$$Par_{m\acute{a}x} = F \times r$$

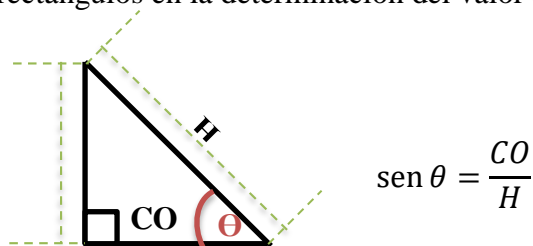
Ecuación 2. Ecuación para cálculo de Par.

Dónde:

F = Fuerza en Newton (N), se realizó la conversión a Kilogramos fuerza.

r = Distancia en metros, perpendicular a la fuerza aplicada, que cruza por el punto pivote dónde se evalúa el par (m).

La ecuación anterior se utilizó directamente en las posturas 1 y 3, en cambio, durante la simulación de halar carga entre cintura y hombros, la fuerza aplicada no era perpendicular al brazo del dinamómetro; por lo tanto, se aplicó la ley de seno (ecuación 3) para triángulos rectángulos en la determinación del valor de r.



Ecuación 3. Ley de Seno para triángulos rectángulos.

Donde:

CO = Cateto opuesto

H = Hipotenusa

Para determinar el valor de Θ se tomó una imagen en el plano sagital de cada repetición y se trasladó a un diagrama bidimensional como el mostrado en la Figura 10.

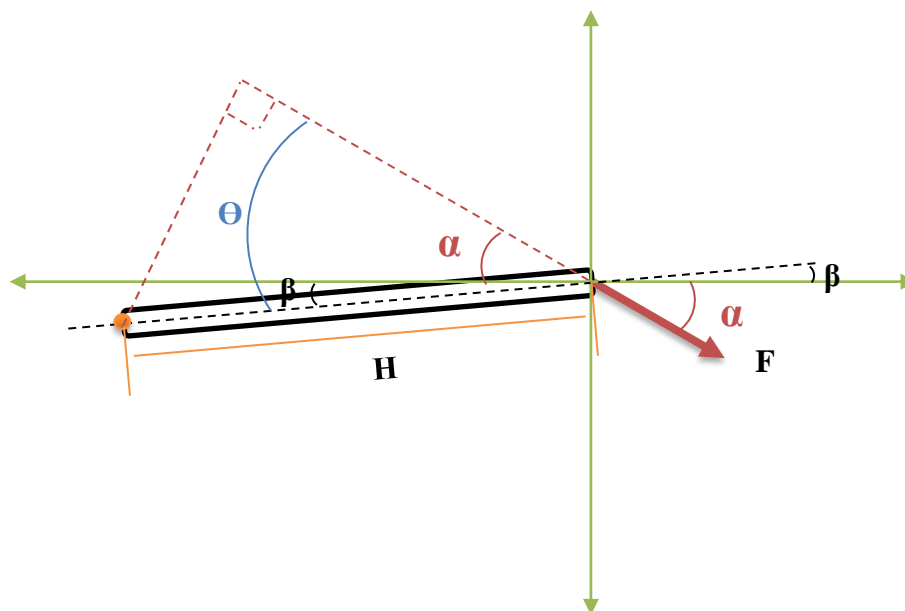


Figura 10. Plano sagital para cálculo de “r”, cuando la fuerza se ejerce por debajo del nivel del brazo del dinamómetro, elaboración propia.

Al aplicar la ley de seno:

$$\text{sen } \theta = \frac{CO}{H} = \frac{r}{\text{Longitud del brazo del dinamómetro registrada en la hoja de datos}}$$

Despejando r:

$$r = \text{Longitud del brazo del dinamómetro} \times \text{sen } \theta$$

Dónde:

$$\theta = \alpha + \beta$$

Los ángulos α y β se tomaron de la imagen capturada con ayuda de un transportador.

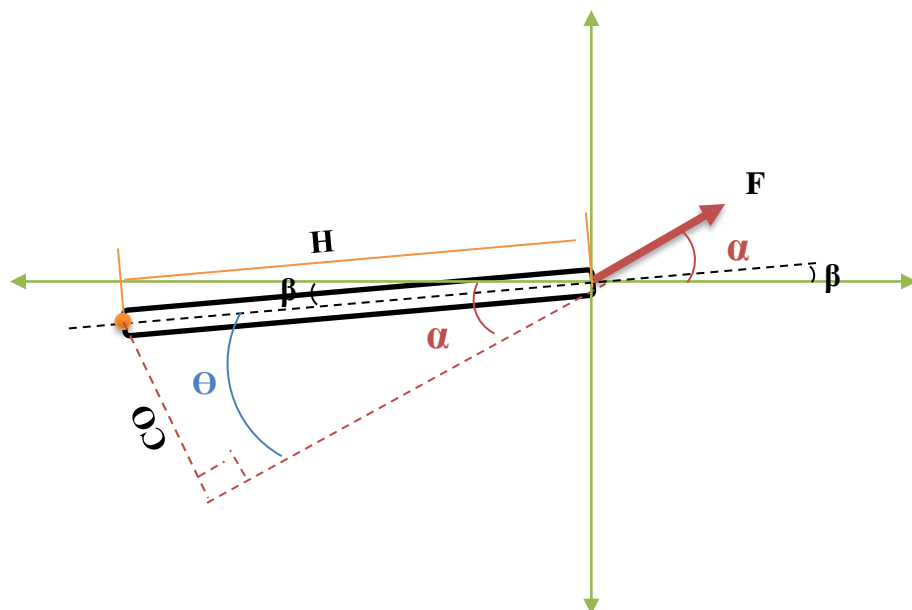


Figura 11. Plano sagital para cálculo de “r”, cuando la fuerza se ejerce por encima del nivel del brazo del dinamómetro, elaboración propia.

El cálculo del ángulo θ cambió cuando la fuerza fue aplicada en una dirección por encima del nivel del brazo del dinamómetro figura 9.

$$\theta = \alpha + \beta$$

5.4 Fase 4: Estimación de confiabilidad del protocolo

La confiabilidad del protocolo se estimó para cada postura, a partir del cálculo del coeficiente de correlación intraclase, mediante la ecuación 1 e interpretación del numeral 3.7. El coeficiente de confiabilidad, permite determinar si los valores de fuerza obtenidos a partir de la aplicación del protocolo construido, son reproducibles en el mismo sujeto en diferentes momentos. Es decir que, al aplicar el instrumento a un mismo participante en momentos diferentes, los valores de fuerza obtenidos, no varían significativamente. El coeficiente de correlación intraclase permite determinar el grado de concordancia entre las tres repeticiones de esfuerzo por postura realizadas, teniendo en cuenta la variabilidad que puede generarse por las diferencias en las

características físicas de los participantes: edad, peso corporal, estatura, nivel de entrenamiento muscular, hábitos de estilos de vida saludable y en la medición de fuerza propiamente dicha. Un coeficiente de correlación intraclase mayor a 0,6 evidencia un buen grado de concordancia.

5.5 Fase 5: Ajuste del protocolo

Se realizó a partir de una prueba de comprensión de texto del protocolo definido; para lo cual se contó con la participación de dos profesionales, con y sin conocimientos previos en Seguridad y Salud en el Trabajo (Tabla 7); quienes aplicaron el protocolo en un ejercicio práctico dónde la investigadora principal hizo las veces de participante. Durante el procedimiento se tomó nota de las partes que no se entendían claramente.



Figura 12. Elaboración propia. Prueba de comprensión de texto de protocolos.

Tabla 7.

Profesionales convocados para validación de comprensión de texto.

Profesión	Postgrado	Conocimiento Previo en SST
Ing. Mecánico	Especialista en Seguridad y Salud en el trabajo	Con conocimiento
Ing. De Alimentos	Máster en mercadeo agroindustrial	Sin conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

6. Resultados

6.1 Fase 1: Selección de posturas

En la tabla 8 se exponen los resultados del Coeficiente Cohen's Kappa, que indican la concordancia de los observadores al identificar la misma postura adoptada por el trabajador, en un momento determinado visualizándola en dos sesiones diferentes mediante un video; de esta manera, se determinó la confiabilidad del instructivo utilizado, que en el peor de los casos fue moderada (en el Anexo 8 se pueden visualizar los resultados detalladamente).

Tabla 8.
Coeficiente de concordancia Cohen's Kappa.

Observador	Coeficiente Cohen's Kappa	Interpretación de la concordancia
1	0,86	Casi perfecta
2	0,67	Considerable
3	0,51	Moderada
4	0,64	Considerable
5	1,00	Casi perfecta

Fuente: Elaboración propia.

El instructivo permitió definir un total de 28 posibles posturas a seleccionar (Tabla 9).

Tabla 9.
Definición de posturas a seleccionar.

No.	Postura
1	No hay movimiento con manipulación de carga
2	Halar desde un nivel por encima del hombro
3	Halar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
4	Halar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
5	Halar desde un nivel entre cintura y hombro
6	Halar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
7	Halar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
8	Halar desde un nivel por debajo de la cintura

No.	Postura
9	Halar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
10	Halar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura
11	Levantar desde un nivel por encima del hombro
12	Levantar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
13	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
14	Levantar desde un nivel entre cintura y hombro
15	Levantar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
16	Levantar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
17	Levantar desde un nivel por debajo de la cintura
18	Levantar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
19	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura
20	Descargar desde un nivel por encima del hombro
21	Descargar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
22	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
23	Descargar desde un nivel entre cintura y hombro
24	Descargar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
25	Descargar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
26	Descargar desde un nivel por debajo de la cintura
27	Descargar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
28	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las posturas más frecuentes, se identificó la frecuencia de ocurrencia de los movimientos que anteceden la adopción de la postura teniendo en cuenta las observaciones realizadas para validar el instructivo empleado. Se realizó un recuento del número de veces que cada movimiento se ejecutó (Tabla 10).

Tabla 10.
Frecuencia de movimientos identificados en la aplicación del instructivo.

No.	Movimientos Identificados	Frecuencia
1	No hay movimiento con manipulación de carga	117
2	Halar desde un nivel por encima del hombro	0

No.	Movimientos Identificados	Frecuencia
3	Halar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
4	Halar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro	0
5	Halar desde un nivel entre cintura y hombro	2
6	Halar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	1
7	Halar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	1
8	Halar desde un nivel por debajo de la cintura	1
9	Halar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	2
10	Halar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0
11	Levantar desde un nivel por encima del hombro	2
12	Levantar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
13	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro	0
14	Levantar desde un nivel entre cintura y hombro	19
15	Levantar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	3
16	Levantar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	13
17	Levantar desde un nivel por debajo de la cintura	35
18	Levantar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	1
19	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0
20	Descargar desde un nivel por encima del hombro	5
21	Descargar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
22	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro	3
23	Descargar desde un nivel entre cintura y hombro	6
24	Descargar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	0
25	Descargar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	6
26	Descargar desde un nivel por debajo de la cintura	4
27	Descargar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	1
28	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0

Fuente: Elaboración propia.

Organizando los datos obtenidos de mayor a menor frecuencia se obtienen las posturas más frecuentes definidas en la Tabla 11, dónde se listan todas las posibles posturas a seleccionar. De

la tabla se descartaron: los espacios del video dónde no hay manipulación de carga y posturas que involucran giros por el riesgo a la salud que puede representar al participante.

Tabla 11.
Posturas frecuentes.

No.	Movimientos identificados	Frecuencia
1	No hay movimiento con manipulación de carga	117**
17	Levantar desde un nivel por debajo de la cintura	35*
14	Levantar desde un nivel entre cintura y hombro	19
16	Levantar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	13**
23	Descargar desde un nivel entre cintura y hombro	6
25	Descargar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	6**
20	Descargar desde un nivel por encima del hombro	5*
26	Descargar desde un nivel por debajo de la cintura	4
15	Levantar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	3**
22	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por encima de hombro	3**
5	Halar desde un nivel entre cintura y hombro	2*
9	Halar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	2
11	Levantar desde un nivel por encima del hombro	2
6	Halar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	1
7	Halar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro	1
8	Halar desde un nivel por debajo de la cintura	1
18	Levantar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	1
27	Descargar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura	1
2	Halar desde un nivel por encima del hombro	0
3	Halar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
4	Halar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro	0
10	Halar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0
12	Levantar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
13	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro	0
19	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0
21	Descargar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro	0
24	Descargar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro	0

No.	Movimientos identificados	Frecuencia
28	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura	0

Nota. *Posturas seleccionadas, **Descartadas por riesgo.

La postura más frecuente fue *levantar carga desde un nivel por debajo de la cintura*.

6.2 Fase 2: Estandarización de protocolos para posturas seleccionadas

El número de posturas se vio restringido por la duración de la prueba; periodos superiores a 2 horas, generaban una reducción importante en la participación, ya que se interrumpía de forma considerable la operación diaria.

El tiempo empleado en las actividades previas al inicio de la medición y listadas a continuación fue de 50 min aproximadamente:

- ✓ Encendido del equipo e instalación de accesorios.
- ✓ Registro de información del participante.
- ✓ Diligenciamiento de la encuesta.
- ✓ Divulgación y firma del consentimiento informado.

La prueba propiamente dicha, incluido el calentamiento, fijación de postura y realización de esfuerzo fue de 20 min aproximadamente por postura; para un total de 70 minutos; disponiendo entonces de 50 min, para realizar dos posturas más y un estiramiento.

La selección de estas posturas se realizó tomando en consideración las que fueron identificadas con más frecuencia por los observadores, en los otros dos tipos de movimientos observados; halar, descargar; y que además fuesen realizados desde diferentes alturas del cuerpo; el *descargue* desde un *nivel por encima del hombro* y *halar* desde un *nivel entre cintura y hombro*.

6.2.1 Especificación de posturas y mecanismos de control

Con base en los resultados de la fase anterior, se definieron las posturas de estudio, las cuales se especifican a continuación con su respectivo mecanismo de ajuste en los casos que lo requirieron.

Se verificó que los ángulos de las articulaciones para aplicación de la fuerza, estuvieran dentro de los criterios de seguridad establecidos para las articulares involucradas, los cuales, se muestran a continuación.

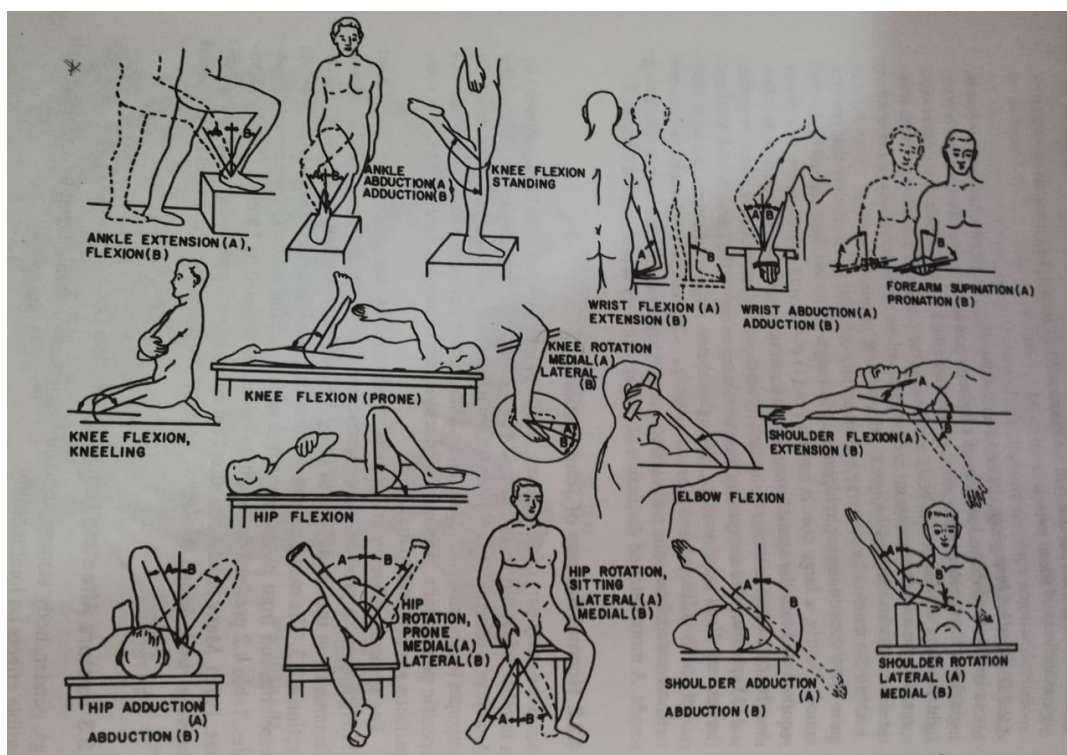


Figura 13. Posturas utilizadas para medir los valores de referencia para hombres jóvenes y sanos que se muestran en la Tabla 12, por (Chaffin *et al.*, 1999)

Tabla 12.

Rango de valores de movilidad conjunta correspondientes a las posturas de la Figura 13.

Movimiento	Media	SD	5 % ile	95% ile
Flexión de hombro	188	12	168	208
Extensión del hombro	61	14	38	84
Abducción del hombro	134	17	106	162

Movimiento	Media	SD	5 % ile	95% ile
Aducción de hombro	48	9	33	63
Rotación medial del hombro	97	22	61	133
Rotación lateral del hombro	34	13	13	55
Flexión del codo	142	10	126	159
Supinación del antebrazo	113	22	77	149
Pronación del antebrazo	77	24	37	117
Flexión de la muñeca	90	12	70	110
Extensión de la muñeca	99	13	78	120
Abducción de la muñeca	27	9	12	42
Aducción de la muñeca	47	7	35	59
Flexión de cadera	113	13	92	134
Abducción de cadera	53	12	33	73
Aducción de cadera	31	12	11	51
Rotación medial de la cadera (prono)	39	10	23	56
Rotación lateral de la cadera (prono)	34	10	18	51
Rotación medial de la cadera (sentado)	31	9	16	46
Rotación lateral de la cadera (sentado)	30	9	15	45
Flexión de rodilla, voluntaria (prona)	125	10	109	142
Flexión de rodilla, ayuda con el brazo.	144	9	129	159
Flexión de rodilla, voluntaria (de pie).	113	13	92	134
Flexión de rodilla, forzada (arrodillada).	159	9	144	174
Rotación medial de la rodilla (sentado)	35	12	15	55
Rotación lateral de rodilla (sentado)	43	12	23	63
Flexión de tobillo	35	7	23	47
Extensión de tobillo	38	12	18	58
Inversión del pie	24	9	9	39
Eversión del pie	23	7	11	35

Fuente: Barter, Emanuel y Truett (citado por Chaffin *et al.*, 1999).

6.2.1.1 Postura 1

La simulación de levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura (Figura 14) se realizó con un ángulo de flexión de rodilla de 120° sin que esta sobrepasara la punta del pie, espalda erguida y flexionada a 90°, brazos completamente extendidos, manteniendo el accesorio de movimiento libre en posición vertical. Posición de las manos en pronación equidistante al centro del accesorio de movimiento libre, apertura de pies a nivel de los hombros, paralelos al plano sagital.

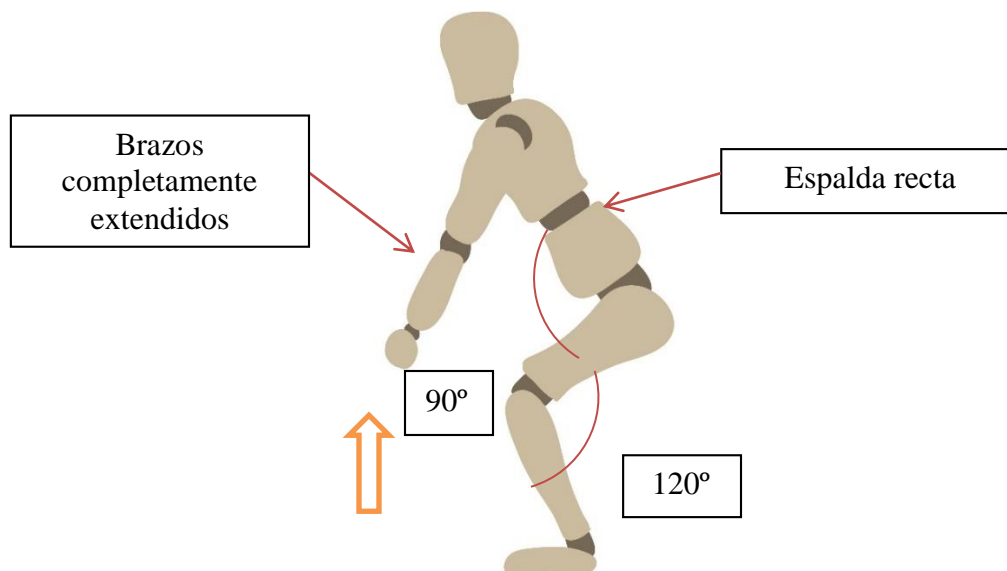


Figura 14. Levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura.

Para controlar la postura se requirió de un mecanismo de palancas en acrílico con correderas en sus extremos y con tornillo, arandela y tuerca mariposa como mecanismo de sujeción (Figura 15), el cual se ajustó previamente con los ángulos de flexión en rodilla y espalda deseados.



a)



b)

Figura 15. a) Barra en acrílico ranurada para ajuste de ángulo. b) Sistema de (sujeción tornillo-arandela-tuerca mariposa).

La longitud de las palancas recomendada es la siguiente:

- ✓ Pierna y muslo: 60 cm con correderas de 10 cm
- ✓ Espalda: 70 cm con correderas entre extremos de 15 cm

Las tuercas se ubicaron en cada articulación, previamente se tomó la medida entre articulaciones (tobillo-rodilla, rodilla - articulación cadera; cabeza de fémur, articulación del hombro) para ajustarlas en el mecanismo de palancas y posteriormente ubicarla lateralmente al participante (Figura 16). Se empleó el goniómetro para el ajuste de los ángulos.

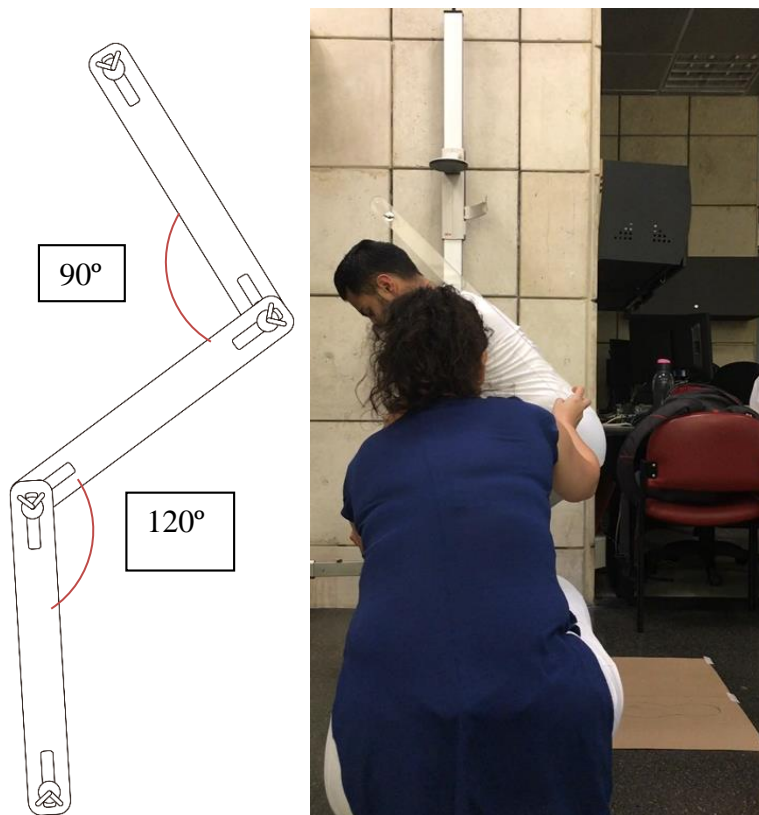


Figura 16. Mecanismo de palancas.

6.2.1.2 Postura 2

La simulación de halar carga desde un nivel entre cintura y hombros (Figura 17), se realizó ubicando el pie dominante a 28 cm del borde del papel kraft, con la rodilla levemente flexionada formando una línea recta entre tobillo y rodilla; la pierna no dominante se ubicó completamente extendida hacia atrás a 30° del muslo en el plano sagital de la pierna dominante. Extensión de hombro de 55°, espalda recta, brazo completamente extendido y posición del accesorio de

movimiento libre completamente horizontal. Posición de las manos en pronación equidistante al centro del accesorio de movimiento libre, apertura de pies a mitad de la distancia entre hombros.

La postura se definió, teniendo en cuenta adicionalmente, que en actividades de cargue y descargue manual desde un nivel entre cintura y hombros, el movimiento de los pies está restringido por el material apilado a esa altura.

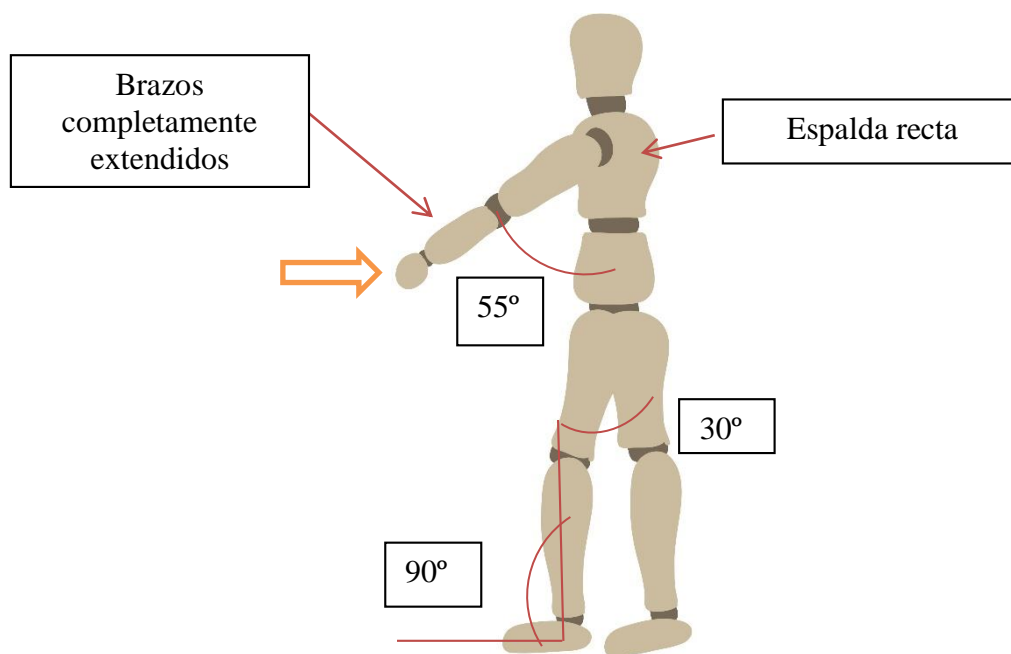


Figura 17. Halar carga desde un nivel entre cintura y hombros.

Para controlar la postura, se empleó el mismo mecanismo de palancas en acrílico utilizado en la postura de levantamiento de carga (Figura 16). Nuevamente las tuercas se ubican en cada articulación, de acuerdo con las medidas tomadas previamente (tobillo-rodilla, rodilla - articulación cadera), en esta ocasión la palanca más extensa se ubica en dirección al tobillo de la pierna extendida completamente hacia atrás. El ajuste de los ángulos en el mecanismo de palancas se realizó con un goniómetro.

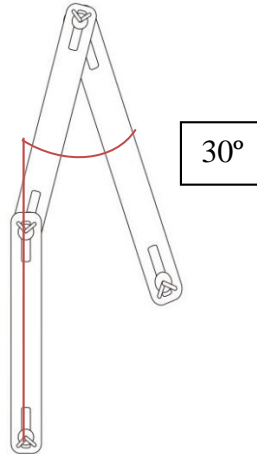


Figura 18. Mecanismo de palancas para postura de halar carga.

6.2.1.3 Postura 3

La simulación de descargue desde un nivel por encima del hombro (Figura 19), se realizó con los pies ubicados al mismo nivel, sin flexionar las rodillas, y flexionando el codo hasta lograr un ángulo de 90° , para lograr esta postura, se debe mantener la espalda recta, la posición del accesorio de movimiento libre completamente vertical hacia arriba. Posición de las manos en pronación equidistante al centro del accesorio de movimiento libre, apertura de pies a nivel de los hombros, paralelos al plano sagital. Para controlar la postura no se requirieron mecanismos externos.

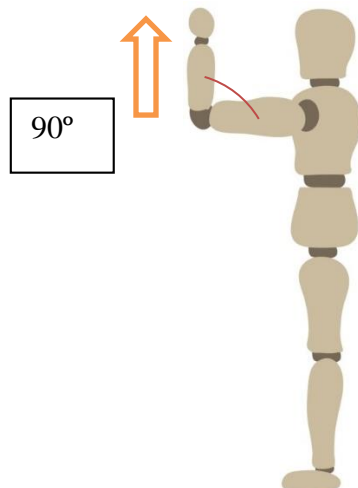


Figura 19. Descargue desde un nivel por encima del hombro.

6.3 Fase 3: Estimación de fuerzas

6.3.1 Consideraciones éticas

El presente estudio está enmarcado bajo los lineamientos de la resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud (Ministerio de Salud, 1993). Por lo tanto, el proyecto se realizó con la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Enfermería de la Pontificia Universidad Javeriana, donde prevalecen los criterios de respeto a la dignidad, protección de los derechos y privacidad de los participantes del estudio, quienes firmaron el consentimiento informado, previo a su participación (Anexo 6).

En el título II de esta resolución, se presentan las categorías de riesgo de las investigaciones con seres humanos, de acuerdo con esta resolución, artículo 11 inciso c, este estudio se clasifica con riesgo mayor que el mínimo, por la probabilidad de que el participante pueda sufrir algún daño como consecuencia de la realización de fuerza máxima durante la aplicación del protocolo de medición a validar.

Previo inicio de la prueba, se explicó el tipo de estudio el cual es Observacional en laboratorio con aplicación de una prueba piloto, la justificación y los objetivos de este.

6.3.2 Instrucciones para los sujetos

Las instrucciones que se definieron para proporcionar al participante al inicio de la medición incluyeron el tipo de esfuerzo a simular y la dirección en que debía ejercerse la fuerza, para cada postura y la siguiente información:

- ✓ El esfuerzo se realizará por seis segundos.
- ✓ Se realizarán tres repeticiones y
- ✓ Tendrá dos minutos de descanso entre repetición.
- ✓ El equipo no va a moverse; deberá mantener la postura ajustada durante la medición.
- ✓ La fuerza se realiza de forma progresiva (no inicia con su máximo esfuerzo) va incrementando su fuerza hasta alcanzar el máximo, en los 6 segundos dispuestos para la medición.
- ✓ Debe evitar realizar enviones, lanzar el cuerpo hacia atrás durante la medición.
- ✓ La planta de los pies no debe levantarse del piso.
- ✓ Los brazos se mantienen siempre cerca del cuerpo.
- ✓ El esfuerzo debe realizarse mayormente con los brazos.

Si durante la prueba presenta alguna molestia debe informarlo para suspender la prueba.

6.3.3 Caracterización de la muestra

De los participantes que se sometieron a la medición de fuerza isométrica, cinco tenían una edad que oscila entre 21 y 25 años; tres personas eran menores a este rango, cuyo número fue el mismo para el caso de los individuos entre 25 y 30 años y, los restantes eran mayores a este

último intervalo. Es de anotar que esta característica tiene un efecto sobre la fuerza isométrica muscular, vinculada por los aspectos físicos como la altura corporal (Gamardo, 2015).

Si bien es cierto que la fuerza es la manifestación más clara de la funcionalidad del tejido muscular y por ello es independiente a la masa corporal (Suárez & Sánchez, 2018), algunos estudios revelan que sus componentes, si tienen influencia en la potencia y fuerza isométrica (Zamora, 2012). Por tal razón, se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC), por ser una medida universal fácil de obtener dividiendo el peso (kg) sobre la estatura al cuadrado. Dicho esto, la mayoría de los participantes tenían un IMC entre 20 y 25, reflejando un estado nutricional normal.

Dos personas poseían un IMC menor a este intervalo, sin embargo, en este grupo sólo una persona tenía el menor IMC el cual es de 19,2, por ello no se puede aseverar que estos se encuentran en bajo peso, pues este calificativo es para personas con un IMC menor a 18,5. Por otro lado, dos personas estaban en sobrepeso por poseer un IMC entre 25 y 30; además, se detectó que una persona padecía de obesidad con un IMC mayor a 30, de acuerdo a la clasificación de la OMS (citado por Labraña, Durán, Martínez, Leiva, Garrido, Díaz, Salas & Celis, 2017).

Para tener una percepción acerca del estado de los participantes antes de iniciar las pruebas, se les preguntó en términos generales por su salud, a lo que la mayoría (7) respondió que estaba buena, de modo que ninguno estuvo en indisposición para hacer los ensayos en vista de que nadie calificó su salud como regular o mala.

Es de anotar, que las personas que desarrollaron las diferentes pruebas trabajan en el sector de construcción, la mayoría (60%) son andamieros, encargados del montaje y desarme de grandes estructuras de andamios. También participó un grupo de individuos que trabajan como ayudantes

de obra (26,6 %), realizando actividades para instalaciones eléctricas y de soldadura; cabe resaltar que un individuo es conductor de carga pesada (6,7%) y otro (6,7 %) es el encargado de la logística del almacenamiento de materiales de obra.

Acerca del consumo de cigarrillo, la mayoría de las personas fuman, cuatro lo hacen diariamente y cinco esporádicamente o algunos días, los restantes no tienen dicho hábito. Con respecto a esta variable, algunos estudios demuestran que no tiene efecto en la disminución de la fuerza máxima en la extensión de la rodilla y que es probable que la disminución en la fuerza se explica por un nivel reducido de actividad física en los fumadores u otros determinantes (Morse, Wust, Jones, Haan & Degens, 2007). Adicionalmente, todos los sujetos manifestaron consumir alcohol por lo menos una vez al mes, ocho personas dijeron que consumen una o dos veces al mes y los restantes entre 2 a 4 ocasiones al mes. El consumo de alcohol sólo en grandes cantidades puede llegar a afectar el nivel de fuerza y la resistencia (Panzak, Tarter, Murali, Switala, Switala, Lu, & Maher, 1998), de hecho, si esta sustancia se consume diariamente aumenta significativamente la fuerza como la de empuñadura (Kawamoto, Ninomiya, Senzaki & Kumagi, 2018).

Por último, se cuestionaron a los participantes mediante preguntas dicotómicas que permitieron identificar algunos hábitos, como el de caminar o usar bicicleta por más de 10 minutos, a lo que 14 personas afirmaron hacer esta actividad para desplazarse a su lugar de trabajo, de igual manera, 11 individuos tienen el hábito de hacer deporte en su tiempo libre, dos personas habían presentado molestias leves en el último año, pero no para el momento de la prueba ni en los últimos 6 meses, uno en el antebrazo y otro en la muñeca; debido al sector en el que trabajan los diferentes individuos, la mayoría (10) manifestó desarrollar actividades físicas

intensas en horas laborales, este último aspecto puede ser determinante en el deterioro muscular debido a la fuerza utilizada en las diferentes labores (Kilbom, 1988) (Tabla 13).

Tabla 13.
Características de la muestra

Sujeto	Edad	IMC	Cargo	Estado de salud	Actividad física intensa en el trabajo	Camina o usa bicicleta al menos 10 minutos consecutivos	Practica deporte en su tiempo libre	Consumo alcohol (veces por mes)	Fuma	Ha tenido molestias en los últimos 12 meses
1	51	25	Andamiero	Excelente	Si	No	Si	1 a 2	No	Si
2	21	22	Andamiero	Muy buena	Si	Si	Si	2 a 4	Diariamente	No
3	22	21	Andamiero	Muy buena	Si	Si	Si	2 a 4	Diariamente	No
4	22	22	Andamiero	Muy buena	Si	Si	Si	2 a 4	Diariamente	No
5	30	25	Andamiero	Excelente	Si	Si	Si	1 a 2	Algunos días	No
6	44	26	Conductor	Buena	Si	Si	Si	1 a 2	No	No
7	27	38	Andamiero	Buena	No	Si	No	1 a 2	No	No
8	18	23	Andamiero	Buena	No	Si	Si	1 a 2	Algunos días	No
9	21	20	Andamiero	Buena	No	Si	Si	2 a 4	Algunos días	No
10	20	24	Andamiero	Buena	No	Si	No	2 a 4	Algunos días	No
11	22	19	Ayudante de obra	Excelente	Si	Si	Si	1 a 2	Diariamente	No
12	30	23	Ayudante de obra	Muy buena	Si	Si	Si	1 a 2	No	No
13	34	29	Ayudante de obra	Buena	Si	Si	No	2 a 4	Algunos días	Si
14	20	23	Ayudante de obra	Buena	Si	Si	No	1 a 2	No	No
15	47	23	Bodeguero	Muy buena	No	Si	Si	1 a 2	No	No
Promedio	28,6	24	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

6.3.4 Resultados de las pruebas

Los resultados del par máximo y fuerza promedio se presentan en el anexo 9. En la postura 1 de carga desde un nivel por debajo de la cintura, los participantes obtuvieron una fuerza que osciló entre los 29,6 kgf y 69,7 kgf, con un promedio de $48,9 \text{ kgf} \pm 13,3$ (Tabla 14).

Tabla 14.

Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 1 (levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura).

Participante	Fuerza (kgf) - Postura 1
	$\bar{X} \pm \sigma$
1	$54,0 \pm 3,8$
2	$52,3 \pm 3,5$
3	$29,6 \pm 3,3$
4	$50,9 \pm 6,1$
5	$35,1 \pm 3,4$
6	$42,6 \pm 2,6$
7	$69,7 \pm 4,2$
8	$46,1 \pm 2,0$
9	$36,6 \pm 3,1$
10	$39,9 \pm 0,7$
11	$54,1 \pm 5,7$
12	$67,6 \pm 5,9$
13	$58,1 \pm 2,1$
14	$67,0 \pm 1,8$
15	$29,6 \pm 2,9$
Promedio	$48,9 \pm 13,3$

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 20 muestra la dispersión de las fuerzas en la postura 1; al observar los datos obtenidos del sujeto 4 se evidencia una diferencia notable entre las repeticiones, con una desviación estándar de 6,1 (Tabla 14), la más alta entre los participantes; esto se presentó porque levantó los pies del piso alcanzando un dato máximo de 57,9 kgf alejado de las demás repeticiones que fueron de 47,5 y 47,4 kgf.

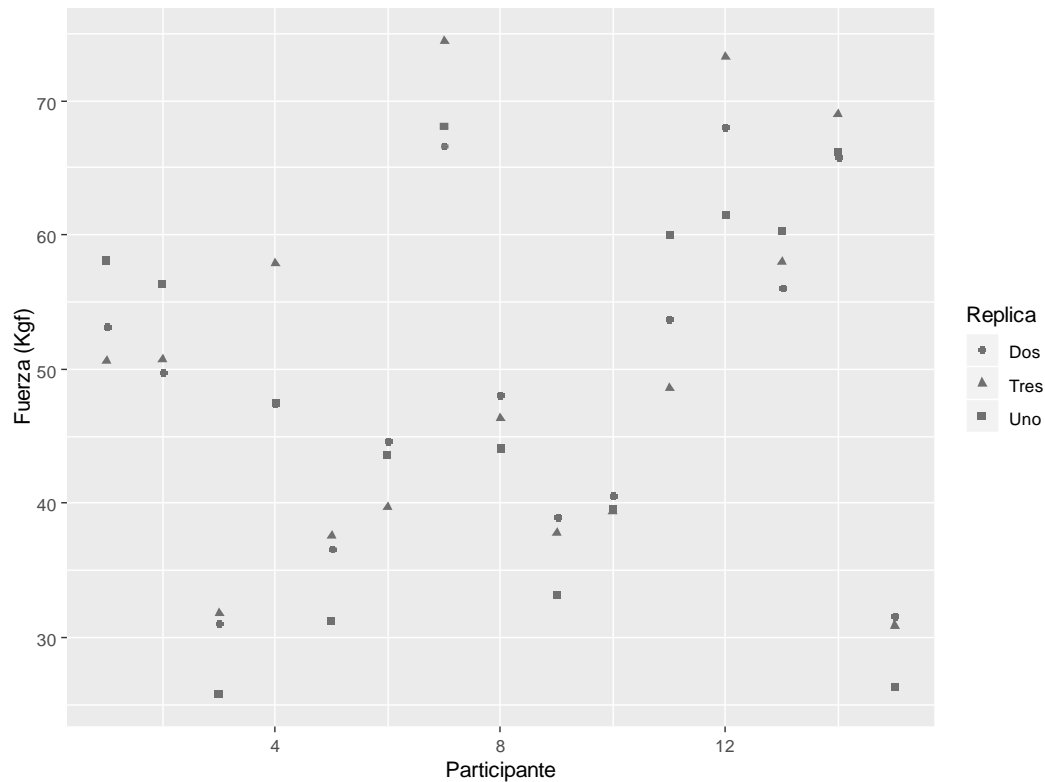


Figura 20. Dispersión de la fuerza en la postura 1 de los participantes.

De otro lado, en la postura 2 de halar carga desde un nivel entre cintura y hombros, los participantes mostraron un promedio de fuerza máxima de $6,1 \text{ kgf} \pm 5,5$, que osciló entre 0,4 a 14,3 kgf (Tabla 15).

Tabla 15.

Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 2 (halar carga desde un nivel entre cintura y hombros).

Participante	Fuerza (kgf) - Postura 2
	$\bar{X} \pm \sigma$
1	$2,5 \pm 0,4$
2	$0,4 \pm 0,1$
3	$1,0 \pm 0,8$
4	$1,6 \pm 0,5$
5	$2,3 \pm 0,2$
6	$8,0 \pm 1,0$
7	$14,0 \pm 2,6$
8	$1,5 \pm 0,3$
9	$5,6 \pm 3,6$

Participante	Fuerza (kgf) - Postura 2
	$X \pm \sigma$
10	$15,3 \pm 1,1$
11	$4,4 \pm 0,1$
12	$3,6 \pm 0,41$
13	$3,4 \pm 1,0$
14	$13,6 \pm 1,9$
15	$14,2 \pm 1,0$
Promedio	$6,1 \pm 5,5$

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 21 muestra la dispersión de los datos en la postura 2, la mayor variabilidad la proporcionó el participante 9, con una desviación estándar de 3,59 de acuerdo con la tabla anterior, dicho suceso se originó porque el participante flexionó la pierna no dominante en la primera y tercera repetición. De igual manera, el participante 7 presentó gran variabilidad en sus datos, porque en su primer intento flexionó la pierna no dominante y en la segunda repetición la extendió demasiado.

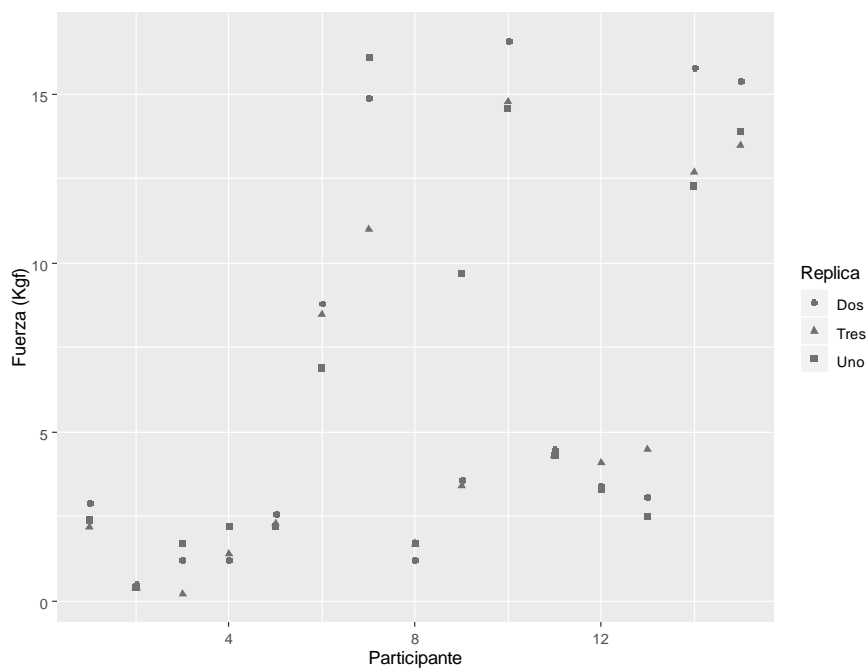


Figura 21. Dispersión de la fuerza en la postura 2 de los participantes.

En la posición 3 de descarga desde un nivel por encima del hombro, se utilizó un intervalo de fuerzas de 22,1 a 63 kgf, con un promedio de $43,6 \text{ kgf} \pm 10,8$ (Tabla 16).

Tabla 16.

Datos de fuerza máxima obtenida mediante la postura 3 (descargue desde un nivel por encima del hombro).

Participante	Fuerza (kgf) - Postura 3
	$X \pm \sigma$
1	$38,0 \pm 1,9$
2	$56,1 \pm 1,3$
3	$40,9 \pm 4,4$
4	$49,6 \pm 1,7$
5	$42,2 \pm 7,3$
6	$32,6 \pm 2,5$
7	$46,3 \pm 4,8$
8	$34,0 \pm 3,9$
9	$45,9 \pm 4,8$
10	$34,4 \pm 8,8$
11	$55,7 \pm 3,3$
12	$40,5 \pm 1,6$
13	$63,0 \pm 7,6$
14	$52,8 \pm 8,4$
15	$22,1 \pm 2,0$
Promedio	$43,6 \pm 10,8$

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 22 expone la dispersión de las fuerzas en la postura 3, siendo evidente que el sujeto 10 presentó la mayor variabilidad en sus mediciones, con una desviación estándar 8,8, dado que en la última repetición movió el accesorio de movimiento libre hacia adelante, de modo que no hizo la fuerza netamente hacia arriba.

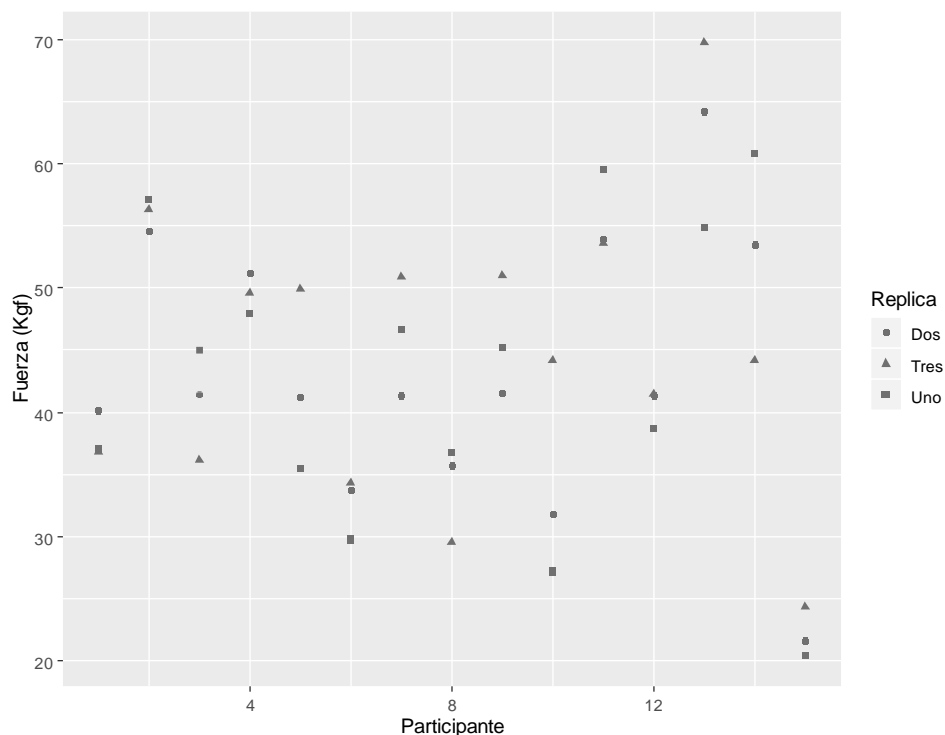


Figura 22. Dispersión de la fuerza en la postura 3 de los participantes.

6.4 Fase 4: Estimación de confiabilidad del protocolo.

La Tabla 17 indica que los protocolos aplicados para las mediciones de fuerza isométrica en las diferentes posturas, tienen una confiabilidad excelente representada mediante el CCI 0,93, 0,94 y 0,81 en las posturas 1, 2 y 3, respectivamente. Esto indica que los protocolos desarrollados pueden ser utilizados para medir fuerzas en las posturas definidas de una manera confiable.

Tabla 17.
Resultados de ANOVA y confiabilidad del protocolo.

Postura	Media cuadrática del modelo	Media cuadrática de los errores	K-1	Coefficiente de Correlación Intraclase (CCI)	Calificación
1	531,5	13,8	2	0,93	Excelente
2	89,41	1,95	2	0,94	Excelente
3	347,6	24,7	2	0,81	Excelente

Fuente: Elaboración propia.

6.5 Fase 5: Ajuste del protocolo.

Como resultado de la prueba de comprensión se realizaron ajustes al protocolo en:

- ✓ El orden de las actividades presentadas.
- ✓ Inclusión de notas para evitar la adopción de conductas de riesgo en el encendido del equipo.
- ✓ Realización de zoom o ampliación de imágenes emitidas por el software en la sección de ajuste de limitadores.
- ✓ Incrementar el número de imágenes para facilitar la comprensión de ajuste de limitadores en el cabezal del dinamómetro.
- ✓ Usar párrafos más cortos, acompañados de viñetas con actividades secuenciales.

6.5.1 Contenido del protocolo

El protocolo fue definido bajo el siguiente contenido:

- ✓ Generalidades: proporciona información acerca de las actividades previas del investigador, condiciones físicas del participante, condiciones en que se ejecuta la prueba, condiciones ambientales del sitio, materiales, equipos y accesorios a emplear, indicando fuente de obtención, dimensiones y características de estos.
- ✓ Requisitos de los participantes: Lo conforma el diligenciamiento del cuestionario de percepción de salud y la firma del consentimiento informado. El cuestionario para determinar: condición de salud, hábitos de estilos de vida saludable, consumo de alcohol, tabaco o sustancias psicoactivas y síntomas músculo esqueléticos, es aplicado antes de realizar la prueba, como fuente de información para determinar si el participante puede continuar en el proceso. El consentimiento informado es un documento de tipo legal, que debe ser firmado por el participante cuando acepta ser parte de la investigación, después de darle a conocer los detalles de esta.

-
- ✓ Aspectos previos al inicio de la prueba: Proporciona instrucciones acerca de; las medidas que se requiere conocer del participante para ajustar la postura durante la prueba; las articulaciones involucradas; los instrumentos de medición que se emplearán y sus características; cómo realizar la división del pliego de papel, para guiar el trazado de la huella que fija la postura de los pies; estado en el que encontrará el equipo y cómo realizar su conexión; encendido de la unidad de control y de dinamometría; cómo iniciar el software e ingresar la información del participante y poner a punto el equipo (ajuste gravitacional).
 - ✓ Parametrización y ajuste del equipo: proporciona instrucciones para; realizar la definición de los parámetros de la prueba en el software del equipo; instalar correctamente los accesorios empleados; fijar el rango de movimiento tanto en el software como en el dinamómetro y ejecutar la compensación del peso de los accesorios instalados.
 - ✓ Medición: Proporciona instrucciones acerca de cómo ubicar el papel kraft en el piso; cuáles son los ejercicios previos para activar los sistemas orgánicos, muscular y articular del cuerpo, con el fin de reducir la probabilidad de presentar una lesión durante la realización del esfuerzo; cómo ajustar la postura del participante; cuál es la información que debe suministrar el investigador antes de iniciar la prueba; como realizar la medición y extracción de datos almacenados en el software del equipo; cuáles son los ejercicios para realizar el estiramiento de los músculos involucrados en la prueba.
 - ✓ Apagado del equipo y consulta de datos: En esta sección se proporciona instrucciones para; apagar y proteger el equipo una vez finalizadas las pruebas; acceder a la información obtenida en la medición, posterior a la realización de esta.

7. Discusión

Es importante mencionar que, no se han reportado investigaciones en las que se haya utilizado el dinamómetro empleado en este estudio con las diferentes posturas analizadas para calcular el CCI; sin embargo, Axelsson & Kärholm (2016) calcularon coeficientes de 0,91 y 0,98 utilizando el dinamómetro Baseline y Kern respectivamente; para el levantamiento neutral con una mano midiendo la fuerza isométrica. En otro estudio se determinó un CCI de 0,92 y 0,96 en la medición de fuerza de elevación isométrica e isocinética respectivamente utilizando un dinamómetro Cybex Liftask; además, se terminó un CCI de 0,88 en la medición de fuerza durante la elevación isoinercial empleando el dinamómetro Liftbox. Datos cercanos a los determinados en esta investigación.

El promedio de fuerza máxima isométrica en la postura 1 (levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura) fue de 48,88 kgf. Resultados similares se han reportado en otros estudios, en los que la fuerza de levante más cercana fue de 44,8 kgf y 55,7 kgf en sujetos masculinos con buena salud y una edad promedio de 26 años (Thompson *et al.*, 1992). En otro estudio reportado por Chen se presentaron fuerzas promedias diferentes a las de esta investigación, pues fueron de 20,7 kgf y 18,3 kgf en el personal sin y con experiencia en estantería, durante el levantamiento a una altura de 60 cm; la diferencia de los valores con respecto a esta investigación se pudo haber presentado por la diferencia de altura desde dónde se realiza el esfuerzo; en promedio la altura lograda en este estudio fue de 33 cm, de igual forma la muestra involucró sólo personas de sexo femenino.

Por otra parte, el promedio de fuerza obtenido en la postura 2 (halar carga desde un nivel entre cintura y hombros) fue de $6.1 \pm 5,5$ kgf, menor al reportado por Das & Wang (2004), en cuyo estudio se determinó la fuerza de tracción de 8 hombres de pie con edades entre 22 a 33

años, obteniéndose una fuerza promedio de 15,05 kgf; el dato más cercano a este estudio corresponde al valor más grande de fuerza que estuvo representado por el sujeto 10 (15,3 kgf), con una desviación mínima entre sus repeticiones (Tabla 15). En otra investigación se calculó una fuerza promedio de tracción de 31,4 kgf a la altura de la cintura de los participantes (Yu, Xu & Lin, 2017); la diferencia con los datos obtenidos en ambos casos pudo haberse presentado entre otras razones porque la postura empleada, permitió una mayor flexión de la cadera y rodillas.

En el caso de la postura 3 (descargue desde un nivel por encima del hombro) el promedio de fuerza obtenido fue de $43,6 \pm 10,8$ kgf, considerablemente mayor al reportado por Chen (2014) quién en su estudio determinó una fuerza promedio de levantamiento de 15,4 kgf a una altura de cabezal de 150 cm. El valor más cercano se presentó en la fuerza mínima obtenida de 22,1 kgf, ejercida por el sujeto 15.

Al analizar los resultados de este estudio, es importante tener en cuenta las limitaciones que se tuvieron, las cuales se describen a continuación:

- ✓ En el Centro Javeriano de Formación Deportiva, se encuentra ubicado el equipo de dinamometría, por el propósito mismo de esta edificación, se dificulta el control de aspectos motivacionales que pueden llegar a afectar el desempeño de los participantes en la prueba como son: música permanente y acceso de personal externo al área de la prueba.
- ✓ El control de aspectos motivacionales también se dificulta cuando el estudio es desarrollado por un solo investigador, al presentarse condiciones especiales como: afluencia simultánea múltiple de participantes en un mismo espacio de tiempo.
- ✓ La postura 1 donde se usó el accesorio en acrílico e involucró el mayor número de grupos musculares, al simular el levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura, fue

necesario el apoyo de un colaborador para accionar el software después de lograr la postura deseada con el mecanismo de barras y de esta forma evitar fatiga de los músculos de las piernas del participante, al tener que mantener la postura por un periodo mayor a 6 segundos, mientras el investigador se traslada a la unidad de control para iniciar la medición.

Con todo, se destaca que este trabajo pudo desarrollar protocolos que son confiables para medir capacidad para hacer fuerzas isométricas en posturas específicas, lo que demuestra la factibilidad de hacer este tipo de estudios en futuros esfuerzos para caracterizar esta característica de poblaciones laborales en Colombia.

8. Conclusiones

Como resultado de este estudio, se concluye que:

Con una confiabilidad (Excelente) de CCI = 0,93 en la medición de fuerza para levantar carga desde un nivel por debajo de la cintura, CCI = 0,94 para halar carga entre cintura y hombro y CCI = 0,81 para descargar por encima de nivel del hombro, es posible emplear el protocolo estandarizado en la medición de fuerza isométrica en las tres posturas mencionadas, a una muestra de la población colombiana, para generar tablas de fuerzas máximas que permitan proteger a los trabajadores de esfuerzos excesivos. La medición de fuerzas máximas en otras posturas y direcciones es promisoría dados los resultados del presente estudio.

Con un coeficiente de correlación Cohen's Kappa en el peor de los casos de 0,67 (Moderado) en la aplicación del instructivo definido para la selección de posturas frecuentes, se identificó que levantar carga desde un nivel por debajo de la cintura, halar desde un nivel entre cintura y hombros y descargar por encima del hombro, son los esfuerzos más frecuentemente realizados, en la operación crítica de cargue y descargue para el caso de estudio seleccionado.

Es posible estandarizar protocolos para medición de fuerza máxima isométrica con el equipo de dinamometría CONTREX, en tres posturas diferentes, con una duración de esfuerzo de 6 segundos, tres repeticiones por postura y descansos de 2 minutos entre esfuerzos, para ser realizados en una misma prueba y contar con una importante participación empresarial al emplear un tiempo (2 horas) en la realización de esta, que no afecta de manera importante la operación de la compañía.

Los esfuerzos realizados desde el nivel por debajo de la cintura (postura 1), con una mayor variabilidad, fueron los más altos para la muestra observada; en promedio: $48,9 \text{ kgf} \pm 13,3 \text{ kgf}$, esta postura involucró el mayor número de grupos musculares y flexión de rodillas. Los esfuerzos realizados desde el nivel por encima del hombro (postura 3) con una menor variabilidad respecto a la postura 1 y mayor respecto a la postura 2, proporcionaron valores de fuerza altos, levemente menores a los obtenidos en la postura 1; en promedio: $43,6 \text{ kgf} \pm 10,8 \text{ kgf}$; esta postura involucró mayormente el tren superior, con flexión de brazos. Los esfuerzos realizados en la postura 2 con la menor variabilidad obtenida, constituyeron los valores de fuerza más bajos, considerablemente distantes de los obtenidos en las otras dos posturas, en promedio $6,1 \text{ kgf} \pm 5,5 \text{ kgf}$, esta postura se realizó con los brazos separados del cuerpo y totalmente extendidos, leve flexión de la pierna dominante y separación de piernas, una adelantada de la otra, a diferencia de las otras dos posturas que se ejecutaron con las piernas al mismo nivel en el plano sagital y separadas únicamente en el plano frontal, la distancia entre hombros.

Este trabajo también concluye que, en materia de desarrollo de protocolos de medición de fuerza isométrica, es indispensable redactar las actividades que debe desarrollar el investigador durante la prueba de forma secuencial y usar una amplia diagramación que facilite la comprensión de la instrucción proporcionada.

9. Recomendaciones

Como resultado de la experiencia del trabajo realizado, se presentan las siguientes recomendaciones para futuros trabajos:

Trasladar el equipo de dinamometría del Centro Javeriano de Formación Deportiva, a otro lugar, teniendo en cuenta que, por la actividad allí desarrollada, no puede controlarse el ruido (música), ni el acceso de personal diferente al área dónde se desarrolla la prueba

Vincular un número mayor de investigadores para proyectos que empleen el mismo equipo de dinamometría.

Desarrollar un accesorio de sujeción a dos manos fijo, que se ajuste a las características de ensamble del equipo de dinamometría de la Pontificia Universidad Javeriana y las posturas descritas en el protocolo resultado de este estudio, para limitar el ángulo de movimiento en la articulación de la mano.

Implementar el uso de accesorios en acrílico para futuros estudios que empleen posturas diferentes a las propuestas en este, teniendo en cuenta los beneficios que ofrece, al proporcionar mayor precisión y menor tiempo en el ajuste de la postura seleccionada.

Incrementar el número de repeticiones para la definición de tablas de fuerza en población laboralmente activa, de manera que se reduzca la variabilidad en la medición; para tal fin es necesario reducir el número de posturas evaluadas en un mismo día, de manera en que se mantenga el tiempo de duración total de la prueba.

Para la elaboración de nuevos protocolos, se recomienda mantener la redacción de forma secuencial, es decir en el orden que las actividades son ejecutadas por el investigador.

Priorizar el desarrollo de otros estudios cuyo objeto sea la medición de la confiabilidad de protocolos en posturas diferentes a las establecidas en este estudio.

Referencias bibliográficas

- Axelsson, P., Kärrholm J. (2018). New Methods to Assess Forearm Torque and Lifting Strength: Reliability and Validity. *The Journal of Hand Surgery*, 43(9), 865.e1-865.e10. doi: 10.1016/j.jhsa.2018.01.009
- Bartko, J. (1966). The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychological Reports journal*, 19, 1-3. doi: 10.2466/pr0.1966.19.1.3
- Castro, G., Ardila, L., Orozco, Y., Sepúlveda, E. y Molina, C. (2018). Factores de riesgo asociados a desordenes musculo esqueléticos en una empresa de fabricación de refrigeradores. *Rev. Salud Pública*, 20 (2), 182-188. doi: <https://doi.org/10.15446/rsap.V20n2.57015>.
- Cerda, J. & Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Rev. Chil. Pediatr.*, 79(1), 54-58. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v79n1/art08.pdf>
- Chaffin, D., Gunnar, B. Bernard, J. (1999). *Occupational Biomechanics*. USA: Wiley-Interscience, 3rd Edition.
- Chaffin, D. (1975). Ergonomics Guide for The Assessment of Human Static Strength. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 36(7), 505-11. doi: 10.1080/0002889758507283
- Chen, L. (2014). Effects of work experience and exertion height on static lifting strengths and lift strategies of experienced and novice female participants. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44, 607-614. doi: 10.1016/j.ergon.2014.06.004

-
- Congreso de Colombia. (2004). LEY 905 DE 2004. Recuperado de: https://www.enlace-apb.com:8143/interssiStatic/static/resources/Normatividad/leyes/LEY905_AGOSTO_2_DE_2004.pdf.
- DANE. (2014). *Informe de la Encuesta Anual Manufacturera 2012*. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bol_eam_2012def.pdf.
- Das, B. & Wang, Y. (2004). Isometric Pull-Push Strengths in Workspace: 1. Strength Profiles. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10(1), 43–58. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10803548.2004.11076594>
- Delgado, A., Ruiz, C., Solis, K., Obando, M. & Andrawus, N. Mecánica de la contracción muscular (tesis de maestría). Universidad Nacional de Costa Rica. Recuperado de: <http://www.maestriasalud.una.ac.cr/documents/contrac-mus.pdf>.
- Díaz, G. A. (2016). Estudio de validez diagnóstico: consistencia del dinamómetro de mano digital Camry en una población de adultos sanos en Bogotá (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/54338/1/1014180785.2016.pdf>.
- Don, S., Gunnar, J. & Bernard, M. (1999). Occupational Biomechanics Third Edition. New York, Estados Unidos: Wiley-Interscience.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2007). Introduction to work-related musculoskeletal disorders. *FACTS*, 71. Recuperado de: https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/en/publications/factsheets/71/Factsheet_71_-_Introduction_to_work-related_musculoskeletal_disorders.pdf
- FASECOLDA. (2014). La prevención, el secreto para evitar una enfermedad laboral. Recuperado de: <http://www.fasecolda.com/index.php/sala-de-prensa/noticias/2014/accion-julio-29-2014/>
- Gamardo, P. (2015). Fuerza isométrica y características antropométrica de niños y niñas entre 9 y 14 años de edad. *Revista Electrónica Actividad Física y Ciencias*, 7(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/299123144_FUERZA_ISOMETRICA_Y_CHARACTERISTICAS_ANTROPOMETRICA_DE_NINOS_Y_NINAS_ENTRE_9_Y_14_ANOS_DE_EDAD
- González, M., Valencia, M., Huerta, M., Rodríguez, M., Recio M, Díaz, F. (2014). Trastornos musculoesqueléticos en personal auxiliar de enfermería del Centro Polivalente de Recursos

-
- para Personas Mayores “Mixta” de Gijón – C.P.R.P.M. Mixta. *Gerokomos*, 25(1), 17-22.
Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v25n1/comunicacion4.pdf>
- González, J.J & Gorostiaga, E. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona, España: Editorial INDE.
- Hazard, R.G., Reeves, V., Fenwick, J.W., Fleming, B.C., Pope, M.H. (1993). Test-retest variation in lifting capacity and indices of subject effort. *Clin. Biomech*, 8, 20-24. doi: 10.1016 / S0268-0033 (05) 80005-1.
- Hoozemans, M., Van Der, A., Fringsdresen, M., Van Dijk, F. & Van Der W. (1998). Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. *Ergonomics*, 41(6), 757-781. doi: 10.1080/001401398186621.
- Jiménez, H. (2000). Técnicas instrumentales de diagnóstico y evaluación en rehabilitación. *Servicio de Rehabilitación. Hospital Fremap. Sevilla*, 39(6), 288-96. Recuperado de: https://www.u-cursos.cl/medicina/2017/0/DPPAEF/1/foro/r/13082200_S300_es.pdf.
- Kawamoto, R., Ninomiya, D., Senzaki K., Kumagi, T. (2018). Alcohol Consumption is Positively Associated with Handgrip Strength Among Japanese Community-dwelling Middle-aged and Elderly Persons. *International Journal of Gerontology*, 12(4), 294-298. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1873959818300899?token=774F478EC38606C871EE8FD41B01F374ECFC2E72BBC3CD8740CF907390939F568009C96A3511567BF8360BF6201399ED>
- Kilbom, A. (1988). Isometric strength and occupational muscle disorders. *European Journal of Applied Ph ology*, 57, 322 - 326. doi: 10.1007/BF00635991
- Kraemer, H. G. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *The Journal of strength and conditioning research*, 1(1), 1-10. Recuperado de: https://journals.lww.com/nscajscr/Citation/1987/02000/Terminology_and_Measurement_in_Exercise.1.aspx.
- Labraña, A., Durán, E., Martínez, M., Leiva, A., Garrido, A., Díaz, X., Salas, C. & Celis, C. (2017). Menor peso corporal, de índice de masa corporal y de perímetro de cintura se asocian a una disminución en factores de riesgo cardiovascular en población chilena. *Revista Med. Chile*, 145, 585-594. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v145n5/art05.pdf>

-
- López, J. & Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio* (Vol. 3ª Edición). Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica panamericana S.A. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=LBSwgLWTHEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true>.
- Medina, M. & Castillo, J. (2013). Evaluación de los desórdenes musculoesqueléticos en una línea de producción de alimentos. Análisis comparado de la postura y de la actividad de trabajo usando 4 métodos. *Asociación Española de Fisioterapeutas*, 35(6), 263-271. doi:10.1016/j.ft.2013.02.001
- Ministerio de la Protección Social. (2006). Guía de atención integral basada en la evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (síndrome de túnel carpiano, epicondilitis y enfermedad de de quervain (gati- dme). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ministerio del Interior. (2016). Manual del programa de vigilancia epidemiológico para riesgo biomecánico. Recuperado de: www.mininterior.gov.co/sites/default/files/th.st_m.1.doc
- Ministerio del Trabajo. (2013). *Informe ejecutivo de la segunda encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos*. Recuperado de http://www.fasecolda.com/files/1614/4969/7446/Ministerio_del_Trabajo._2013._II_Encuesta_Nacional_de_Condiciones_de_Seguridad_y_Salud_en_el_Trabajo_en_el_Sistema_General_de_Riesgos_Laborales.pdf
- Morse, C., Wust, R., Jones, D, Haan, A & Degens, H. (2007). Muscle fatigue resistance during stimulated contractions is reduced in young male smokers. *Scandinavian Physiological Society Journal*, 191(2), 123–129. doi: 10.1111/j.1748-1716.2007.01721.x
- Ochoa, C., Molina, A. Evaluación de la precisión de las pruebas diagnósticas (2). Variables continuas. (2018). *Rev. Evid. Pediatr.*, 13-45. Recuperado de https://evidenciasenpediatria.es/files/41-13137-RUTA/Fundamentos_45.pdf
- Panzak, M., Tarter, R., Murali, S., Switala, J., Switala J., Lu, S. & Maher, B. (1998). Isometric muscle strength in alcoholic and nonalcoholic liver-transplantation candidates. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 24(3), 499-512. doi: 10.3109/00952999809016912
- Physiomed. (2017). Catálogo del equipo CON-TREX, sistemas para el diagnóstico y terapia biomecánica.

-
- Rincones Ortiz, A. & Castro Calderón, E. (2016). Prevención de desórdenes musculoesqueléticos de origen laboral en Colombia: un estudio de futuro para el año 2025. *Rev Cienc. Salud*, 14,45-56. doi:10.12804/revsalud14.especial.2016.03
- Gallagher, S., Moore, J.S., Stobbe, T.J., McGlothlin, J.D., Bhattacharya, A. (1998). *Physical Strength Assessment in Ergonomics*. Virginia: American Industrial Hygiene Association.
- Skeem, J., & Cauffman, E. (2003). Views of the downward extension: comparing the youth version of the psychopathy checklist with the youth psychopathic traits inventory. *Behav. Sci. Law*, 21, 737–770. doi: 10.1002/bsl.563
- Suárez, W., Sánchez, A. Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física (2018). *Revista Nutrición Clínica en Medicina*, 7(3), 128-139. Recuperado de <http://www.aulamedica.es/nutricionclinica/medicina/pdf/5067.pdf>
- Tanaka S., Petersen, M. & Cameron, L. (2001). Prevalence and Risk Factors of Tendinitis and Related Disorders of the Distal Upper Extremity Among U.S. Workers: Comparison to Carpal Tunnel Syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, 39, 328-335. doi: doi.org/10.1002/1097-0274(200103)39:3<328::AID-AJIM1021>3.0.CO;2-I
- Thompson, D., Chaffin, D., Hughes R., Evans, O. (1992). The relationship of isometric strength to peak dynamic hand forces during submaximal weight lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9(1), 15-23. Recuperado de <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/30255/0000651.pdf?sequence=1>
- Yu, D. Xu, X., Lin, J. (2017). Impact of posture choice on one-handed pull strength variations at low, waist, and overhead pulling heights. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1(9), 1-9. doi: 10.1016/j.ergon.2017.07.004
- Zamora, E. & Torres, Y. (2012). Relación entre la composición corporal y la fuerza máxima isométrica de agarre con la potencia muscular de los brazos en luchadores cadetes del estado barinas. *Revista Dimensión Deportiva*, 4, 41-48. Recuperado de http://www.uideporte.edu.ve/WEB/pdf/revista_4.pdf
- Zea, C., Caro, M. P. & Quintana, L. (2015). Análisis de la disminución de fuerza de agarre en la mano por uso de guantes en actividades de aseo y cafetería. *Rev Cienc. Salud*, 14(3), 381-398. doi:10.12804/revsalud14.03.2016.06

Anexos

Anexo 1. Proceso para la selección de posturas.

1. Selección de la empresa

- ✓ **Empresa:** Distribuidora FamiAlzate.
- ✓ **Objeto social:** Comercio al por menor, en establecimientos no especializados, con surtido compuesto principalmente de alimentos (víveres en general), bebidas y tabaco incluye la venta de mercancías.

2. Selección de operación crítica en manipulación manual de carga

Para la determinación de la operación crítica, se realizó un diagrama de proceso, dónde se identificó el tipo de operación por el color de la línea; de la siguiente forma: operativo (azul), administrativo (rojo), transporte (amarillo), bodega (verde) y la operación desarrollada de acuerdo con los siguientes pictogramas:

Pictograma	Operación	Color
▼	Bodega	Verde
○	Operación – Tarea	Administrativo Operativo
□	Verificación	Administrativo Operativo
➡	Transporte	Amarillo

A cada una de las operaciones identificadas, se aplicaron únicamente criterios ergonómicos de: manipulación de carga, repetición y postura (Anexo 9), de acuerdo con los aspectos agravantes señalados a continuación.

Valor	Aspecto
+1	Los ítems en color rojo suman puntuación doble: - Si realiza movimientos repetitivos con carga - Si realiza manipulación de carga con posturas inadecuadas - Si se realizan traslados con carga - Si existe más de dos trabajadores involucrados.

- +0,5** Los ítems en color verde suman medio punto:
- Si el movimiento repetitivo es sin carga y se extiende durante un 50% o más de la jornada.
 - Si la postura inadecuada se mantiene por más del 50% de la jornada.
 - Si hay hasta dos colaboradores involucrados.

Adicionalmente se evaluó la criticidad de los cargos involucrados en las operaciones críticas, para determinar cuál(es) tienen mayor demanda de carga física, tomando criterios como:

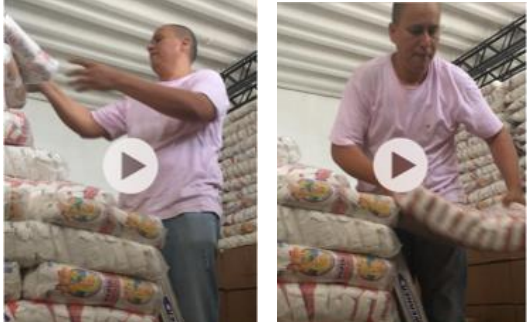
- ✓ Proporción de la jornada dedicada a la realización de tareas que requieren la manipulación manual de cargas
- ✓ Si el cargue del producto se realiza en infraestructuras de un solo piso o más niveles

Una vez aplicados estos criterios resultan como cargos críticos: conductor y auxiliar de conducción (Anexo 10).

Aplicando el criterio de cargo crítico, resulta que la operación más crítica es la de **cargue y descargue de producto en instalaciones del cliente**.

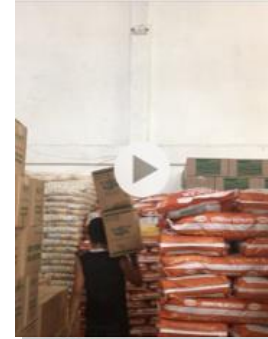
3. Documentación en video de operación crítica para determinación de frecuencia de posturas

Las posiciones identificadas que requieren aplicación de fuerza son las siguientes:

OPERACIÓN	MOVIMIENTOS	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Descargue de producto de bodega	Halar de un nivel superior al hombro y rotación de columna para descargar, por debajo del nivel de la columna.	

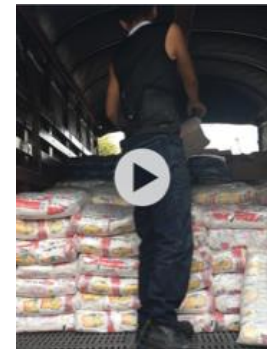
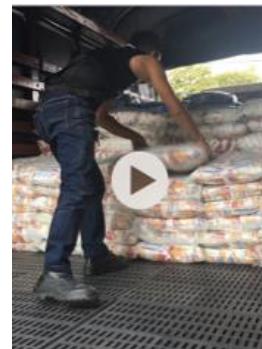
Descargue de producto de bodega

Trasladarse con carga en el hombro en posición erguida.



Cargue de producto al camión para distribución

Levantar desde el piso con rotación de columna y lanzamiento de carga



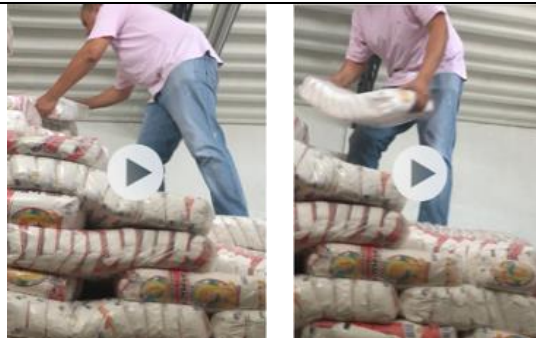
Cargue de producto al camión para distribución

Descargar hasta el piso desde una posición erguida y con rotación de columna



Descargue de producto
de bodega

Halar desde un nivel más
bajo de la cintura y
descargar al piso con
rotación de columna



Fuente: Elaboración propia

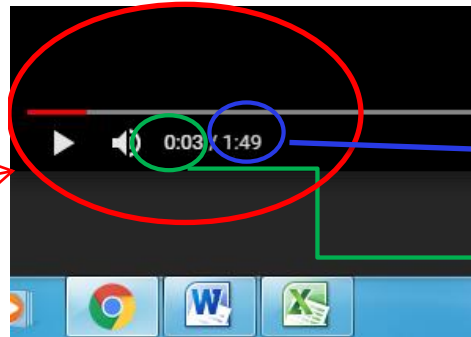
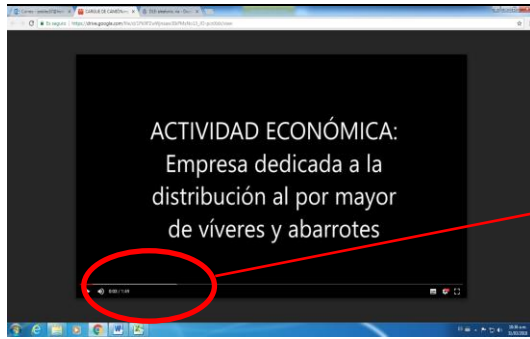
4. Instructivo para determinación de frecuencia de posturas

Las posturas se seleccionaron con base en la frecuencia, la cual se determinó a partir de la aplicación del siguiente instructivo validado por 5 observadores mediante el coeficiente de correlación de Cohen's Kappa, obtenido al comparar los resultados de las dos observaciones realizadas en momentos diferentes por el mismo observador.

4.1 Selección de los instantes del video a observar:

Para seleccionar los instantes en los que va a realizar la observación, escogió de forma aleatoria, un número entre 1 y 5; solicitando a un tercero que escogiera el número o usando la función =ALEATORIO.ENTRE(1;5) de Excel; el número que resulta al dar Enter es el primer segundo en el que deberá detener el video. Por ejemplo: suponiendo que el número seleccionado de forma aleatoria fue 3, entonces se debe detener el video en el segundo 3, como se observa en la siguiente figura

Primer instante de observación



El video tiene una duración total de **1:49** segundos y se detuvo a los **3** segundos.

En este caso, el primer instante de observación correspondió a información del video; el observador debía registrar entonces cero “0” en la observación No. 1 de la tabla de frecuencias como se muestra en la siguiente figura; indicando que no existía movimiento con manipulación de carga a observar; en el caso contrario se debía registrar “1” en la observación que correspondía. Por ejemplo, suponiendo que solo hasta la tercera ocasión en la que detuvo el video se evidenció un movimiento con manipulación de carga, entonces el registro de observaciones debería aparecer como se muestra a continuación.

Registro de observaciones en instantes no observables

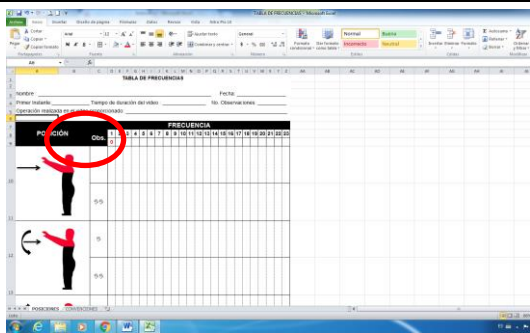


TABLA DE FRECUENCIAS																						
1																						
2	Nombre :										Fecha :											
3	Primer Instante :										Tiempo de duración del video :					No. Observaciones :						
4	Operación realizada en el video proporcionado :																					
5																						
6																						
7	FRECUECIA																					
8	POSICIÓN	Obs.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9		0																				

En la columna que correspondía a la observación No.1 registra “0”.

Registro de observaciones en instantes observables

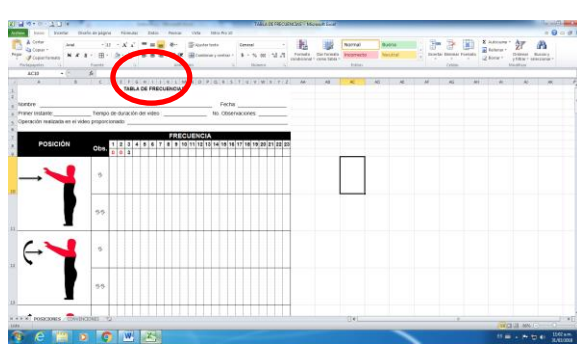


TABLA DE FRECUENCIAS

Nombre: _____ Fecha: _____

Primer Instante: _____ Tiempo de duración del video: _____ No. Observaciones: _____

Operación realizada en el video proporcionado: _____

POSICIÓN	Ots.	FRECUENCIA																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
→	0	0	1																					

En la columna que corresponde a la observación No.3 registró "1", las dos primeras observaciones correspondían a información del video.

Para seleccionar el siguiente instante, debía sumar 5 segundos al seleccionado inicialmente de forma aleatoria. Como se observa a continuación:

✓ A los 3 segundos iniciales seleccionados al azar para el caso del ejemplo anterior, se sumaron 5seg:

$3+5=8$, por lo tanto, la 2ª observación se realizó deteniendo el video en el segundo 8.

✓ Para determinar el instante de la 3ª observación, se sumó 5 seg a los 8 de la 2ª observación:

$8+5=13$, por lo tanto, la 3ª observación se realizó deteniendo el video en el segundo 13.

✓ Se continuó sumando 5 seg, a la última observación realizada para conocer el instante siguiente en el que debía detener el video:

$13+5=18$, por lo tanto, la 4ª observación se realizó deteniendo el video en el segundo 18.




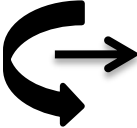





$18+5=23$, por lo tanto, la 5ª observación se realizó deteniendo el video en el segundo 23.

Esta operación se realizó hasta cubrir el tiempo total del video proporcionado.

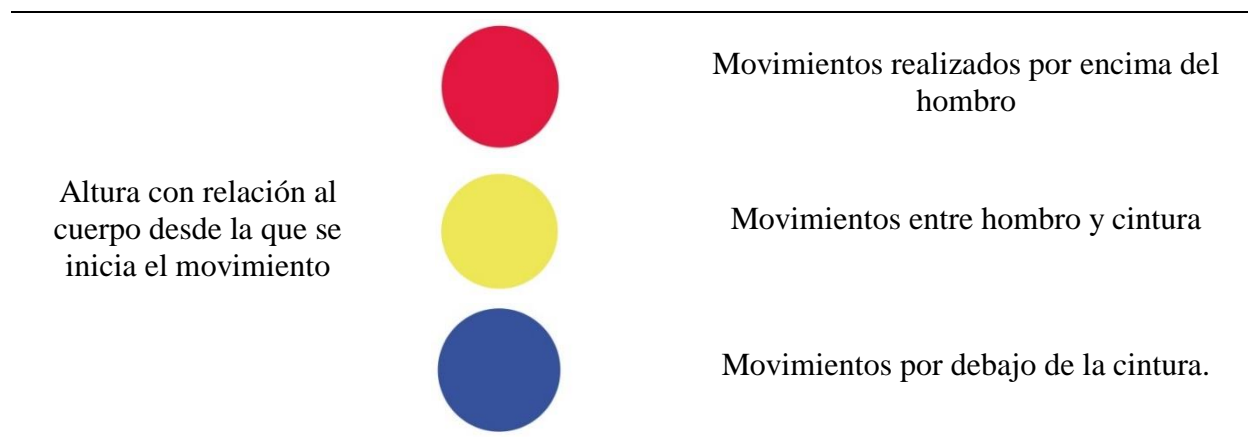
4.2 Selección del movimiento:

Al detener el video en el instante seleccionado: el observador identificaba el movimiento teniendo en cuenta las siguientes características: Tipo de esfuerzo realizado (halar, levantar,

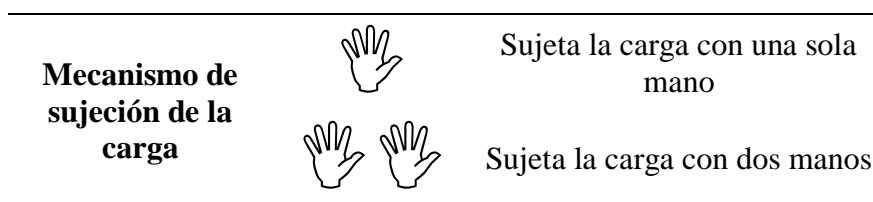
descargar en una posición vertical o girando el cuerpo); está determinado por un conjunto de flechas ubicadas frente a la figura del cuerpo humano (cuadro de convenciones)

Cuadro de convenciones		
		Halar sin girar el cuerpo
		Levantar sin girar el cuerpo
		Descargar sin girar el cuerpo
Esfuerzos		Halar girando a la derecha
		Halar girando a la izquierda
		Levantar girando a la derecha
		Levantar girando a la izquierda
		Descargar girando a la derecha
		Descargar girando a la izquierda

La altura en relación con el cuerpo dónde se encontraba ubicada la carga; sombreada de color, como se muestra a continuación:



El mecanismo de sujeción, que determina si la persona empleaba una o dos manos para sujetar la carga; teniendo en cuenta los diagramas definidos a continuación:



El observador ubicaba en la tabla de frecuencias la columna del número de observación al que corresponde; por ejemplo, si era la 8º vez que detenía el video, entonces la columna que debía ubicar era la 8 y trasladarse de forma vertical hasta el diagrama que describía el movimiento con manipulación de carga identificado, dónde registraba un “1” en la fila respectiva si estaba sujetando la carga con una o dos manos. Durante la observación, el observador debía ceñirse a lo que veía en la imagen y no presumir movimientos posteriores o anteriores. Ejemplo: En las imágenes mostradas a continuación el colaborador se encontraba realizando el descargue de producto de una bodega, las imágenes corresponden a los instantes 8 y 14 respectivamente. Al Describir el movimiento identificado en cada instante se encontró lo siguiente:

de giro por cuanto en el instante el colaborador no realizó giro alguno; el color rojo corresponde a la zona en la que se ubicaba la carga, por encima del nivel del hombro.

El observador registraba en la tabla de frecuencias la siguiente información:

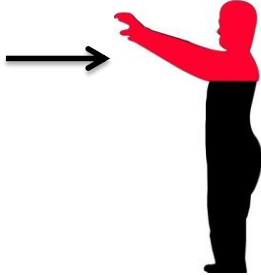


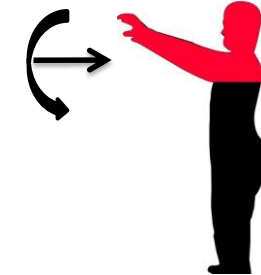


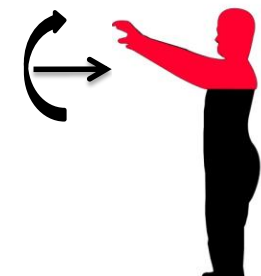





- ✓ Nombre
- ✓ Fecha de ejecución
- ✓ Sexo
- ✓ Edad
- ✓ Grado de escolaridad
- ✓ Duración total del video
- ✓ Instante en el que inicia la observación
- ✓ No. total de observaciones realizadas
- ✓ Operación realizada en el video proporcionado

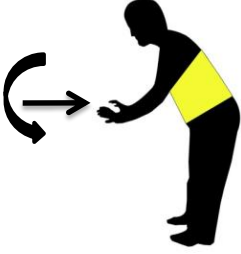


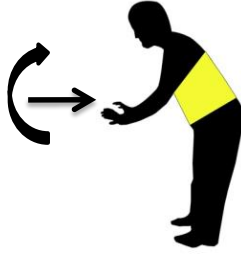


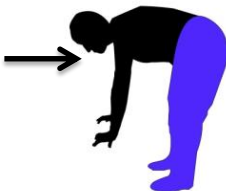


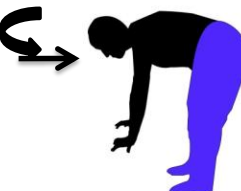


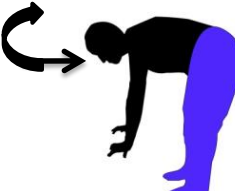


TABLA DE FRECUENCIAS

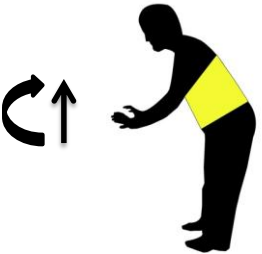


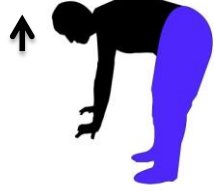


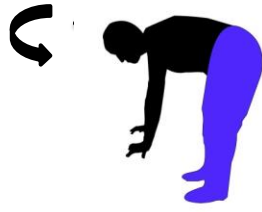


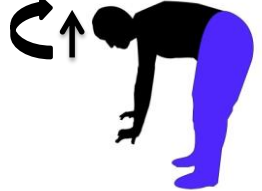


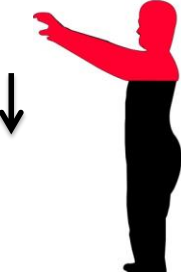


Nombre : Johana Patricia Carrillo Barrera Fecha: 31/03/2018

Primer Instante: 3 seg Tiempo de duración del video : 1min 49 seg No. Observaciones: 21

Operación realizada en el video proporcionado: Descargue de producto en bodega

POSICIÓN	Obs.	FRECUENCIA																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
																								
																								
																								
																								
																								
																								
																								
																								

5. Análisis de datos para verificar validez del instructivo

Para evaluar la confiabilidad del protocolo, se aplicó a 5 personas cuyas características etarias, de escolaridad y sexo se encuentran descritas en la siguiente tabla:

Edad	Escolaridad	Sexo	Tiempo de inicio (segundo)	Observaciones	
				1° Vez	2° Vez
43	Profesional	Masculino	3	23	23
21	Universitario	Femenino	3	22	22
44	Maestría	Masculino	4	23	23
22	Universitario	Masculino	5	21	21
21	Universitario	Masculino	1	22	22

El instructivo se aplicó bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Fue aplicado dos veces por el mismo observador en diferentes momentos (1 día a 1 semana de entre observaciones).
- ✓ La segunda medición no se informó en la primera aplicación el instrumento.
- ✓ Al realizar la segunda medición, se aclaró al observador que debía iniciar en el mismo segundo de la primera observación.

La confiabilidad del instrumento se determinó a partir del cálculo del coeficiente de kappa de Cohen que arroja un resultado de 0 a 1,0 y según Landis y Koch (citado por Cerda & Villarroel, 2008) se interpreta de la siguiente manera:

Coeficiente Cohen's Kappa	Fuerza de concordancia
0,00	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

Fuente: Landis & Koch (citado por Cerda & Villarroel, 2008)

Anexo 2. Invitación empresarial y autorización para uso de datos

Bogotá, 22 de marzo de 2018
Señores
Distribuidora FamiAlzate
Att. Sr. César Álzate
Representante Legal
Villavicencio

Asunto: Invitación a participar en proyecto de investigación “Confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá (prueba piloto)”

Cordial saludo:

Amablemente tenemos el gusto de invitar por intermedio suyo y con su autorización a los trabajadores para participar en la primera parte del proyecto de investigación que tiene como objetivo determinar la frecuencia en la que confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá. En la parte del proyecto a la que está siendo invitado, se buscará obtener información grabada de sus trabajadores mientras realizan la actividad laboral cotidiana; teniendo en cuenta que, dentro de sus tareas existe un componente importante de levantamiento manual de carga, de la que se espera obtener las posturas a replicar en el laboratorio, a partir de la determinación de los movimientos más frecuentemente realizados por sus trabajadores.

Si está interesado en participar, solicitamos firmar la autorización anexa a esta invitación.

De antemano agradecemos su consideración de esta invitación.

Atentamente,

JOHANA PATRICIA CARRILLO BARRERA

Estudiante de la Pontificia Universidad Javeriana
Maestría en seguridad y salud en el trabajo
Email: carrillob_jpatricia@javeriana.edu.co
Cel: 300 3918045

LOPE HUGO BARRERO

Profesor titular
Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana
Email: lopehugo@javeriana.edu.co
Ext. 5281

Autorización para uso de datos

Yo _____, identificado con C.C. _____, en mi calidad de representante legal de DISTRIUIDORA FAMILZATE, declaro e igualmente manifiesto la disposición para participar en el estudio que tiene como objetivo determinar la confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas y doy mi consentimiento para que se tomen fotografías de la actividad laboral cotidiana de nuestra compañía. Por el presente DISTRIBUIDORA FAMILZATE renuncia a cualquier derecho a recibir compensación por tales usos en virtud de la autorización precedente. El término “fotografía” incluye video o fotografía fija, en formato digital o de otro tipo, y cualquier otro medio de registro o reproducción de imágenes.

Por la presente, autorizo el uso o la divulgación de la(s) fotografía(s) a Johana Patricia Carrillo Barrera, estudiante de la Pontificia Universidad Javeriana. Esta autorización se expirará después de la fecha firmada.

Reconozco que la información no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. Entiendo que la compañía no recibirá ningún tipo de compensación financiera.

He recibido una copia de esta autorización para uso de datos, que puedo guardar como referencia.

Acepto la fotografía la actividad laboral de la compañía que represento y participo de manera voluntaria:

SI _____ NO _____

Firma del participante

No. Identificación

Fecha

Nombre y firma del personal que realiza el estudio

Anexo 3. Consentimiento informado y autorización para uso de datos

El presente estudio es realizado por la estudiante Johana Patricia Carrillo Barrera y el profesor Lope Hugo Barrero, en el contexto de un trabajo de grado de la Maestría en Seguridad y Salud en el trabajo de la Pontificia Universidad Javeriana. El estudio tiene como objetivo determinar la confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá.

Los resultados de esta investigación podrán ser publicados en revistas científicas, simposios, congresos nacionales e internacionales que involucren temas de seguridad y salud en el trabajo.

Con su participación se espera determinar las posturas de los movimientos más frecuentes, a partir de fotografías de la actividad laboral que usted realiza; la cual ha sido seleccionada previamente, por los requerimientos de manipulación manual de cargas asociados a su labor.

Su información fotográfica, será proporcionada a diferentes observadores en video y un instructivo, dónde se guía al observador para que realice la selección de los movimientos más frecuentes a partir de la información proporcionada. El instructivo será publicado como parte de los resultados de esta investigación.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. Su información fotográfica no se usará para ningún propósito fuera de los de esta investigación.

Usted recibirá una copia de este formato de Consentimiento Informado y autorización para uso de datos. Consérvelo en un lugar seguro y utilícela como información de referencia.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él, a la estudiante Johana Patricia Carrillo Barrera, a quién podrá ubicar en el número de celular 3003918045 o el correo electrónico carrillob_jpatricia@javeriana.edu.co. Igualmente, puede retirar su consentimiento en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Agradezco su participación.

Yo _____ declaro e igualmente manifiesto que he leído este consentimiento informado para participar en el estudio que tiene como objetivo determinar la confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas y doy mi consentimiento para que se me tomen fotografías mientras realizo mi actividad laboral. Por el presente renuncio a cualquier derecho a recibir compensación por tales usos en virtud de la autorización precedente. El término “fotografía” incluye video

o fotografía fija, en formato digital o de otro tipo, y cualquier otro medio de registro o reproducción de imágenes.

Por la presente, autorizo el uso o la divulgación de la(s) fotografía(s) a Johana Patricia Carrillo Barrera, estudiante de la Pontificia Universidad Javeriana. Esta autorización se expirará después de la fecha firmada.

He recibido una copia de este formulario de consentimiento informado y autorización para uso de datos, que puedo guardar como referencia.

Acepto la fotografía de mi actividad laboral y participo de manera voluntaria:

SI _____ NO _____

Firma del participante

No. Identificación

Fecha

Nombre y firma del personal que realiza el estudio

Anexo 4. Invitación empresarial

Invitación a participar en proyecto de investigación “Confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá (prueba piloto)”



Cordial saludo:

La ingeniera Johana Patricia Carrillo Barrera investigador principal y el Dr. Lope Hugo Barrero, invitan a empresas del sector construcción a participar en el proyecto de investigación que tiene como objetivo determinar la confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá, permitiendo a colaboradores vinculados bajo el cargo de ayudante o auxiliar de obra, que no tengan diagnósticos de tipo osteomuscular establecidos o en proceso de estudio, realizar una prueba de fuerza máxima en el Centro Javeriano de Formación Deportiva. De acuerdo con las características propias de la prueba, se requiere que la misma sea aplicada sin haber realizado fuerza previamente, motivo por el cual se desarrolla en horas de la mañana de preferencia en los días jueves o viernes por disponibilidad horaria en el Centro Javeriano de Formación Deportiva, dónde se encuentra ubicado el dinamómetro empleado en la investigación.

Como resultado del estudio, se espera definir protocolos que permitan medir fuerzas en poblaciones de trabajadores, de tal manera que eventualmente se puedan generar tablas de fuerzas máximas que permitan proteger a los trabajadores de esfuerzos excesivos.

Si está interesado en participar, solicitamos a vuelta de correo manifestar su intención proporcionándonos el número y persona de contacto para acordar detalles de la prueba.

Reiteramos nuestro interés en contar con su participación.

Atentamente,

JOHANA PATRICIA CARRILLO BARRERA

Estudiante de la Universidad Javeriana
Maestría en seguridad y salud en el trabajo
Email: carrillob_jpatricia@javeriana.edu.co
Cel: 300 3918045

LOPE HUGO BARRERO

Profesor titular
Facultad de Ingenierías de la Universidad Javeriana
Email: lopehugo@javeriana.edu.co
Ext. 5281

Anexo 5. Encuesta previa

Nombre:

Edad:

Género:

Empresa:

Fecha de Nacimiento:

Peso:

Altura

Las siguientes preguntas han sido tomadas del cuestionario de salud SF-12 para identificar su perfil de salud para realizar la prueba de fuerza propuesta en el proyecto de investigación del cual usted es participante.

Las preguntas que siguen se refieren a lo que usted piensa de su salud. Sus respuestas permitirán saber cómo se encuentra usted y hasta qué punto es capaz de hacer sus actividades habituales.

1. En general, usted diría que su salud es:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala

2. Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual, ¿le limita para hacer esas actividades o cosas? Si es así, ¿Cuánto?

	1	2	3
	Si, me limita mucho	Si, me limita un poco	No, no me limita nada
1. Esfuerzos moderados , como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de 1 hora.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Subir varios pisos por escalera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Durante las **4 últimas semanas**, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, **a causa de su salud física**?

- | | 1 | 2 |
|--|--------------------------|--------------------------|
| | Si | No |
| 3. ¿ Hizo menos de lo que hubiera querido hacer? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ¿Tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Durante las **4 últimas semanas**, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, **a causa de algún problema emocional** (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

- | | 1 | 2 |
|--|--------------------------|--------------------------|
| | Si | No |
| 5. ¿ Hizo menos de lo que hubiera querido hacer, por algún problema emocional ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. ¿No hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, por algún problema emocional ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
7. Durante las **4 últimas semanas**, ¿hasta qué punto **el dolor** le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?

- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nada | Un poco | Regular | Bastante | Mucho |

Las preguntas que siguen se refieren a como se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las **4 semanas**. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted. Durante las **4 últimas semanas** ¿cuánto tiempo...

- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| Siempre | Casi siempre | Muchas veces | Algunas veces | Solo alguna vez | Nunca |

-
8. ...se sintió calmado y tranquilo?
9. ...tuvo mucha energía?
10. ...se sintió desanimado y triste?

11. Durante las **4 últimas semanas**, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

- | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Siempre | Casi siempre | Algunas veces | Solo alguna vez | Nunca |

Las siguientes preguntas han sido tomadas del Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ), desarrollado por la Organización Mundial de la Salud, para identificar su nivel de actividad física.

En el trabajo

- | | 1 | 2 |
|--|--------------------------|--|
| | Sí | No (Pase a la pregunta 16) |
| 12. ¿Exige su trabajo una actividad física intensa que implica una aceleración importante de la respiración o de ritmo cardiaco, como (levantar pesos, cavar o trabajos de construcción) durante al menos 10 minutos consecutivos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. En una semana típica ¿Cuántos días realiza usted actividades físicas intensas en su trabajo? | | 1
Número de días
<input type="checkbox"/> |

-
- 1
**Número
Horas**
14. En uno de esos días en los que realiza actividades físicas intensas,
¿Cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?
- 1 2
**Sí No (Pase a
la
pregunta
19)**
15. ¿Exige su trabajo una actividad de intensidad moderada que
implica una ligera aceleración de la respiración o del ritmo
cardíaco, como caminar deprisa (o transportar pesos ligeros)
durante al menos 10 minutos consecutivos?
- 1
**Número
de días**
16. En una semana típica ¿Cuántos días realiza usted actividades de
intensidad moderada en su trabajo?
- 1
**Número
Horas**
17. En uno de esos días en los que realiza actividades físicas de intensidad
moderada, ¿Cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades?
- Para desplazarse**
- 1 2
**Sí No (Pase a
la
pregunta
22)**
18. ¿Camina usted o usa usted una bicicleta al menos 10
minutos consecutivos en sus desplazamientos?
- 1

-
- Número de días**
19. En una semana típica ¿Cuántos días camina o va en bicicleta al menos 10 minutos consecutivos en sus desplazamientos?
- 1
- Número Horas**
20. En un día típico, ¿Cuánto tiempo pasa caminando o yendo en bicicleta para desplazarse?
- En el tiempo libre**
- | | 1 | 2 | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| | Sí | No (Pase a la pregunta 25) | |
| 21. ¿En su tiempo libre, practica usted deportes/fitness intensos que implican una aceleración importante de la respiración o del ritmo cardíaco como (correr, jugar al futbol) durante al menos 10 minutos consecutivos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | | | 1 |
| | | | Número de días |
| 22. En una semana típica ¿Cuántos días practica usted deportes/fitness intensos en su tiempo libre? | | | <input type="checkbox"/> |
| | | | 1 |
| | | | Número Horas |
| 23. En uno de esos días en los que practica deportes/fitness intensos, ¿Cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades? | | | <input type="checkbox"/> |

- | | 1 | 2 |
|---|--------------------------|-----------------------------------|
| | Sí | No (Pase a la pregunta 28) |
| 24. ¿En su tiempo libre, practica usted alguna actividad de intensidad moderada que implica una ligera aceleración de la respiración o del ritmo cardiaco (ir en bicicleta, nadar, jugar al voleibol) durante al menos 10 minutos consecutivos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- | | 1 |
|--|--------------------------|
| | Número de días |
| 25. En una semana típica ¿Cuántos días practica usted actividades físicas de intensidad moderada en su tiempo libre? | <input type="checkbox"/> |

- | | 1 |
|--|--------------------------|
| | Número Horas |
| 26. En uno de esos días en los que practica actividades físicas de intensidad moderada, ¿Cuánto tiempo suele dedicar a esas actividades? | <input type="checkbox"/> |

Comportamiento sedentario

- | | 1 |
|--|--------------------------|
| | Número Horas |
| 27. ¿Cuánto tiempo suele pasar sentado o recostado en un día típico? | <input type="checkbox"/> |

Las siguientes preguntas han sido tomadas del cuestionario AUDIT de la Organización Mundial de la Salud, con el fin de identificar sus hábitos de consumo de licor:

0 1 2 3 4

- | | Nunca
(Pase a la
pregunta 39) | Una o
dos veces
al mes | De 2
a 4 veces
al mes | De 2 a 3
veces a la
semana | 4 o más
veces a la
semana |
|---|---|---|--|--|--|
| 28. ¿Con que frecuencia consume alguna bebida alcohólica? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29. ¿Cuántas consumiciones de bebidas alcohólicas suele realizar en un día de consumo normal? | 1 o 2
<input type="checkbox"/> | 3 o 4
<input type="checkbox"/> | 5 o 6
<input type="checkbox"/> | 7, 8 o 9
<input type="checkbox"/> | 10 o más
<input type="checkbox"/> |
| 30. ¿Con que frecuencia toma 6 o más bebidas alcohólicas en un solo día? | 0
Nunca
<input type="checkbox"/> | 1
Menos de una vez al mes
<input type="checkbox"/> | 2
Mensualmente
<input type="checkbox"/> | 3
Semanalmente
<input type="checkbox"/> | 4
A diario o casi a diario
<input type="checkbox"/> |
| 31. ¿Con que frecuencia en el curso del último año ha sido incapaz de parar de beber | 0
Nunca
<input type="checkbox"/> | 1
Menos de una vez al mes
<input type="checkbox"/> | 2
Mensualmente
<input type="checkbox"/> | 3
Semanalmente
<input type="checkbox"/> | 4
A diario o casi a diario
<input type="checkbox"/> |

una vez había
empezado?

- | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Nunca | Menos de
una vez
al mes | Mensualmente | Semanalmente | A diario
o casi a
diario |
| 32. ¿Con que frecuencia en el curso del último año no pudo hacer lo que se esperaba de usted porque había bebido? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Nunca | Menos de
una vez
al mes | Mensualmente | Semanalmente | A diario o
casi a
diario |
| 33. ¿Con que frecuencia en el curso del último año ha necesitado beber en ayunas para recuperarse después de haber bebido mucho el día anterior? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

0	1	2	3	4
Nunca	Menos de una vez al mes	Mensualmente	Semanalmente	A diario o casi a diario

-
34. ¿Con que frecuencia en el curso del último año ha tenido remordimientos o sentimientos de culpa después de haber bebido?
- | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Nunca | Menos de una vez al mes | Mensualmente | Semanalmente | A diario o casi a diario |
35. ¿Con que frecuencia en el curso del último año no ha podido recordar lo que sucedió la noche anterior porque había estado bebiendo?
- | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
36. ¿Usted o alguna otra persona ha resultado herido porque usted había bebido?
- | | | | |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 0 | 1 | 2 |
| | No | Sí, pero no en el curso del último año | Sí, el último año |
37. ¿Algún familiar, amigo, médico o profesional sanitario ha mostrado preocupación por su
- | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
-

consumo de bebidas
alcohólicas o le han
sugerido que deje de
beber?

Las siguientes preguntas han sido tomadas del Test Fagestrom, con el fin de identificar sus hábitos de consumo de tabaco:

- | | 0
Diariamente
(Pase a las
preguntas 46) | 1
Algunos
días | 2
No fuma | 3
No sabe |
|---|---|---|--------------------------|--------------------------|
| 38. ¿Con que frecuencia fuma cigarrillo? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | 1
5 o menos | 2
De 6 a 30 | 3
De 31 a 60 | 4
Más de 60 |
| 39. ¿Cuántos minutos pasan entre el momento de levantarse y fumar el primer cigarrillo? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1
Sí | 2
No | |
| 40. ¿Encuentra dificultad para abstenerse de fumar en lugares donde está prohibido? | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | | 1
El primero de
la mañana | 2
Otros | |
| 41. ¿Qué cigarrillo le costaría más dejar? | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |

- | | Más de 30 | Entre 21 y 30 | Entre 11 y 20 | Menos de 11 |
|---|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 42. ¿Cuántos cigarrillos fuma al día? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 43. ¿Fuma más durante las primeras horas de la mañana que durante el resto del día? | | 1
Sí
<input type="checkbox"/> | 2
No
<input type="checkbox"/> | |
| 44. ¿Fuma cuando no se encuentra bien o cuando está enfermo? | | 1
Sí
<input type="checkbox"/> | 2
No
<input type="checkbox"/> | |

Las siguientes preguntas han sido tomadas del cuestionario Nórdico de detección y análisis de síntomas musculoesquelético, con el fin de identificar condiciones que puedan afectar el desarrollo de la prueba de fuerza.

- | | Cuello | Hombro | Dorsal o lumbar | Codo o antebrazo | Muñeca o mano |
|---|--|--|--|--|--|
| 45. ¿ha tenido molestias en.....? | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> |
| 46. ¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo? | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> |
| 47. ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses? | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> | Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/> |

48. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días
<input type="checkbox"/> 8 a 30 días	<input type="checkbox"/> 8 a 30 días	<input type="checkbox"/> 8 a 30 días	<input type="checkbox"/> 8 a 30 días	<input type="checkbox"/> 8 a 30 días
<input type="checkbox"/> > a 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > a 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > a 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > a 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > a 30 días, no seguidos
<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre

49. ¿Cuánto dura cada episodio?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora
<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas
<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,
<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas
<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes

50. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 12 meses?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 0 días	<input type="checkbox"/> 0 días
<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días,
<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas
<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes

51. ¿Ha recibido tratamiento por esas molestias en los últimos 12 meses?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

52. ¿Ha tenido molestias en los últimos 7 meses?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>
No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

53. ¿Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestia) y 5 (molestias muy fuertes)?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5

54. ¿A qué atribuye estas molestias?

Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano

En el siguiente espacio puede registrar información que sea de su interés

En el siguiente espacio puede registre su percepción de la prueba realizada>

Anexo 6. Consentimiento informado.

El presente estudio es realizado por la estudiante Johana Patricia Carrillo Barrera y el profesor Lope Hugo Barrero, en el contexto de un trabajo de grado de la Maestría en Seguridad y Salud en el trabajo de la Pontificia Universidad Javeriana. El estudio tiene como objetivo determinar la confiabilidad de la medición de fuerza máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá.

Este estudio no tiene beneficios directos para usted como participante. Como resultado del estudio, se espera definir protocolos que permitan medir fuerzas en poblaciones de trabajadores, de tal manera que eventualmente se puedan generar tablas de fuerzas máximas que permitan proteger a los trabajadores de esfuerzos excesivos. Los resultados de esta investigación podrán ser publicados en revistas científicas, simposios, congresos nacionales e internacionales que involucren temas de seguridad y salud en el trabajo.

El tiempo total estimado de su participación en este estudio es de aproximadamente 1 hora 30 minutos. Si usted accede a participar, primero se le pedirá que llene una encuesta con información general sobre su estado de salud, síntomas musculoesqueléticos, nivel de actividad física, hábitos frente al consumo de alcohol y de tabaco. En segundo lugar, se realizará la definición de la posición de sus pies para cada esfuerzo, señalando con un marcador la silueta de estos en el pliego de papel fijado al piso, una vez es ajustado el ángulo de flexión en rodilla y espalda. Posteriormente, se le pedirá completar una prueba física dónde deberá aplicar fuerza de forma progresiva hasta alcanzar su máximo esfuerzo en las tres posturas mencionadas a continuación:

Simulando el levantamiento de carga desde un nivel por debajo de la cintura.

Simulando la acción de halar carga desde un nivel ubicado entre cintura y hombros.

Simulando el levantamiento de carga desde un nivel ubicado por encima de los hombros.

En cada postura deberá realizar tres repeticiones, durante 6 segundos con un periodo de descanso entre repetición de 2 minutos. La prueba será grabada para efectos de observar posibles ajustes en la postura que modifiquen el desempeño durante la prueba, esta información no será publicada como parte de los resultados de la investigación.

Participar en este estudio conlleva riesgos, pues la realización de un esfuerzo máximo puede ocasionar lesiones osteomusculares. Para minimizar el riesgo, solo podemos incluir en el estudio personas sin diagnóstico o molestia alguna de tipo osteomuscular, que además tienen en la actualidad un trabajo que incluye la realización de esfuerzos. Al firmar este consentimiento usted certifica que está en buen estado de salud y que no tiene contraindicación alguna para hacer esfuerzos. De igual manera, se harán ejercicios de calentamiento que le pedimos seguir estrictamente. Por último, solo puede participar en este estudio personas que tengan servicio vigente de salud, por ejemplo, de EPS.

En caso de presentar molestias, por favor indíquelo de manera inmediata para terminar el desarrollo de la prueba. Si se requiriere, será evaluado por un deportólogo del Centro Javeriano de Formación Deportiva y el investigador le prestará ayuda para acceder a un servicio de salud cercano al que esté afiliado. Sin embargo, ni el estudiante, ni el programa al que pertenece el estudiante, ni la Universidad se hacen responsables de los costos de tratamiento médico alguno por alguna molestia o daño que se presente durante el estudio, por coincidencia o a causa de su participación en el estudio.

Durante la realización de la prueba deberá mantenerse en la zona señalada por el investigador como segura en caso de presentarse algún movimiento inesperado del equipo.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. Su información escrita y grabada será confidencial y no se usará para ningún propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas a la encuesta serán codificadas usando un número de identificación para garantizar el anonimato.

Usted tiene derecho a retirarse en cualquier momento del estudio sin tener que ofrecer explicación alguna sobre su decisión.

Usted recibirá una copia de este formato de Consentimiento Informado. Consérvelo en un lugar seguro y utilícela como información y referencia durante todo el desarrollo del estudio. Esta investigación se llevará a cabo de acuerdo con la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud. Este documento fue revisado y aprobado por el Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Enfermería cumple con todos los requerimientos metodológicos y éticos para ser desarrollado.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación a la estudiante Johana Patricia Carrillo Barrera, a quién podrá ubicar en el número de celular 3003918045 o el correo electrónico carrillob_jpatricia@javeriana.edu.co. Igualmente, puede retirar su consentimiento en cualquier momento antes que sea realizada sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Agradezco su participación.

Yo _____ declaro e igualmente manifiesto que he leído este consentimiento informado para realizar la prueba física de este estudio.

Reconozco que la información que yo provea en el curso es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento, he sido informado de los peligros que puede representar a mi salud y los controles previstos para reducir el nivel de riesgo. También he sido informado (a) de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

He recibido una copia de este formulario de consentimiento informado que puedo guardar como referencia.

Acepto la realización de la prueba y participo de manera voluntaria:

SI _____ NO _____


Firma del participante

No. Identificación

Fecha

Nombre y firma del personal que realiza el estudio

Anexo 7. Hoja de datos.

<p style="text-align: center;">Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo Proyecto de investigación Confiabilidad en la medición de fuerza isométrica máxima isométrica en posturas seleccionadas, aplicada a una población industrial colombiana de la ciudad de Bogotá (Prueba Piloto) Hoja de datos</p> 									
DATOS GENERALES DEL PARTICIPANTE									
Nombre completo									
No. Identificación									
Fecha de nacimiento									
Sexo			Peso			Estatura			
<p><i>En los siguientes datos, debe tener la longitud a la que se encuentra en los siguientes miembros, es decir, la longitud total del brazo, la longitud que existe entre su pie y su rodilla, la que se encuentra entre su cadera y rodilla, y la longitud que hay entre cadera y hombro, dados en centímetros</i></p>									
DISTANCIA ENTRE ARTICULACIONES									
Tobillo - rodilla					Cadera - hombro				
Rodilla - cadera					Distancia entre hombros				
DATOS DE LA PRUEBA									
La siguiente información corresponde a los datos arrojados en el computador al momento de realizar cada una de las posturas									
Info	PROTOCOLO 1			PROTOCOLO 2			PROTOCOLO 3		
	Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Hora									
Par max									
Par min									
Ratio Pmin/max									
Tiempo al Pmax									
Tiempo al Pmin									
Nm max/kg									
Par media									
Par fatiga									
Trabajo estático									
N (máx)									
Kgf (máx)									
N (min)									
Kgf (min)									
Longitud del brazo									
Ángulo del brazo									
Altura del cabezal									

Anexo 8. Resultados de las observaciones

Observador 1

Momento	Observación	
	1° Vez	2° Vez
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	17	17
6	1	1
7	14	14
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	17	26
13	14	14
14	17	17
15	17	17
16	17	17
17	16	17
18	16	16
19	17	17
20	16	16
21	1	1
22	1	1
23	1	1

Observador 2

Momento	Observación	
	1° Vez	2° Vez
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	17	17

5	11	14
6	1	1
7	16	14
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	17	17
13	20	20
14	17	17
15	6	16
16	17	17
17	1	1
18	15	20
19	17	17
20	17	14
21	1	1
22	1	1

Observador 3

Momento	Observador	
	1° Vez	2° Vez
1	1	1
2	1	1
3	16	11
4	26	17
5	23	14
6	1	1
7	23	17
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	7	8
13	25	25
14	22	22
15	14	14
16	14	14

17	1	14
18	22	1
19	16	14
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	1	1

Observador 4

Momento	Observador	
	1° Vez	2° Vez
1	1	1
2	1	1
3	23	20
4	17	1
5	14	26
6	17	17
7	15	15
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	14	14
13	1	1
14	17	17
15	18	26
16	27	17
17	23	20
18	16	16
19	23	23
20	17	17
21	1	1

ID	Movimiento
1	No hay movimiento con manipulación de carga
2	Halar desde un nivel por encima del hombro
3	Halar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
4	Halar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
5	Halar desde un nivel entre cintura y hombro
6	Halar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
7	Halar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
8	Halar desde un nivel por debajo de la cintura
9	Halar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
10	Halar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura
11	Levantar desde un nivel por encima del hombro
12	Levantar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
13	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
14	Levantar desde un nivel entre cintura y hombro
15	Levantar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
16	Levantar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
17	Levantar desde un nivel por debajo de la cintura
18	Levantar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
19	Levantar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura
20	Descargar desde un nivel por encima del hombro
21	Descargar girando a la derecha desde un nivel por encima del hombro
22	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por encima del hombro
23	Descargar desde un nivel entre cintura y hombro
24	Descargar girando a la derecha desde un nivel entre cintura y hombro
25	Descargar girando a la izquierda desde un nivel entre cintura y hombro
26	Descargar desde un nivel por debajo de la cintura
27	Descargar girando a la derecha desde un nivel por debajo de la cintura
28	Descargar girando a la izquierda desde un nivel por debajo de la cintura

Anexo 9. Resultados de torque y fuerza en las diferentes posturas.

Participante	P. Máx.			P. Máx. Promedio	Longitud del brazo	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (Kgf)
	R1	R2	R3				
1	285,1	260,9	248,2	264,7	0,50	529,5	54,0
2	276,2	244,4	248,5	256,4	0,50	512,7	52,3
3	126,7	152,6	156,0	145,1	0,50	290,2	29,6
4	233,1	232,4	284,2	249,9	0,50	499,8	50,9
5	153,2	179,6	184,3	172,4	0,50	344,7	35,1
6	213,9	218,6	194,5	209,0	0,50	418,0	42,6
7	334,2	326,6	365,4	342,1	0,50	684,1	69,7
8	216,1	235,4	227,0	226,2	0,50	452,3	46,1
9	162,4	191,4	185,4	179,7	0,50	359,5	36,6
10	193,9	199,4	193,3	195,5	0,50	391,1	39,9
11	294,2	263,4	238,6	265,4	0,50	530,8	54,1
12	301,7	333,7	359,4	331,6	0,50	663,2	67,6
13	295,7	275,1	284,5	285,1	0,50	570,2	58,1
14	324,6	323,0	338,7	328,8	0,50	657,5	67,0
15	129,0	155,0	151,4	145,1	0,50	290,3	29,6
Promedio	236,00	239,43	243,96	239,8	0,50	479,60	48,9

Participante	P. Máx.			P. Máx. Promedio	Longitud del brazo	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (Kgf)
	R1	R2	R3				
1	13,9	12,7	9,6	12,07	0,59	24,69	2,52
2	9,4	20,7	9,3	13,13	0,50	4,10	0,42
3	5,0	7,5	8,3	6,93	0,50	10,12	1,03
4	9,9	5,5	6,7	7,37	0,50	15,78	1,61
5	6,5	13,9	6,8	9,07	0,560	22,95	2,34
6	27,7	44,7	40,7	37,70	0,53	78,69	8,02























7	23,1	19,9	14,8	19,27	0,50	137,42	14,01
8	7,6	4,5	4,4	5,50	0,50	14,97	1,53
9	26,6	16,9	9,7	17,73	0,53	54,84	5,59
10	21,1	25,6	59,0	35,23	0,54	150,29	15,33
11	16,2	12,0	11,4	13,20	0,50	42,92	4,38
12	16,1	15,4	19,8	17,10	0,50	35,45	3,61
13	11,3	13,8	16,5	13,87	0,50	33,01	3,37
14	31,2	55,2	60,8	49,07	0,50	133,32	13,59
15	22,2	23,1	21,5	22,27	0,525	139,67	14,24
Promedio	16,5	19,4	20,0	18,6	0,5	59,9	6,1





















Postura 3









Participante	P. Máx.			P. Máx. Promedio	Longitud del brazo	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (Kgf)
	R1	R2	R3				
1	181,6	197,2	180,6	186,5	0,5	372,9	38,0
2	280,4	268,1	276,4	275,0	0,5	549,9	56,1
3	220,6	203,4	177,3	200,4	0,5	400,9	40,9
4	234,9	251,4	243,3	243,2	0,5	486,4	49,6
5	173,8	202,6	245,0	207,1	0,5	414,3	42,2
6	145,9	165,5	168,3	159,9	0,5	319,8	32,6
7	228,8	202,7	249,8	227,1	0,5	454,2	46,3
8	180,3	175,1	144,8	166,7	0,5	333,5	34,0
9	221,9	203,7	250,0	225,2	0,5	450,4	45,9
10	133,2	156,1	216,9	168,7	0,5	337,5	34,4
11	292,0	264,8	263,1	273,3	0,5	546,6	55,7
12	189,8	202,7	203,4	198,6	0,5	397,3	40,5
13	269,3	315,0	342,6	309,0	0,5	617,9	63,0
14	298,5	262,6	216,5	259,2	0,5	518,4	52,8
15	106,0	112,5	126,2	114,9	0,5	216,8	22,1
Promedio	210,5	212,2	220,3	214,3	0,5	427,8	43,6

Fuente: Elaboración propia.





Anexo 10. Evaluación de operaciones críticas.

No.	ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAS INVOLUCRADAS	CRITERIOS				CALIFICACIÓN				
				Existe manipulación de carga	Se realizan movimientos repetitivos	Se adquieren posturas inadecuadas	Se involucra más de una persona en la actividad	Aspectos presentes	Rojos	Verdes	Total	Criticidad
0	Bodega	 Operativa						0	0	0	0	BAJA
1	Recepción del pedido.	 Operativa			x			1	0	0	1	BAJA
2	El vendedor solicita verificación de estado de crédito para realizar el pedido bajo esta modalidad de pago.	 Administrativa				x	x	2	0	2	3	MEDIA
3	Verificación de existencias en bodega.	 Operativa				x		1	0	0	1	BAJA
4	Hacer pedido de producto en déficit	 Administrativa				x		1	0	0	1	BAJA
5	Descargue y verificación de producto en solicitado en bodega	 Operativa		x	x	x		3	3	0	6	ALTA
6	Ingreso de producto a inventario, software contable.	 Administrativa			x	x		2	0	2	3	MEDIA
7	Enlistar pedido para despacho.	 Operativa				x		1	0	0	1	BAJA
8	Definir ruta para entrega de producto.	 Operativa				x		1	0	0	1	BAJA
9	Elaborar factura para entrega de producto y descargue de inventario en software contable.	 Administrativa			x	x		2	0	0	2	BAJA
10	Cargar y acomodar producto en vehículo, verificar que esté completo.	 Operativa		x	x	x	x	4	4	0	8	ALTA

No.	ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAS INVOLUCRADAS	CRITERIOS				CALIFICACIÓN				
				Existe manipulación de carga	Se realizan movimientos repetitivos	Se adquieren posturas inadecuadas	Se involucra más de una persona en la actividad	Aspectos presentes	Rojos	Verdes	Total	Criticidad
11	Transporte de producto hasta el sitio de uso señalado por el cliente.	 Transporte			x			1	0	1	1,5	BAJA
12	Descargar y verificación de producto en el sitio de uso señalado por el cliente.	 Operativa		x	x	x	x	4	3	1	7,5	ALTA
13	Registro y cargue de devoluciones.	 Operativa		x	x	x	x	4	3	1	7,5	ALTA
14	Traslado a bodega.	 Transporte			x			1	0	0	1	BAJA
15	Inspección de vehículo y solicitud de autorización para reparación de vehículo en caso de requerirse.	 Operativa				x		1	0	0	1	BAJA
16	Traslado a taller para reparación con autorización de gerencia.	 Transporte			x			1	0	1	1,5	BAJA
17	Entrega de copia de factura a la Aux. administrativa para cobro posterior.	 Administrativa				x		1	0	0	1	BAJA
18	Cargue de información en software contable.	 Administrativa			x	x		2	0	2	3	MEDIA
19	Revisión de facturas pendientes de pago y definición de ruta para cobro.	 Administrativa				x		1	0	0	1	BAJA
20	Definir ruta para cobro de cuentas por pagar	 Administrativa				x		1	0	0	1	BAJA

No.	ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAS INVOLUCRADAS	CRITERIOS				CALIFICACIÓN				
				Existe manipulación de carga	Se realizan movimientos repetitivos	Se adquieren posturas inadecuadas	Se involucra más de una persona en la actividad	Aspectos presentes	Rojos	Verdes	Total	Criticidad
21	Realizar ruta para cobro de facturas.	 Transporte			x			1	0	1	1,5	BAJA
22	Realizar entrega de dinero recaudado a Gerencia Administrativa.	 Administrativa				x		1	0	0	1	BAJA
23	Cargue de información en software contable.	 Administrativa			x	x		2	0	2	3	MEDIA
24	Realizar informes contables.	 Administrativa			x	x	x	3	0	3	4,5	MEDIA

Anexo 11. Cargos críticos.

CARGO		CRITERIOS				CALIFICACIÓN				
		El levantamiento de carga se realiza en un periodo < o = al 30%, mayor al 10% de la jornada de trabajo	El levantamiento de carga se realiza en un periodo > o = al 50% de la jornada de trabajo	El movimiento de carga es en diferentes niveles	El movimiento de carga es en un mismo nivel	Aspectos presentes	Rojos	Verdes	Total	Criticidad
Jefe de bodega		x			x	2	0	2	3	MEDIA
Auxiliar de bodega		x			x	2	0	2	3	MEDIA
Conductor			x	x	x	3	2	1	7,5	ALTA
Auxiliar de conductor			x	x	x	3	2	1	7,5	ALTA

Curriculum Vitae de la Investigadora

Johana Patricia Carrillo Barrera

- ✓ Formación Académica: Universidad industrial de Santander (UIS): Ingeniera Mecánica.
- ✓ Escuela Colombiana de Ingeniería: Especialista en Sistemas Integrados de Gestión QHSE
- ✓ Pontificia Universidad Javeriana: Estudiante de la Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Profesional en Ingeniera Mecánica, especialista en Gestión integrada QHSE, amplia experiencia en el diseño e implementación de sistemas de gestión integrados HSEQ, con pensamiento estratégico, espíritu emprendedor, capacidad de reacción rápida ante los cambios del entorno, creatividad, generación de ideas y gran disposición para el trabajo en equipo, anteponiendo los intereses colectivos a los individuales. Seria, íntegra y responsable.