



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE
UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS POSTURALES
EN LA MANO DE TRABAJADORES DE OFICINA.”**

**VÉLEZ NÚÑEZ, LOURDES ANDREA
PAZ Y MIÑO SOLA, CARLOS ALBERTO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: INVESTIGATIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA- ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

LOURDES ANDREA VÉLEZ NÚÑEZ

Titulado:

**“CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE UN
PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS POSTURALES EN LA MANO
DE TRABAJADORES DE OFICINA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERIO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DIRECTOR

Ing. Javier José Gavilanes Carrión
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CARLOS ALBERTO PAZ Y MIÑO SOLA

Titulado:

**“CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE UN
PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS POSTURALES EN LA MANO
DE TRABAJADORES DE OFICINA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERIO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DIRECTOR

Ing. Javier José Gavilanes Carrión
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LOURDES ANDREA VÉLEZ NÚÑEZ

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS POSTURALES EN LA MANO DE TRABAJADORES DE OFICINA”**

Fecha de Examinación: 2018-05-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Carlos José Santillán Mariño DIRECTOR			
Ing. Javier José Gavilanes Carrión ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE PROYECTO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARLOS ALBERTO PAZ Y MIÑO SOLA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS TÉCNICAS Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL ANÁLISIS DE CARGAS POSTURALES EN LA MANO DE TRABAJADORES DE OFICINA”

Fecha de Examinación: 2018-05-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Carlos José Santillán Mariño DIRECTOR			
Ing. Javier José Gavilanes Carrión ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Lourdes Andrea Vélez Núñez

Carlos Alberto Paz y Miño Sola

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, LOURDES ANDREA VÉLEZ NÚÑEZ y CARLOS ALBERTO PAZ Y MIÑO SOLA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente se encuentran debidamente citados y referenciados. Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Lourdes Andrea Vélez Núñez

Carlos Alberto Paz y Miño Sola

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Titulación, a mi mejor amigo, compañero de clases y de vida, mi esposo Carlos Paz y Miño, a mis padres Lourdes Nuñez y José Vélez, a mis hermanos José Vélez y Paulina Vélez, y a mi cuñada Shellie Vélez.

Lourdes Andrea Vélez Núñez

Dedico este Trabajo de Titulación, a mi apoyo incondicional y compañera de vida, mi esposa Andrea Vélez, así como a mis padres Jaime Paz y Miño y Nancy Sola, a mis hermanos Jaime Paz y Miño y Samantha Paz y Miño.

Carlos Alberto Paz y Miño Sola

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi esposo Carlos Paz y Miño, quien también fue mi mejor amigo y compañero de clases durante toda la Universidad, quien en cada momento me ayudó a ser mejor persona, a no rendirme, quien estuvo en las buenas y en las malas, quien fue mi ejemplo a seguir y mi inspiración.

Agradezco también a mi madre quien me aconsejó sabiamente durante la universidad, quien no dejó que me falte nada, quién por mí sacrificó tiempo con el resto de sus hijos y nietos, cuyas palabras “mientras estes conmigo no te faltará nada mijita, fueron mi apoyo y mi tranquilidad durante no solo la Universidad, pero mi vida entera. Agradezco a mi padre, quien ha estado conmigo en momentos en los que nadie lo hizo, quien siempre me apoya, quien confía y cree en mi como nadie más lo hace, y a quien le debo la confianza que tengo en mi misma.

A mi hermana, quien me ha ayudado a estudiar, a la cual no le importó revisar sus apuntes de años atrás y volver a entender todo de nuevo con tal de ayudarme, y sin la cual hubiese sido más difícil mi vida Universitaria, quien con su ejemplo académico me ha impulsado a ser mejor.

Lourdes Andrea Vélez Núñez

Agradezco a mi esposa Andrea Vélez, pues me ha enseñado lecciones que van más allá de lo académico. Su apoyo y su amor incondicional han sido pieza fundamental en mi desarrollo como persona y profesional, además de inspirarme con sus ganas de salir adelante y su gran fuerza de voluntad en todo momento, me ha convertido en una mejor persona y seguiré mejorando a su lado por el resto de mi vida.

Agradezco a mi padre pues sus sabios consejos, me han permitido tomar mejor mis desiciones, su apoyo incondicional en todo aspecto de mi vida ha influenciado en gran manera mis logros alcanzados. Por ser el gestor de mi educación no solo en un nivel económico sino también en un nivel emocional. A mi madre pues me ha enseñado a nunca rendirme sin importar como se encuentre la situación, a siempre ver lo bueno en la vida y saber que no importa que pase, siempre la tengo a mi lado apoyándome en cada logro y en cada derrota.

A mi hermano pues sus valiosos consejos y su manera de escucharme, me han dado gran confianza en mi mismo. Gracias por escucharme y estar conmigo cuando mas te he necesitado. A mi hermana y a mi cuñado pues siempre han estado ayudándome sabiendo que puedo contar con ellos en todo momento desde que he sido pequeño.

Carlos Alberto Paz y Miño

TABLA DE CONTENIDO

Páginas

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Justificación.....	6
1.3.	Objetivos.....	8
<i>1.3.1.</i>	<i>Objetivo General.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>8</i>
1.4.	Hipótesis.....	8
1.5.	Métodos y Técnicas.....	10

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	12
2.1.	Evaluación de un puesto de trabajo.....	12
<i>2.1.1.</i>	<i>Puestos de trabajo: La Oficina.....</i>	<i>13</i>
<i>2.1.2.</i>	<i>Puestos de trabajo: La Industria.....</i>	<i>15</i>
2.2.	Métodos actuales para evaluar posturas.....	15
<i>2.2.1.</i>	<i>Método RULA y REBA.....</i>	<i>16</i>
<i>2.2.2.</i>	<i>Método OWAS.....</i>	<i>21</i>
<i>2.2.3.</i>	<i>Evaluación Postural Rápida.....</i>	<i>23</i>
<i>2.2.4.</i>	<i>Ergoniza y Ruler.....</i>	<i>23</i>
<i>2.2.5.</i>	<i>Método de interpolación de percentiles.....</i>	<i>24</i>
<i>2.2.6.</i>	<i>Ley de Rohmert.....</i>	<i>25</i>
2.3.	Repetitividad de movimientos.....	25
2.4.	La Mano.....	26
<i>2.4.1.</i>	<i>Afecciones en la mano: Túnel Carpiano.....</i>	<i>27</i>
2.5.	Estadísticas.....	29
2.6.	Modelos ergonómicos, métodos y medidas.....	30

2.7.	Modificaciones ergonómicas: datos necesarios al momento de tomar una decisión.....	35
------	---	-----------

CAPÍTULO III

3.	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO TIPO GUANTE Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE.....	37
3.1.	Trabajos previos.....	37
3.2.	Contrucción de prototipo tipo guante.....	39
3.2.1.	<i>Materiales, equipos y software utilizados.....</i>	<i>43</i>
3.2.2	<i>Circuito electrónico y programación.....</i>	<i>45</i>
3.2.2.1	<i>Circuito electrónico.....</i>	<i>45</i>
3.2.2.2	<i>Calibración en Arduino.....</i>	<i>45</i>
3.2.2.3	<i>Programación en MATLAB.....</i>	<i>47</i>
3.2.2.4	<i>Código de MATLAB.....</i>	<i>48</i>
3.2.3	<i>Diseño y funcionamiento de la GUIDE.....</i>	<i>49</i>
3.3	Utilización del software.....	50

CAPÍTULO IV

4.	VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO TIPO GUANTE Y SOFTWARE.....	53
4.1	Determinación y toma de muestra.....	53
4.2	Pruebas Estadísticas.....	54
4.2.1	<i>Medidas de tendencia central, medidas de dispensión, asimetría y curtosis.....</i>	<i>54</i>
4.2.2	<i>Validación de hipótesis.....</i>	<i>58</i>
4.3.	Resultados del Prototipo tipo guante aplicado a trabajadores de oficina.....	65
4.3.1	<i>Resultados en relación con el tiempo de ángulos riesgosos.....</i>	<i>90</i>
4.3.2	<i>Comparación de tiempos obtenidos con tiempos recomendados.....</i>	<i>94</i>
4.4	Guías de observación y encuestas realizadas.....	96

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

		Páginas
Tabla 1-1	Parámetros de la variable independiente: Carga postural en la mano.....	9
Tabla 2-1	Parámetros de la variable dependiente: Prototipo de guante.....	9
Tabla 1-2	Puntuación RULA global para el Grupo A.....	19
Tabla 2-2	Puntuación RULA global para el Grupo B.....	19
Tabla 3-2	Nivel de actuación según la puntuación final obtenida.....	21
Tabla 4-2	Niveles de actuación en EPR.....	23
Tabla 5-2	Datos de movilidad para hombres y mujeres.....	32
Tabla 6-2	Dimensiones del cuerpo de civiles estadounidenses adultos mujer/hombre, en mm.....	33
Tabla 7-2	Dimensiones antropométricas del hombre ecuatoriano.....	34
Tabla 8-2	Dimensiones antropométricas de la mujer ecuatoriana.....	35
Tabla 1-3	Tabla comparativa y valorativa de diferencias entre Prototipos.....	41
Tabla 2-3	Materiales con sus respectivas especificaciones y propósito.....	43
Tabla 3-3	Equipos utilizados en la construcción del Prototipo tipo guante.....	44
Tabla 4-3	Softwares utilizados en el Prototipo tipo guante.....	44
Tabla 5-3	Resultados de la contabilización de ángulos de extensión para el Sujeto 1.....	51
Tabla 6-3	Movimiento Angular límite de la articulación antes de la aparición de un desorden musculoesqueletico, clasificado por bajo, medio o alto riesgo.....	52
Tabla 1-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de extensión del Sujeto 1,2 y 3.....	54
Tabla 2-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de extensión del Sujeto 4,5 y 6.....	55
Tabla 3-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de flexión del Sujeto 1,2 y 3.....	55
Tabla 4-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de flexión del Sujeto 4,5 y 6.....	56
Tabla 5-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de aducción del Sujeto 1,2 y 3.....	56
Tabla 6-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de aducción del Sujeto 4,5 y 6.....	57
Tabla 7-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de abducción del Sujeto 1,2 y 3.....	57
Tabla 8-4	Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de abducción del Sujeto 4,5 y 6.....	58

Tabla 9-4	Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de extensión en los 6 sujetos.....	59
Tabla 10-4	Ánalysis de varianza para los datos de extensión en los 6 sujetos.....	59
Tabla 11-4	Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de flexión en los 6 sujetos.....	61
Tabla 12-4	Ánalysis de varianza para los datos de flexión en los 6 sujetos.....	61
Tabla 13-4	Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de aducción en los 6 sujetos.....	62
Tabla 14-4	Ánalysis de varianza para los datos de aducción en los 6 sujetos.....	62
Tabla 15-4	Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de abducción en los 6 sujetos.....	63
Tabla 16-4	Ánalysis de varianza para los datos de abducción en los 6 sujetos.....	64
Tabla 17-4	Resumen de los resultados de los ángulos de extensión de los 6 sujetos.....	65
Tabla 18-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en extensión.....	65
Tabla 19-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en extensión.....	66
Tabla 20-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en extensión.....	67
Tabla 21-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en extensión.....	68
Tabla 22-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en extensión.....	69
Tabla 23-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en extensión.....	70
Tabla 24-4	Resumen de los resultados de los ángulos de flexión de los 6 sujetos.....	71
Tabla 25-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en flexión.....	72
Tabla 26-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en flexión.....	73
Tabla 27-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en flexión.....	73
Tabla 28-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en flexión.....	74
Tabla 29-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en flexión.....	75
Tabla 30-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en flexión.....	76
Tabla 31-4	Resumen de los resultados de los ángulos de abducción de los 6 sujetos.....	77
Tabla 32-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en abducción.....	78
Tabla 33-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en abducción.....	79
Tabla 34-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en abducción.....	79
Tabla 35-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en abducción.....	80
Tabla 36-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en abducción.....	81
Tabla 37-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en abducción.....	82

Tabla 38-4	Resumen de los resultados de los ángulos de aducción de los 6 sujetos.....	83
Tabla 39-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en aducción.....	84
Tabla 40-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en aducción.....	84
Tabla 41-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en aducción.....	85
Tabla 42-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en aducción.....	86
Tabla 43-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en aducción.....	87
Tabla 44-4	Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en aducción.....	88
Tabla 45-4	Resumen final del comportamiento de los ángulos de extensión, flexión, abducción y aducción de los 6 sujetos estudiados.....	89
Tabla 46-4	Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de extensión.....	90
Tabla 47-4	Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de flexión.....	91
Tabla 48-4	Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de abducción.....	92
Tabla 49-4	Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de aducción.....	93
Tabla 50-4	Resumen Tiempo ángulos riesgosos extensión- Tiempo recomendado.....	95
Tabla 51-4	Resumen Tiempo ángulos riesgosos abducción- Tiempo recomendado.....	95
Tabla 52-4	Resultados de la encuesta al sujeto 1-6.....	96
Tabla 53-4	Resultados de las guías de observación al sujeto 1-6.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1-2	Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 1).....16
Figura 2-2	Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 2).....17
Figura 3-2	Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 3).....17
Figura 4-2	Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 4).....18
Figura 5-2	Como obtener puntuación final RULA y nivel de actuación.....20
Figura 6-2	Consideraciones del agarre en REBA.....21
Figura 7-2	Nervio afectado en el Síndrome del Túnel Carpiano.....29
Figura 1-3	Fotografías de los gestos para el Lenguaje de Señas Americano para la letra A (izquierda) y B (derecha).....37
Figura 2-3	Prototipo de ARMatron (circuito desconectado).....38
Figura 3-3	Manumeter pulsera tipo reloj.....38
Figura 4-3	Primer diseño Prototipo tipo guante.....40
Figura 5-3	Diseño final Prototipo tipo guante.....41
Figura 6-3	Esquema del Prototipo Final tipo guante.....42
Figura 7-3	Diagrama de conexión de los sensores de flexión con Arduino MEGA.....45
Figura 8-3	Código para probar funcionalidad sensores de flexión.....46
Figura 9-3	Comprobación de funcionamiento de flexoresistivos.....47
Figura 10-3	Ejes de coordenadas de los ángulos.....48
Figura 11-3	Código MATLAB de temporizadores para el Prototipo.....49
Figura 12-3	Interfaz GUIDE: MATLAB para el guante.....50
Figura 1-4	Toma de Datos a trabajadores de oficina.....53

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Páginas
Gráfico 1-3	Histograma: Ángulos de extensión Sujeto 1.....51
Gráfico 1-4	Gráfica de distribución F; $df_1=5$; $df_2: 1914$ para los ángulos de extensión.....60
Gráfico 2-4	Gráfica de distribución F; $df_1=5$; $df_2: 1914$ para los ángulos de flexión.....61
Gráfico 3-4	Gráfica de distribución F; $df_1=5$; $df_2: 1914$ para los ángulos de aducción.....63
Gráfico 4-4	Gráfica de distribución F; $df_1=5$; $df_2: 1914$ para los ángulos de abducción....64
Gráfico 5-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 1.....66
Gráfico 6-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 2.....67
Gráfico 7-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 3.....68
Gráfico 8-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 4.....69
Gráfico 9-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 5.....70
Gráfico 10-4	Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 6.....71
Gráfico 11-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 1.....72
Gráfico 12-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 2.....73
Gráfico 13-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 3.....74
Gráfico 14-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 4.....75
Gráfico 15-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 5.....76
Gráfico 16-4	Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 6.....77
Gráfico 17-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 1.....78
Gráfico 18-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 2.....79
Gráfico 19-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 3.....80
Gráfico 20-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 4.....81
Gráfico 21-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 5.....82
Gráfico 22-4	Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 6.....83
Gráfico 23-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 1.....84
Gráfico 24-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 2.....85
Gráfico 25-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 3.....86
Gráfico 26-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 4.....87
Gráfico 27-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 5.....88
Gráfico 28-4	Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 6.....89

Gráfico 29-4	Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de extensión.....	90
Gráfico 30-4	Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de flexión.....	91
Gráfico 31-4	Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de abducción.....	92
Gráfico 32-4	Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de aducción.....	93
Gráfico 33-4	Tiempo ángulos riesgosos extensión- Tiempo recomendado.....	94
Gráfico 34-4	Tiempo ángulos riesgosos abducción- Tiempo recomendado.....	95
Gráfico 35-4	Resultados de las encuestas al sujeto 1-6.....	96
Gráfico 36-4	Resultados de las guías de observación al sujeto 1-6.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Modelo de encuesta aplicada a los 6 sujetos para garantizar la comodidad del guante
Anexo B	Modelo de guía de Observación
Anexo C	Código de MATLAB
Anexo D	Datos obtenidos por el Prototipo tipo guante

RESUMEN

La construcción, pruebas técnicas y evaluación de un Prototipo para el análisis de cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina, mediante el uso de MATLAB, con el fin de prevenir enfermedades profesionales. Utilizando la investigación bibliográfica identificaron los métodos validados actualmente para el análisis ergonómico como lo son: RULA, REBA y OWAS, además del método de interpolación de percentiles y la ley de Rohmert, con las cuales se profundizó y detalló de mejor manera el análisis. El diseño del Prototipo fue realizado considerando la comodidad y seguridad para el usuario, los sensores de flexión que sujeta y el peso del Prototipo. El Software desarrollado que maneja el Prototipo consta de una interfaz que grafica las cargas posturales de la mano en tiempo real, así mismo permite obtener el tiempo máximo de exposición, el percentil y determinar la existencia de ángulos riesgosos para la mano de la persona en estudio. El tamaño de muestra calculado resultó de 640 datos por sensor de flexión, a su vez esta fue tomada de trabajadores de oficina de Bienestar Politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se obtuvo que los datos se comportan de manera cuadrática en todas las cargas posturales; el 84.33 % de los datos correspondientes a los ángulos en el movimiento de extensión en los trabajadores de oficina estudiados son de riesgo alto, así como el 78.70% correspondiente a los ángulos en el movimiento de abducción. Además, se obtuvo que del 30% al 40% del tiempo total de trabajo se sostienen ángulos riesgosos. El Prototipo mide y procesa satisfactoriamente las cargas posturales de la mano de trabajadores de oficina, además es cómodo y no impide las laborales rutinarias del usuario, se recomienda profundizar la valoración de los resultados con médicos ocupacionales y con un software certificado.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <ERGONOMÍA DE LA MANO>, <ERGONOMÍA Y PRODUCTIVIDAD>, <RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)>, <OVAKO WORKING ANALYSIS SYSTEM (OWAS)>, < RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA)>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.

ABSTRACT

The construction, technical tests and evaluation of a Prototype for the analysis of the hand postural tremor in office workers through the use of MATLAB software in order to prevent occupational diseases. The current valid methods for ergonomic analysis such as: RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment) and OWAS (Ovako Working Analysis System) were identified by using bibliographic research, in addition the percentile interpolation method and Rohmert's law were used to deepen and detail the analysis in a better way. The Prototype design was made taking into account the comfort and safety for the user, the bending sensors that holds it as well as the weight of the Prototype. The developed software which handles the prototype consists of an interface that plots the hand postural tremor in real time, also it allows to obtain the maximum exposure time and the percentile as well as determine the existence of risky angles for the hand of the person being tested. The calculated sample size was 640 data per bending sensor, this was taken from employees of the Polytechnic Welfare office at Escuela Superior Politécnica of Chimborazo. It was obtained that the data behave in a quadratic way in all postural tremors: 84.33% of the data corresponding to the angles in the extension movement, as well as the 78.70% of the data corresponding to the angles in the abduction movement in the office workers studied are high risk. In addition, it was obtained that from 30% to 40% of the total work time are risky angles. The prototype measures and processes the hand postural tremors of office workers in a satisfactory way, and also it is comfortable and does not impede the daily work of the user. It is recommended to deepen the results with occupational physicians as well as with a certified software.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <INDUSTRIAL ENGINEERING>, <ERGONOMICS OF THE HAND>, <ERGONOMICS AND PRODUCTIVITY>, <RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)>, <RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA)>, <OVAKO WORKING ANALYSIS SYSTEM (OWAS)>, <RIOBAMBA (CANTON)>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En la industria en general, la presencia de fuentes que representen un daño potencial a la persona es inevitable. A estas fuentes se les conoce como peligros, y a la materialización de estos se le conoce como riesgo. Estos pueden ser de tipo: mecánicos, físicos, químicos, biológicos y ergonómicos. A diferencia de los peligros, los riesgos son los que se pueden medir y controlar. Contemplando la realidad de que las manos son sumamente indispensables en todo tipo de trabajo, al hablar de una afección en la mano, hablamos de una disminución notable en las capacidades de un trabajador. En trabajos en los que las manos son la fuente de la actividad, como es el caso de trabajos de escritorio, de manufactura, de ensamble manual u operaciones similares, un dolor o una molestia en la mano equivale a la reducción de la producción por causas apreciables, como es el bajo rendimiento del trabajador. Weber y otros afirman:

Miles de personas que trabajan o que tienen una afición que exige movimientos repetitivos de las muñecas se encuentran con que experimentan desagradables sensaciones de hormigueo, o incluso dolores sordos en la muñeca, el pulgar y el dedo medio. Cuando esto ocurre, es señal de que la circulación se está haciendo más lenta en el diminuto túnel que hay dentro de la muñeca. Si no se cuida esto, pronto pueden aparecer otros síntomas como dolores punzantes y entumecimiento. (Weber, y otros, 2004 pág. 195)

La ergonomía de la mano, en contextos institucionalizados, ha llegado muy lejos al tratarse de regular posturas y ángulos de trabajo. Según la Dirección de Riesgos de Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), las afectaciones profesionales que han sido más reportadas son las provocadas por enfermedades del sistema osteomuscular, en el cual según la OIT se encuentra el síndrome de túnel carpiano, tenosinovitis crónica de la muñeca y mano junto con otro tipo de trastornos que afectan a este sistema. Con respecto al túnel carpiano Weber y otros afirman:

El túnel carpiano es un pequeño espacio situado entre los huesos, los ligamentos y los tendones de la muñeca. Los movimientos repetitivos un día tras otro pueden ocasionar una inflamación que presiona el nervio mediano, produciendo dolor y entumecimiento en la muñeca, el pulgar y el dedo medio (Weber, y otros, 2004 pág. 197).

Diego-Mas indica que:

Dentro de la industria para evitar problemas relacionados con la salud del trabajador, la cual está estrechamente relacionada con la productividad, considerando al ser humano como un recurso, el ingeniero o técnico encargado, debe realizar una evaluación, análisis y control del aspecto ergonómico en cada uno de los puestos de trabajo, y eliminar o reducir al máximo los riesgos ergonómicos que comprometerían al operario. En el año 1993, McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham (Institute for Occupational Ergonomics), desarrollaron un método encargado de “evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo” (Diego-Mas , 2015)

Para el estudio y regulación de cargas posturales, existen métodos analíticos como el método RULA, OWAS y REBA, en los cuales el técnico encargado debe basarse en tablas, puntuaciones, imágenes y su criterio de observación para apreciar la actividad y el riesgo al que se encuentra expuesto el trabajador.

El método RULA por sus siglas en inglés correspondientes a Rapid Upper Limb Assessment, se ha convertido en más utilizado en cuanto a la práctica de evaluación y control de aspectos ergonómicos en los miembros superiores del cuerpo, entre los cuales se encuentra la muñeca.

El método RULA ha tenido mucho éxito a través de los años, por su fácil comprensión y aplicación, aun así, es un método que no es objetivo e imparcial en un ciento por ciento, debido a que las fotos que se toman se ven afectadas por diferentes factores, los cuales pueden hacer que la realidad de la fotografía no sea la realidad de la operación en cuanto a la manera de realización de la actividad por parte del trabajador. Además, es importante que los ángulos plasmados en la fotografía sean manifestados en verdadera magnitud. Cabe tener en cuenta que “RULA evalúa posturas individuales y no conjuntos o secuencias de posturas. Selecciona aquellas que se evaluarán por su duración, por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutral” (Diego-Mas , 2015).

Por el año 2000 McAtamney y Hignett desarrollaron un método que aumentó al estudio los miembros inferiores del cuerpo. El método está basado en los conceptos del método RULA, siendo su nombre REBA por sus siglas en inglés correspondientes a Rapid Entire Body Assessment. Con respecto al método Diego-Mas manifiesta:

El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas.

Para desarrollar el método sus autores, apoyados por un equipo de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, valoraron alrededor de 600 posturas de trabajo. Para la definición de los segmentos corporales, se analizaron tareas simples con variaciones en la carga y los movimientos. El estudio se realizó aplicando varios métodos previamente desarrollados como la ecuación de Niosh (Waters et al.,1993), la Escala de Percepción de Esfuerzo (Borg, 1985), el método OWAS (Karhu et al., 1994), la técnica BPD (Corlett y Bishop,1976) y el método RULA (McAtamney y Corlett,1993). (Diego-Mas, 2015)

El método REBA permite un análisis de las posturas de cuerpo entero a diferencia del método RULA, que se enfocaba solo en la parte superior, por lo tanto, puede ayudar en otro tipo de trabajos en los que incluya tanto el tronco superior como el tronco inferior como es el caso de los cargadores u obreros de construcción. Su aplicación es sencilla, sin embargo, factores como la calidad de imagen o interpretación de evaluador pueden interferir en el resultado final de manera significativa, convirtiéndose en un método subjetivo.

Los métodos mencionados consisten en un sencillo análisis fotográfico, en la cual se debe plasmar de manera clara y objetiva la posición del trabajador al realizar la operación. Una vez que se cuenta con la fotografía, es necesario medir los ángulos formados en este caso. Como el interés del estudio es la ergonomía de la mano, se miden los ángulos que se forman los cuales son de flexión, de extensión, desviación radial y desviación cubital. Posteriormente se comparan estos ángulos con valores establecidos en el método que permitirán el desarrollo del análisis, estableciendo finalmente si existe o no la necesidad de tomar medidas que eliminen o disminuyan el riesgo.

Por otra parte, existen métodos totalmente analíticos, como es el caso del Método de Interpolación. Con respecto al mismo, Gravetter y otros señalan:

Aunque el principal propósito de la distribución normal es proveer una descripción de un determinado grupo de puntajes, también puede ser usado para describir la posición individual dentro de un grupo. Los puntajes individuales, o valores X, son llamados valores brutos. Por su propia cuenta estos no pueden proveer mucha información, por lo tanto, para evaluar este puntaje, se necesita más información, como por ejemplo el puntaje promedio o el número de personas que tienen puntajes mayores o menores que el de la persona analizada. (Gravetter, y otros, 2013 pág. 53)

El método de interpolación permite calcular el percentil en el que se encuentra cierta persona, sin embargo, para esto se deben de tener datos de referencia de la población. “Como se puede

comprender, la selección del percentil, generalmente, es prioritariamente una razón económica y, en segundo lugar, tecnológica” (Mondelo, y otros, 2002 pág. 89). Lo cual permite encontrar si una persona está realizando cargas posturales dentro del promedio de su población o no, teniendo en cuenta como referencia el cincuenta percentil. Para complementar este análisis es recomendable incorporar el cálculo del tiempo máximo en el que una persona debería sostener cierta carga postural para lo cual existe la Ley de Rohmert.

La ley de Rohmert permite calcular el tiempo máximo de resistencia de una persona realizando una determinada fuerza y en una posición determinada, estableciendo lo siguiente : “El valor del esfuerzo estático máximo individual, en una postura en particular, puede ser utilizada para estimar su tiempo de resistencia para el esfuerzo sub-máximo en la misma postura” (Bridger, 2003 pág. 271)

Se han desarrollado proyectos tecnológicos que analizan los movimientos de la mano, debido a la precisión de la toma de datos, la cantidad de datos almacenados y la rapidez de respuesta. Kalpattu S. Abhishek, Lee Chus Fai Qubeley y Derek Ho del Departamento de Física y Ciencia de los Materiales de la Universidad de Hong Kong, propusieron y construyeron un sistema de Reconocimiento de gestos de la mano, basado en guantes traductores de lenguaje de señas con sensor capacitivo de contacto (Glove-Based Hand Gesture Sign Language Translator using Capacitive Touch Sensor, 2016 págs. 334-337).

En el caso de sistemas que educan los movimientos de la mano, Abelardo Escoto, Ana Luisa Trejos de la Facultad de Ingeniería en la Universidad: Western University London en Ontario Canadá y David M. Walton junto con Jackie Sadi de la Escuela de Terapia Física desarrollaron un guante de sensores para la evaluación del rendimiento de habilidades de los terapeutas durante la manipulación del cuello (A Sensorized Glove for Therapist Skill Performance Assessment During Neck Manipulation, 2017).

Un proyecto que incorpora monitoreo de los movimientos de dedos y muñeca fue desarrollado por Friedman, Justin B. Rowe, David J. Reinkensmeyer y Mark Bachman, miembros de la IEEE, los cuales propusieron The Manumeter: Un dispositivo portátil para controlar el uso diario de la muñeca y los dedos (The Manumeter: A Wearable Device for Monitoring Daily Use of the Wrist and Fingers, 2014 págs. 1804-1812).

En cuanto a reconocimiento de gestos se han desarrollado distintas ideas con la utilización de diferentes dispositivos electrónicos, software, y diseño como es el caso del proyecto ARMatron, el cual es un Guante de Reconocimiento de Gestos (Para el control de Dispositivos Robóticos en la Gestión de Desastres y la Rehabilitación Humana (ARMatron A Wearable Gesture Recognition

Glove "(For control of Robotic Devices in Disaster Management and Human Rehabilitation) desarrollado por Anand Asokan, Allan Joseph Pothen del Departamento de Instrumentación y Control Ingenieril y Raj Krishnan Vijayaraj del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Nacional de Tecnología de Tiruchirappalli, India el cual consiste en el diseño y desarrollo de un sistema de reconocimiento de movimiento manual como interfaz entre sistemas humanos y mecatrónicos tales como UAVs y otros robots de rescate. El dispositivo, denominado como ARMatron, es capaz de identificar los gestos realizados por el usuario y convertirlos a señales adecuadas para activar los artefactos objetivo. (ARMatron-A Wearable Gesture Recognition Glove, 2016)

Actualmente, la fabricación de un software que permita el desarrollo de un análisis y control ergonómico centrado en la muñeca y el correcto uso de la misma no ha sido propuesto de acuerdo a la literatura consultada en el presente trabajo de titulación. La fusión de la electrónica con la ergonomía propone respuestas magníficas en cuanto al control de temas ergonómicos, monitorizando movimientos y relacionándolos con variables de respuesta requeridas por el especialista.

Para el desarrollo de esta investigación, se ha tomado como referencia el método de evaluación postural RULA, el mismo que en base a previas investigaciones ha logrado definir ángulos referenciales adecuados a los movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción de la mano. Integrando a este método utilizaremos el método de interpolación, que permite determinar el percentil de una persona a partir de sus máximas cargas posturales en la mano, actividad necesaria en el desarrollo del Prototipo. Finalmente se incorporará la Ley de Rohmert mediante el cual se puede encontrar el tiempo máximo de resistencia de cierta carga postural, y así determinar las conclusiones que sean necesarias, haciendo referencia a los ángulos analizados.

El análisis de cargas posturales sobre todo en la mano es un proceso si bien simple, es muy exhaustivo, especialmente si se quiere estudiar un periodo de ocho horas seguidas de trabajo. El técnico deberá realizar un trabajo repetitivo, analizando cada ángulo realizado por la muñeca, (lo cual muchas veces resulta casi imposible), medir tiempos de exposición de cada ángulo, aplicar fórmulas de cálculo de porcentaje de riesgo y exposición máxima, apoyarse en los métodos de análisis y según los resultados obtenidos deberá hacer cambios ya sea de herramientas, de puesto de trabajo o de operario. Dichas decisiones representan gastos muchas veces altos para las empresas. De no tomar decisiones correctivas el trabajador seguirá expuesto y contraerá enfermedades musculoesqueléticas como el túnel carpiano. Como es apreciable, el estudio

ergonómico de la mano es necesario y ha estado presente en decisiones oportunas dentro de una industria. Sin embargo, la idea de crear un proceso automatizado para estudios ergonómicos del mano no ha sido considerado hasta la actualidad de acuerdo con literatura consultada en el presente trabajo de titulación.

En virtud de lo anterior el problema de la presente investigación es la necesidad de un Prototipo, que evalúe el riesgo de contraer enfermedades musculoesqueléticas asociado a la carga postural de la mano, de manera rápida y precisa, sin la necesidad de un análisis fotográfico o de la subjetividad del investigador.

Las enfermedades musculoesqueléticas como el túnel carpiano son cada vez más comunes, especialmente en trabajadores de oficina. Las personas afectadas suelen percatarse una vez que el dolor y la hinchazón está presente en los carpianos, lo que lleva a la reducción de sus capacidades laborales.

Los trabajadores de oficina deberían estar conscientes de que al realizar su trabajo están poniendo en riesgo sus manos, para de esta manera realizar modificaciones a su puesto de trabajo, entrenar diferentes posturas o realizar ejercicios de prevención con cierta frecuencia durante su jornada laboral.

Los métodos existentes para el análisis ergonómico como RULA, REBA o OWAS, son subjetivos, lentos y muchas veces carecen de precisión al depender totalmente del evaluador, esto lleva a una necesidad de encontrar una manera de analizar los movimientos de un trabajador de manera analítica y precisa.

1.2. Justificación

Es importante que se creen y se mejoren los sistemas de medición de magnitudes que representan datos cruciales para un análisis ergonómico de la mano. Con la aplicación del guante y el software planteado se crea una gran facilidad al momento de estudiar puestos de trabajo, diseños de dispositivos ergonómicos y evaluar riesgos provenientes de cargas posturales.

El aporte a la ciencia de este trabajo de titulación es notorio en cuanto al avance significativo en las técnicas de evaluación de riesgos ocasionados por cargas posturales y de diseños de dispositivos ergonómicos. Será un gran avance dentro del ámbito ergonómico, permitirá un cálculo más preciso, rápido y automático. De esta manera se crean más opciones de modificación dentro de la industria que contribuyan a la prevención de riesgos ergonómicos.

Contribuir con tecnologías que permitan la regulación y control de la exposición a riesgos ocasionados por la carga postural, no ha sido un motivo de estudio común hasta la actualidad lo que ha ocasionado un par en la prevención de enfermedades de la muñeca, especialmente la afección de túnel carpiano, enfermedad muy frecuente y muy molesta dentro de la sociedad.

El Prototipo sirve para medir los ángulos formados por la mano en los movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción en un periodo de trabajo de ocho horas. El operario simplemente debe colocarse un guante que le permita realizar su trabajo de una manera cómoda, durante las ocho horas laborales (o las horas que el técnico requiera analizar). Los datos de medición son enviados al programa el cual compara los ángulos medidos con datos referenciales. Mediante el método de interpolación de Gravetter Frederick, aplicación de la ley de Rohmert, en la interfaz creada se indica el tiempo máximo al que podría estar expuesta la persona a ciertas posiciones, el percentil en el que se encuentra la persona y además mediante análisis estadístico se arrojarán resultados que permiten determinar en detalle ángulos riesgosos practicados en las actividades.

Tanto obreros dentro de la industria en actividades como manufactura, ensamble, y otras operaciones que implican movimientos repetitivos y exposición de la mano a cargas posturales, hasta estudiantes, amantes de juegos de computadora, diseñadores y trabajadores de oficina se verán beneficiados con el Prototipo planteado. Al analizar la postura de la mano en dichas actividades, no solo el técnico encargado tendrá la habilidad de mejorar puestos de trabajo o tomar medidas en los trabajadores, sino que, al ser un software amigable con el usuario, puede servir como educador de posturas no solo a nivel industrial.

Con este Prototipo se crea un nuevo instrumento para la recolección y análisis de las diferentes cargas posturales de la mano, permitiendo resolver problemas prácticos en la industria como son las enfermedades profesionales, evaluación de diseños de dispositivos ergonómicos, gastos en modificación de puestos de trabajos, gastos de cambio de personal, debido a que se pretende entregar resultados completamente seguros para que las modificaciones que sean hechas sean netamente las necesarias y que las mismas se sustenten en los datos arrojados por el software.

De los resultados arrojados pueden surgir muchas ideas para futuros estudios. Se recomienda que, con una base en el Prototipo estudiado, se generalice el Prototipo para otras partes del cuerpo. Con esto, el análisis ergonómico se volverá más asequible e inteligible, generando un progreso en las técnicas de prevención de riesgos ergonómicos.

El Prototipo se convierte en una ayuda considerable para la realización de experimentos; permitiendo la estandarización de movimientos seguros en la mano, así como el análisis de cargas posturales en diversos trabajos de la industria u oficina.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

Construir, realizar pruebas técnicas y evaluar un Prototipo para el análisis de cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

Determinar los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos de la ergonomía de la mano, cargas posturales en la mano en trabajadores de oficina.

Diagnosticar la situación que presenta actualmente los sistemas y métodos para evaluar las cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina.

Construir un Prototipo tipo guante, para el análisis de cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina.

Realizar pruebas técnicas e implementar el Prototipo tipo guante, en los trabajadores de oficina de Bienestar Politécnico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Evaluar los resultados de la aplicación del Prototipo tipo guante en los trabajadores de Oficina de Bienestar Politécnico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.4. Hipótesis

Hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondientes a los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

Para extensión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para flexión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para aducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para abducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Hipótesis nula: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondientes a los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina independientemente de la persona que lo este utilizando.

Para extensión: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para flexión: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para abducción: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para aducción: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Variable independiente: Carga postural en la mano

Tabla 1-1: Parámetros de la variable independiente: Carga postural en la mano

Definición	Dimensiones	Indicadores	Métodos o técnicas	Instrumentos
Es la fuerza generada sobre la mano debido a una posición (ángulo) inapropiado, lo cual puede producir una enfermedad, musculoesquelética	Flexión	Ángulo de Flexión	Medición	Flexoresistivos
	Extensión	Ángulo de Extensión		
	Abducción	Ángulo de Abducción		
	Aducción	Ángulo de Aducción		

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2017

Variable dependiente: Prototipo de guante

Tabla 2-1: Parámetros de la variable dependiente: Prototipo de guante

Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Métodos o técnicas	Instrumentos
Prototipo de un guante inalámbrico, el cual, mediante la variación de la resistencia de sus flexoresistivos integrados, permite medir la flexión, extensión, aducción y abducción de la mano, estos datos a su	Características Físicas	Peso	Medición	Balanza
		Comodidad	Encuesta	Cuestionario (Anexo A)
		Seguridad	Observación Científica	Guía de Observación (Anexo B)

vez son procesados y analizados por un Sistema en MATLAB. Este debe permitir la realización de actividades sin ningún tipo de incomodidad.		Dimensiones	Medición	Pie de Rey
	Funcionamiento	Rapidez de envío de datos	Medición	Software MATLAB
		Exactitud en los ángulos	Medición	Software MATLAB

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2017

1.5. Métodos y Técnicas

Se realizará una investigación explicativa pues se evaluará un nuevo Prototipo el cual analizará las cargas posturales en los trabajadores de oficina. Se pretenderá dar explicación sobre la relación que tienen las cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina con el Prototipo a desarrollar, los beneficios de su utilización y la necesidad de instrumentos como el propuesto dentro de las evaluaciones ergonómicas hoy en día. Se utilizará un diseño experimental de tipo pre-experimento.

La presente investigación tiene como población seis trabajadores de oficina del sector administrativo de bienestar politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y se realizará un estudio poblacional.

Se utilizará los siguientes métodos teóricos:

Histórico- lógico: Se va a partir del principio de conocimiento, analizando la trayectoria que ha tenido el problema de estudio a través de los años y las soluciones que fueron generadas, para tener un punto de partida más claro y aprender de los aciertos y errores hechos a través de la historia en el campo ergonómico.

Análisis- síntesis: El problema de la ergonomía de la mano y las cargas posturales van a ser descompuestas y analizadas en sus diferentes partes. Con esta descomposición se determinarán los elementos fundamentales y las relaciones que pueden existir entre estos. Mediante este método es posible conocer más a fondo los puntos de interés en esta investigación, y que además permitirán resolver el problema.

Hipotético-deductivo: Se ha generado una hipótesis investigativa que servirá de guía para desarrollar y evaluar el Prototipo de la manera adecuada. Se observará el fenómeno de estudio y así determinar la hipótesis de investigación, se deducirá consecuencias y finalmente se comprobará dicha hipótesis.

Se utilizará los siguientes métodos empíricos:

Medición: El Prototipo funciona con flexo resistivos, los cuales envían datos al programa desarrollado.

Además, se utilizará el método Encuesta para poder determinar la comodidad del guante en sus usuarios y así conocer si el usuario del Prototipo se sintió cómodo al utilizarlo, o por otra parte si ocasiona alguna molestia al trabajar cuando tenga puesto el Prototipo tipo guante.

Observación científica: esta ayudó a determinar si el Prototipo es seguro para la persona siguiendo los puntos de la guía de observación, con esto se puede hacerlo seguro o mejorar la seguridad del guante.

En los métodos estadísticos se utilizó:

Estadística descriptiva, esto permitió desarrollar gráficos de medidas de tendencia central, con los cuales se puede analizar los valores de las cargas posturales que se alejan de la media, así como gráficos de barras para poder determinar el resultado de nuestra encuesta.

Además, para la comprobación de las hipótesis se realizará una tabulación de datos agrupados, histogramas, diagramas de Pareto y prueba de Fisher. Se trabajará con variables cuantitativas continuas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evaluación de un puesto de trabajo

Por intuición propia el hombre o mujer tiende a dividir su trabajo en tareas organizadas las cuales va cumpliendo progresivamente hasta lograr su objetivo final; así es común que el hombre para desarrollar sus actividades tenga lugares específicos para realizar una tarea, lugar que, cuenta con todo lo necesario a la mano para desempeñar la misma. Todos estos lugares, sea un escritorio, una mesa, un espacio determinado, entre otros, forman un puesto en el cual se realiza un trabajo específico. En conjunto estos puestos permiten llevar a cabo determinado trabajo que contribuye al alcance del objetivo o producto final.

Si lo mencionado en las líneas anteriores, es aplicado en la vida diaria, no se diga la aplicación de esta “intuición propia” en la industria. En la pequeña o gran industria, se encuentran lugares establecidos para cada operación. Sea la distribución de la industria de tipo funcional o lineal, la existencia de lugares específicos para la realización de actividades es algo que siempre existirá. Según Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori Torada y Joan Blasco de Busquets:

Un puesto de trabajo es el lugar donde una o varias personas deben desarrollar cotidianamente una actividad regulada, fiscalizada y controlada, al menos durante una tercera parte del día. Si el puesto de trabajo es incómodo, monótono, agotador, desagradable, nocivo o peligroso, puede llegar a compararse con una estrecha jaula que resta calidad a nuestro trabajo y a nuestras vidas, nos enferma y hasta nos puede matar, y que abandonaremos a la primera oportunidad. En cambio, si el puesto de trabajo es seguro, cómodo, estimulante y agradable, además de generar bienes materiales y desarrollar nuestra productividad y creatividad, nos proporciona satisfacción física y espiritual. (Mondelo, y otros, 2001 pág. 70)

Como empleador, brindar un puesto de trabajo adecuado al trabajador es indispensable: la primera razón para hacerlo es la integridad del personal y la segunda la productividad que es conseguida por parte del trabajador. En cuanto a la comodidad del trabajador en su puesto de trabajo y la adaptación de las actividades que desempeñe a sus capacidades, es muy importante y fundamental

realizar un estudio de los riesgos ergonómicos presentes en su puesto de trabajo. Es aquí donde entra la ergonomía y la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo.

La evaluación ergonómica tiene por objeto detectar el nivel de presencia, en los puestos evaluados, de factores de riesgo para la aparición, en los trabajadores que los ocupan, de problemas de salud de tipo disergonómico. Existen diversos estudios que relacionan estos problemas de salud de origen laboral con la presencia, en un determinado nivel, de dichos factores de riesgo. Es por lo tanto necesario llevar a cabo evaluaciones ergonómicas de los puestos para detectar el nivel de dichos factores de riesgo. (Diego-Mas, 2015)

La norma internacional ISO 11226: 2000 “Ergonomics - Evaluation of static working postures” tiene como objetivo evaluar las posturas de trabajo estáticas. Especifica los límites recomendados para posturas estáticas que no requieran de la aplicación de fuerzas externas, o que ésta sea mínima, teniendo en consideración los ángulos corporales y el tiempo de mantenimiento. (ISO-11226: 2000 pág. 2)

2.1.1. Puestos de trabajo: La oficina

Las oficinas, por lo general son lo último que viene a la mente al hablar de la industria. Una oficina para una persona, por lo general está compuesta de un escritorio, una silla y ciertos estantes si son necesarios. Si el diseño de los instrumentos y herramientas en conjunto con la distribución de la oficina son los adecuados, es decir siguen un estudio ergonómico y normativas pertinentes, es muy probable que el trabajador se sienta cómodo y realice sus actividades sin ningún riesgo a considerar. En un inicio los trabajadores que tenían el cargo de escribir por largos periodos de tiempo solían trabajar parados. Con el tiempo Ramazzini estudió el por qué los mismos presentaban el mismo cansancio corporal que el de personas que pasaban caminando por el mismo periodo de tiempo, y fue debido a la misma utilización de los músculos estando parado o caminando. Se comenzó pues a incluir las sillas en sus puestos de trabajo; lamentablemente sólo personas de renombre contaban con sillas cómodas, las cuales incorporan a su diseño tapicería llamada Chfesssel, el resto simplemente tenían sillas de madera muchas veces hasta sin un respaldo. Con el tiempo se trató de establecer “la posición más adecuada” del cuerpo. Es común escuchar el término “siéntate recto”. La posición que implica sentarse recto con una “columna recta desde una vista frontal o posterior” (Kroemer, y otros, 2003 pág. 405) es correcta, pero mantenerse en una misma posición es una irrealidad además de incómoda si esto fuese posible. Esto hizo que se desarrollen sillas de posiciones libres, las cuales permiten que el trabajador adopte diferentes posiciones mientras está sentado, similares a las que adopta el cuerpo relajado sumergido en agua.

La forma en la que el trabajador se sienta es sumamente importante en cuanto a la prevención de riesgos ergonómicos en la oficina. En el estudio para la prevención de este tipo de riesgos, además de la postura del cuerpo al sentarse, es importante la distribución de la oficina, la distribución de las herramientas sobre el escritorio y obviamente la postura de la muñeca. La muñeca es la encargada del trabajo principal dentro de una oficina, el cual es tipear o escribir manualmente. Con una muñeca fuera de funcionamiento, la productividad en la oficina es reducida, si no es eliminada. Esto hace que sea importantísimo estudiar los riesgos ergonómicos ocasionados por cargas posturales centrados en la muñeca. Según Czubaj:

Una persona que trabaja con una computadora adelante necesita realizar por lo menos 180 clics por minuto con el mouse para redactar un documento o responder e-mails. Cuando ese movimiento automatizado durante seis u ocho horas diarias se realiza sin las precauciones necesarias, produce lesiones y dolor en la mano, la muñeca y el antebrazo que van alterando las funciones normales de la mano. Según datos proporcionados por la Asociación Argentina de Cirugía de la Mano y Reconstructiva del Miembro Superior (AACM), una de cada dos personas que pasan más de ocho horas por día usando la computadora desarrollará lo que se conoce como síndromes por sobreuso. Los más comunes son el síndrome del túnel carpiano, que aparece por una fuerte presión reiterada sobre uno de los nervios (mediano) de la muñeca, y tendinitis (inflamación de los tendones). (Czubaj, 2010)

En realidad, en la oficina, las afecciones más comunes son en la muñeca, y debido a la falta de un estudio periódico de posiciones y cargas posturales, o a su vez un análisis incorrecto o insuficiente una de cada dos personas que utilizan la computadora por períodos de 8 horas resultan con enfermedades profesionales.

No solo es importante destacar la oficina dentro de una industria para este estudio, ya que en la mayoría de los hogares por no decir todos, existe un puesto destinado al uso de la computadora. Hoy en día, los juegos de computadora han adoptado un lugar muy alto en la sociedad. Estos juegos son considerados también como un trabajo, por la cantidad de dinero que manejan tanto fabricantes como. Muchos jóvenes en la actualidad dedican más de ocho horas en la práctica de juegos de computadora en línea, con el objetivo de ganar competencias a nivel mundial. Como un ejemplo, un juego muy popular en League of Legends, en el cual un torneo por lo general dura entre 5 a 7 horas seguidas. Esto conlleva la necesidad de un análisis ergonómico, el cual la utilización de métodos que necesiten fotografías para el desarrollo del análisis viene a ser obsoletos, debido a la rapidez que involucran los cambios de movimientos de las manos de los jugadores. Es aquí donde la tecnología planteada resulta muy fructuosa.

2.1.2. Puestos de trabajo: La industria

Como ingenieros industriales, nuestros objetivos de estudio para la solución de problemas se deben enfocar a la industria, y es importante dar a conocer la necesidad de tecnologías como la nuestra para evaluar riesgos por cargas posturales dentro la misma. “En un sentido técnico entendiéndose por industria a una actividad económica mediante la cual se transforman materias primas o semi-elaboradas en un producto elaborado que tiene más utilidad para la humanidad, incentivándose así la creación de riquezas” (Silva Otero, y otros, 2005 pág. 90) En una industria existe un sin fin de actividades a desarrollarse dependiendo del objetivo final, es por lo cual, que el análisis será en base a las industrias manufactureras.-“Gran parte de la moderna manufacturase realiza con maquinaria computarizada y automatizada que se supervisa manualmente”. (Groover, 2007 pág. 2)

Muchas operaciones en las industrias de hoy en día son realizadas de manera automática. En la industria siempre se busca la automatización; los trabajadores, sin embargo, son necesarios para el control de procesos. Aún así, hay operaciones que en ocasiones conviene el uso de personas como recurso transformador; como es el caso del ensamble de partes pequeñas, en la industria atunera en la separación del pescado de su espina, en las máquinas de coser, entre otras operaciones similares. En trabajos como estos, el uso de la mano es vital. La mano por lo general es protegida por guantes si el trabajo lo amerita, para evitar cortes, pero ¿es esto lo más importante? La respuesta es no. Un corte en operaciones como las mencionadas en general no es un problema, ya que son operaciones muy precisas y controladas, en las cuales un corte si llegase a ocurrir puede ser tratado al instante y no presentar problemas que generen una enfermedad profesional. El verdadero problema se encuentra en la carga postural de la muñeca. Como en todo trabajo que implica movimientos repetitivos de la muñeca existe un peligro, que en caso de materializarse se convierte en un riesgo ergonómico. Este riesgo da origen a enfermedades de la muñeca, como son la enfermedad del túnel carpiano. En estas operaciones el uso de la mano es lo fundamental, por lo cual la afección de la misma resultaría en un paro en el trabajo. Esto afecta primero a la integridad del trabajador y segundo a la productividad de la empresa. Es por esto que actualmente existen métodos para evaluar las posturas de los trabajadores los cuales se mencionan más adelante.

2.2. Métodos actuales para evaluar posturas

Actualmente, la Universidad Politécnica de Valencia cuenta con un grupo conformado por técnicos, programadores e investigadores a cargo de ERGONAUTAS: un sistema web que ha contribuido por más de veinte años, con métodos para el análisis y prevención de riesgos ergonómicos producidos por cargas posturales El grupo se encuentra dirigido por el Doctor

Ingeniero Industrial José Antonio Diego-Mas. Esta página web ha sido base para el aprendizaje dentro de la carrera de Ingeniería Industrial, permitiendo poner en práctica los métodos y comprobar el alcance de los mismos. Los métodos desarrollados son el método RULA, el método REBA y el Método OWAS. A más de esto cuenta con un método de Evaluación Postural Rápida, y dos softwares que facilitan la aplicación de los métodos mencionados: Ergoniza y RULER.

2.2.1. Método RULA y REBA

RULA por sus siglas Rapid Upper Limb Assessment (Valoración Rápida de los Miembros Superiores), estudia las posiciones del cuerpo dividiendo al mismo en dos grupos: el grupo A correspondiente a brazo, antebrazo y muñeca, y el grupo B correspondiente a cuello, tronco y piernas. Consiste en evaluar las posiciones de acuerdo a los ángulos formados con una línea referencial (eje horizontal). Al obtener los ángulos analizados, se les da una puntuación correspondiente a las tablas que proporciona el método, dependiendo a qué grupo se esté estudiando. Obtenidas las puntuaciones de cada uno de los miembros que conforman los Grupos A y B se calculará las puntuaciones globales de cada Grupo. “Para la evaluación del riesgo se consideran el método la postura adoptada, la duración y frecuencia de ésta y las fuerzas ejercidas cuando se mantiene”. (Diego-Mas , 2015) Para calcular estas puntuaciones globales se utilizan las tablas indicadas en las figuras 1-2, 2-2, 3-2 y 4-2, correspondientes al grupo A y al grupo B respectivamente.



Figura 1-2: Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 1)

Fuente: (Diego-Mas , 2015)



Figura 2-2: Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 2)

Fuente: (Diego-Mas , 2015)



Figura 3-2: Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 3)

Fuente: (Diego-Mas , 2015)



Figura 4-2: Puntuaciones RULA para el grupo A (parte 4)

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

Tabla 1-2: Puntuación RULA global para el Grupo A

		Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
Brazo	Antebrazo	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

Tabla 2-2: Puntuación RULA global para el grupo B

		Tronco											
		1		2		3		4		5		6	
		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
Cuello		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1		1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2		2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3		3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4		5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6		8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

Las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación, se valorará el carácter estático o dinámico de la misma y las fuerzas ejercidas durante su adopción. La puntuación de los Grupos A y B se incrementarán en un punto si la actividad es básicamente estática (la postura se mantiene más de un minuto seguido) o bien si es repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto). Si la tarea es ocasional, poco frecuente y de corta duración, se considerará actividad dinámica y las puntuaciones no se modificarán. Por otra parte, se incrementarán las puntuaciones anteriores en función de las fuerzas ejercidas. Las puntuaciones de los Grupos A y B, incrementadas por las puntuaciones correspondientes al tipo de actividad y las cargas o fuerzas ejercidas pasarán a denominarse puntuaciones C y D respectivamente. (Diego-Mas , 2015)

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Ocasional, poco frecuente y de corta duración	0

Tabla 15: Puntuación por tipo de actividad.

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

Tabla 16: Puntuación por carga o fuerzas ejercidas.

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Tabla 18: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

(*) Si la puntuación D es mayor que 7 se empleará la columna 7.

Figura 5-2: Cómo obtener puntuación final RULA y nivel de actuación

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

A partir del método RULA, se desarrolló el método REBA, el cual hace referencia a Rapid Entire Body Assessment, contemplando como su nombre lo indica al cuerpo completo. El procedimiento para el análisis es el mismo que para el método RULA.

De igual manera el cuerpo es dividido en dos grupos: A y B, conformados por cuello, tronco y piernas; y brazo, antebrazo y muñeca respectivamente. El procedimiento consiste en asignar puntuaciones a los diferentes ángulos formados por las partes del cuerpo mencionadas, las cuales se encuentran en las tablas proporcionadas por Ergonautas (muy similares a las del método RULA). Una vez determinadas las puntuaciones se obtienen puntuaciones globales las cuales se comparan con los valores mostrados a continuación y se determina el nivel de actuación.

Tabla 3-2: Nivel de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

Cabe tener en cuenta que el método REBA, incorpora además una puntuación adicional a las maneras de agarre de los objetos:

Calidad de agarre	Descripción	Puntuación
Bueno	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
Regular	El agarre es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+1
Malo	El agarre es posible pero no aceptable	+2
Inapreciable	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inapreciable utilizando otras partes del cuerpo	+3

Tabla 16: Incremento de puntuación del Grupo B por calidad del agarre.

Agarre bueno: son los llevados a cabo con contenedores de diseño óptimo con asas o agarraderas, o aquellos sobre objetos sin contenedor que permitan un buen asimiento y en el que las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto.



Agarre regular: es el llevado a cabo sobre contenedores con asas o agarraderas no óptimas por ser de tamaño inadecuado, o el realizado sujetando el objeto flexionando los dedos 90°.



Agarre malo: el realizado sobre contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel, irregulares o con aristas, y los realizados sin flexionar los dedos manteniendo el objeto presionando sobre sus laterales.



Figura 6-2: Consideraciones del agarre en REBA

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

2.2.2. Método OWAS

El método OWAS (Ovako Working Analysis System), es otro de los métodos que proporciona Ergonautas. Consiste en un método que a diferencia del método RULA y REBA, analiza posturas en conjunto de las partes del cuerpo contempladas por el método. “A pesar de ser un método relativamente antiguo, continúa siendo en la actualidad uno de los más empleados en la evaluación de la carga postural” (Diego-Mas, 2015) Owas “fue adoptado rápidamente por su sencillez de aplicación y porque en 1991 apareció una versión informatizada, siendo uno de los primeros softwares para la evaluación ergonómica a disposición de los ergónomos”. (Diego-Mas, 2015)

Para llevar a cabo el método, Ergonautas ha definido diez pasos a considerar los cuales se citan a continuación:

1. *Determinar si la la tarea debe ser dividida en varias fases (evaluación simple o multifase).*
2. *Si las actividades desarrolladas por el trabajador son muy diferentes en diversos momentos de su trabajo se llevará a cabo una evaluación multifase. Establecer el tiempo total de observación de la tarea dependiendo del número y frecuencia de las posturas adoptadas. Habitualmente oscilará entre 20 y 40 minutos.*
3. *Determinar la frecuencia de observación o muestreo. Indicar cada cuánto tiempo se registrará la postura del trabajador. Habitualmente oscilará entre 30 y 60 segundos.*
4. *Observación y registro de posturas. Observación de la tarea durante el periodo de observación definido y registro las posturas a la frecuencia de muestreo establecida. Pueden tomarse fotografías o vídeos desde los puntos de vista adecuados para realizar las observaciones. Para cada postura se anotará la posición de la espalda, los brazos y las piernas, así como la carga manipulada y la fase a la que pertenece si la evaluación es multifase.*
5. *Codificación de las posturas observadas. A cada postura observada se le asignará un Código de postura que dependerá de la posición de cada miembro y la carga. Se emplearán para ello las tablas correspondientes a cada miembro,*
6. *Calculo de la Categoría de riesgo de cada postura. A partir de su Categoría de riesgo se identificarán aquellas posturas críticas o de mayor nivel de riesgo para el trabajador.*
7. *Cálculo del porcentaje de repeticiones o frecuencia relativa de cada posición de cada miembro. Se calculará el porcentaje de cada posición de cada miembro (espalda, brazos y piernas) respecto al total de posturas adoptadas.*
8. *Cálculo de la Categoría de riesgo para cada miembro en función de la frecuencia relativa. Se conocerá así qué miembros soportan un mayor riesgo y la necesidad de rediseño de la tarea.*
9. *Determinar, en función de los resultados obtenidos, las acciones correctivas y de rediseño necesarias*
10. *En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la tarea con el método Owas para comprobar la efectividad de la mejora. (Diego-Mas, 2015)*

El método proporciona las tablas necesarias para asignar códigos a cada una de las posiciones que implican espalda, brazos y piernas. Estos códigos se encuentran combinados en tablas disponibles en Ergonautas, en las cuales se puede establecer el riesgo de las posiciones en conjunto del cuerpo humano. Cabe mencionar que el método analiza la postura general del cuerpo humano, sin centrarse en posiciones de las partes pequeñas del cuerpo como lo son el cuello y la muñeca.

2.2.3. Evaluación Postural Rápida

La Evaluación Postural Rápida (EPR) más que un método constituye una herramienta para dar un análisis “rápido” como su nombre lo indica de las posturas que adopta el trabajador en una hora de su trabajo. Con esta herramienta el técnico encargado puede evaluar la necesidad de aplicar métodos como el RULA, REBA u OWAS, o si no es necesario el estudio más profundo de las posturas que toma el trabajador. Para el análisis se determinaron 14 posiciones que puede realizar el trabajador: sentado normal, sentado inclinado, de pie normal, de pie brazos en extensión frontal, de pie inclinado, de pie muy inclinado, arrodillado inclinado, arrodillado brazos sobre los hombros, agachado normal, agachado brazos sobre los hombros, sentado brazos por encima de los hombros, de pie brazos por encima de los hombros, arrodillado normal, tumbado sobre los hombros. Se debe determinar entonces, qué posiciones de estas 14, adopta el trabajador en una hora de trabajo y los tiempos que permanece en cada una de las posiciones observadas. Este es un método que al igual que todos los que proporciona Ergonautas, depende mucho de la observación y el criterio del interesado. Finalmente, en correspondencia con la Tabla 4-2, se determina los niveles de actuación.

Tabla 4-2: Niveles de actuación en EPR

Puntuación	Nivel	Actuación
0, 1 o 2	1	Situación satisfactoria.
3, 4 o 5	2	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
6 o 7	3	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8 o 9	4	Molestias fuertes. Fatiga.
10 o más	5	Nocividad.

Fuente: (Diego-Mas , 2015)

2.2.4. Ergoniza y Ruler

Cada uno de los métodos mencionados con excepción de EPR, pueden ser efectuados de manera manual, pero para un procedimiento más organizado y una obtención de resultados más rápida, Ergonautas desarrolló dos softwares muy sencillos los cuales prácticamente reemplazan el papel y el lápiz por imágenes en la computadora y un clic. Se mencionó que para la aplicación de la herramienta EPR es necesario la utilización de Ergoniza, ya que el software se encarga de la selección de las puntuaciones a determinar.

Ergoniza permite ir seleccionando posiciones, puntuaciones, datos del puesto de trabajo y del trabajador, para luego, de manera automática indicar resultados y si se es usuario PRO, poder imprimir el informe correspondiente al análisis ergonómico de las posiciones, sea del método RULA, REBA, OWAS o la herramienta EPR.

RULER, por otro lado, es un sistema muy sencillo que lo único que permite es importar la fotografía capturada del trabajador, y una vez que está cargada en el programa, permite sobre la imagen, anotar a especie de líneas indicadoras, los ejes de las extremidades, y de esa manera el programa establece el ángulo formado por estos ejes. Con estos ángulos se puede continuar con la aplicación de RULA, REBA u OWAS sea de una manera manual o utilizando Ergoniza.

2.2.5. Método de interpolación de percentiles

El método de interpolación permite calcular la posición en la que se encuentra una persona en la población, teniendo en cuenta los percentiles de la población para los diferentes movimientos de la muñeca, la cual se puede encontrar en la Tabla 5-2. Gravetter y otros indican que:

Aunque el principal propósito de la distribución normal es proveer una descripción de un determinado grupo de puntajes, también puede ser usado para describir la position individual dentro de un grupo. Los puntajes individuales, o valores X, son llamados valores brutos. Por su propia cuenta estos no pueden proveer mucha información, por lo tanto, para evaluar este puntaje, se necesita más información, como por ejemplo el puntaje promedio o el número de personas que tienen puntajes mayores o menores que el de la persona analizada. (Gravetter, y otros, 2013 pág. 53)

Para determinar el percentil de cierto individuo, primero se debe se debe conocer la anchura del intervalo, es decir la diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo, luego se debe se halla el porcentaje del intervalo el cual es la resta de las posiciones de los valores, luego se calcula la distancia que tiene el valor estudiado al valor mayor y al menor para luego encontrar su ranking en el percentil. “El mismo procedimiento de interpolación puede ser usado con los datos que han sido agrupados por intervalos. Una vez más se debe recordar que el porcentaje acumulativo de valores es asociado con el límite superior de cada intervalo”. (Gravetter, y otros, 2013 pág. 58)

Lo mencionado anteriormente es expresado por la siguiente ecuación:

$$PCTLx = 95 - [(\delta_2 - \delta_1) * \frac{\theta_{95th} - x}{\theta_{95th} - \theta_{50th}}]$$

PCTLx: Percentil correspondiente del valor medido x.

$(\delta_2 - \delta_1)$: Diferencia de posiciones de los valores usados como referencia para el cálculo en base al percentil a calcular.

θ_{95th} y θ_{50th} : Valores correspondientes al 95 percentil y 50 percentil referentes a la variable de estudio x.

2.2.6. Ley de Rohmert

El valor del esfuerzo estático máximo individual, en una postura en particular, puede ser utilizada para estimar su tiempo de resistencia para el esfuerzo sub-máximo en la misma postura usando la siguiente ecuación: (Bridger, 2003 pág. 271)

$$T = -90 + \frac{126}{P} - \frac{36}{P^2} + \frac{6}{P^3}$$

En donde P es considerado como el esfuerzo máximo, es decir el valor máximo para estar en cierta postura, por otra parte, T es una predicción del tiempo de resistencia en segundos.

Este valor P es adimensional, no necesita ser exactamente un esfuerzo, al ser solo una relación entre valor actual sobre valor máximo, es decir esta relación puede ser utilizada para calcular la resistencia de cierta postura.

2.3. Repetitividad de Movimientos

En la mano, tanto músculos como articulaciones tienen límites para trabajar con normalidad, con límites se refiere al alcance de los movimientos y de la carga que pueden soportar. Cuando estos trabajan a límite por varios y largos periodos de tiempo, se encuentran expuestos a enfermedades que, si bien no son letales, son muy dolorosas y molestosas. De igual manera cuando los movimientos son repetitivos como es el caso del uso del mouse, operaciones como machuelear, martillar, tipear, entre otras, las articulaciones y músculos se ven comprometidos si no se manejan actividades de relajación y peor aún si los movimientos implican ángulos de flexión, extensión, desviación ulnar o radial inadecuados. Bridger afirma:

Las actividades repetidas o sostenidas, los movimientos rápidos y las fuerzas grandes pueden estimular los receptores del dolor en un músculo. Dado que el músculo esquelético constituye el 40% de los tejidos del cuerpo, no debería sorprendernos que muchas de las molestias y dolores que experimentamos en nuestra vida diaria sean de origen muscular. La tensión ejercida por el músculo puede causar el movimiento de una parte del cuerpo en la realización de actividades de trabajo; también es esencial para resistir las fuerzas externas impuestas, que de otra manera podrían desestabilizar y dañar una articulación. (Bridger, 2003 pág. 270)

2.4. La Mano

En todo tipo de trabajo, sin importar que implique estar sentado, parado, o en movimiento las manos son sumamente importantes. En ocasiones toma una enfermedad o una lesión en la mano o en los dedos para determinar que tienen y su importancia. En una oficina o en trabajos industriales, las manos son vitales en la producción, existiendo ocasiones en las que no se puede automatizar un proceso que implica la utilización de las manos humanas, por los requerimientos del proceso. Por lo general al hablar de la prevención de riesgos en la mano, el enfoque es a riesgos ergonómicos causados por cargas posturales directamente en la muñeca. La mano realiza 4 tipos de movimientos a través de la motricidad de la muñeca, los cuales al ser movimientos incontrolados que violen los ángulos permisibles para evitar afecciones, provocan dolores en la muñeca que en muchísimas ocasiones dan origen a enfermedades que inhabilitan la mano.

La mano, junto con la muñeca, resulta ser la estructura encargada de la prensión, de los movimientos finos, precisos, de los que se realizan con destreza, discriminatorios y de gran sensibilidad. Las lesiones traumáticas en la muñeca y la mano suceden con bastante frecuencia, debido a que el miembro superior se caracteriza por estar dotado de una gran libertad de movimiento en el espacio y porque está en continua relación con el mundo exterior, los que supone aumentar el riesgo y la exposición a posibles traumatismos (MAD-Eduforma, 2004 pág. 138).

Como se mencionó, la muñeca es la que permite los cuatro tipos de movimientos de la mano. Estos movimientos son flexión, extensión, desviación radial(abducción) y desviación ulnar(aducción):

Flexión: Posición en la que, al posicionar la mano de manera perpendicular con el tronco, a la cual hemos denominado Posición Neutra, la muñeca permite un movimiento de los dedos hacia abajo.

Extensión: Posición en la que, al posicionar la mano de manera perpendicular con el tronco, a la cual hemos denominado Posición Neutra, la muñeca permite un movimiento de los dedos hacia arriba.

Abducción o desviación radial: Posición en la que, al posicionar la mano de manera perpendicular con el tronco, a la cual hemos denominado Posición Neutra, la muñeca permite un movimiento de la mano de tal manera que el dedo gordo apunte hacia el tronco.

Aducción o desviación ulnar: Posición en la que, al posicionar la mano de manera perpendicular con el tronco, a la cual hemos denominado Posición Neutra, la muñeca permite un movimiento de la mano de tal manera que el dedo gordo apunte hacia fuera del tronco.

Según Borobia:

Los dedos son los componentes básicos de la mano; se enumeran en dirección anteromedial del primero (I) al quinto (V). Cada dedo presenta un metacarpiano, que se numera igual que el dedo al que se corresponde, y falanges, dos para el pulgar (dedo bifalángico) y tres para los restantes dedos (dedos trifalángicos). Cada hilera digital se articula proximalmente con el carpo: articulación carpometacarpiana (CMC). La dirección distal cada metacarpiano se articula con la falange proximal: articulación metacarpofalángica (MCF) (Borobia, 2016 pág. 34).

Es importante tener en cuenta las definiciones de falanges, metacarpianos y carpianos. En una manera práctica, las falanges son los huesos correspondientes a los dedos, los cuales se conectan con los metacarpianos, siendo estos los huesos que se encuentran en la palma de la mano, y finalmente los carpianos son los huesos pertenecientes a la muñeca. “El esqueleto de la mano se compone de 27 huesos, divididos en tres grupos: el carpo, los metacarpianos y las falanges. En su conjunto adoptan la forma de arcos, dos transversales (A nivel del carpo y de los metacarpianos) y los arcos longitudinales digitales” (Castro, 2005 pág. 11). “El síndrome del túnel carpiano es la neuropatía por atrapamiento más frecuente y se debe a la compresión del nervio mediano en el túnel carpiano (entre el tendón del palmar largo y el flexor radial del carpo)”. (Argente, y otros, 2008 pág. 228)

2.4.1. Afecciones en la mano: Túnel Carpiano

El síndrome del túnel carpiano aparece cuando existe la inflamación del nervio que entra a la muñeca. Es una afección que aparece característicamente en las mujeres más que en los hombres, comúnmente cuando hay un uso muy prolongado de la computadora. Cabe destacar que esta no es la única circunstancia que estimula la aparición de este síndrome. Además, puede aparecer en trabajadores cuya actividad está basada en movimientos de la mano repetitivos o que implican riesgos de carga postural, en practicantes de instrumentos musicales y deportistas. Otros factores que pueden llevar a la aparición del síndrome del túnel carpiano es el alcoholismo, quistes, fracturas, obesidad, durante el embarazo y artritis.

La aparición de esta enfermedad no es asegurada al realizar trabajos como los mencionados, más que nada si se utilizan herramientas ergonómicas que facilitan la relajación de los músculos,

tendones y articulaciones. Además, es muy importante la realización de estudios ergonómicos por parte de ingeniería. Al utilizar ángulos inadecuados al realizar cualquier tipo de actividad dentro de un trabajo a realizarse por varias horas en una jornada laboral, lleva directamente a la obtención de enfermedades en la mano como es el caso del síndrome del túnel carpiano. Por esta razón es sumamente importante realizar un análisis adecuado de estos ángulos, y de esta manera sacar conclusiones objetivas que permitan evitar la aparición de esta afección tan dolorosa y molesta, que sin duda inhabilita a la persona para realizar su trabajo, problema no sólo de la persona, pero de la empresa. Czubaj indica:

El nervio mediano es el responsable de la sensibilidad del pulgar y los dedos largos (excepto el meñique) y de la función de pinza con el pulgar. Por eso, los primeros síntomas del síndrome del túnel carpiano son el adormecimiento, el dolor y, finalmente, la pérdida de sensibilidad en la mano comprometida explica la AACM en un comunicado, que advierte sobre los efectos que está teniendo el mal uso del teclado y, principalmente, del mouse (Czubaj, 2010).

Por otra parte, cabe recordar que la oficina no es el único lugar que presenta este peligro en cuanto al uso del mouse y la computadora, sino también el hogar, centros de juegos de computadoras (en los cuales el jugador no hace 180 clics, sino más de 1000), entre otros.

El síndrome del túnel carpiano aparece con síntomas muy leves como un pequeño dolor en el brazo o la muñeca a los cuales por lo general no se los “hace caso”. El dolor progresa, el entumecimiento aparece, la falta de sensibilidad en los dedos toma lugar y la molestia se hace imposible de ignorar.

Según la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, el síndrome del túnel carpiano “es una afección en la cual existe una presión excesiva en el nervio mediano. Este es el nervio en la muñeca que permite la sensibilidad y el movimiento a partes de la mano. El síndrome del túnel carpiano puede provocar entumecimiento, hormigueo, debilidad, o daño muscular en la mano y dedos” (MedlinePlus, 2017).

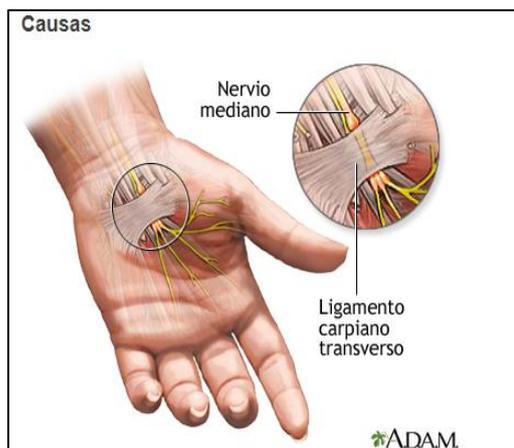


Figura 7-2: Nervio afectado en el Síndrome del Túnel Carpiano

Fuente: (MedlinePlus, 2017).

Si se piensa en un solo trabajo en el cual el ser humano pueda mantener la mano y peor aún la muñeca sin moverse, es muy difícil que algo venga a a la mente. La mano y especialmente la muñeca son partes del cuerpo que toleran muy mal la inmovilidad por su naturaleza misma. La recuperación de la muñeca después de una lesión es un proceso muy largo y molesto. Un trabajador que adquiera el síndrome del túnel carpiano representa la ausencia a su trabajo, y en el mejor de los casos una reducción significativa en su productividad, representando gastos al trabajador y a la empresa. He aquí, la gran necesidad de prevenir las afecciones a la mano en la industria y en el hogar.

A continuación, se considera

algunas de las actividades más cotidianas en las cuales la mano se ve comprometida, para ser más precisos: los carpos y metacarpos:

- Trabajar en la computadora
- Deportes con raqueta como el tenis de campo y el tenis de mesa.
- Coser
- Tejer
- Martillar
- Machuelar
- Levantamiento de pesos
- Entrenamiento de pesas
- Actividades de ensamble
- Actividades manuales en atuneras
- Empaquetado de productos

2.5. Estadísticas

“Según datos proporcionados por la Asociación Argentina de Cirugía de la Mano y Reconstructiva del Miembro Superior (AACM), una de cada dos personas que pasan más de ocho

horas por día usando la computadora desarrollará lo que se conoce como síndromes por sobreuso” (Czubaj, 2010).

Por años, las afecciones laborales relacionadas con la exposición a químicos, del aparato respiratorio o auditivas causadas por el ruido, eran las más comunes en el Ecuador. El uso intensivo de nuevas tecnologías en las empresas cambió este cuadro en el país. Según los datos más recientes de la Dirección de Riesgos de Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y que datan del 2012, las afecciones profesionales que más se reportaron fueron las del sistema óseo-muscular relacionadas con la tensión. Pamela Herrera, jefa médica de esta área, explica que estas enfermedades se relacionan con el diseño del lugar de trabajo y las malas posturas, tanto en las áreas operativas como administrativas de las empresas, sobre todo en las que se desarrollan frente a un computador. Estas son lumbalgia crónica (dolor en la espalda baja), hernia discal (dolencias de la columna vertebral), síndrome del túnel carpiano (presión sobre los nervios que se transmiten a la muñeca), lumbalgia y hombro doloroso (uno de los casos de tendinitis). Juntas sumaron el 69% del total de enfermedades reportadas el 2012 (El Comercio, 2014).

En el 2014 la Dirección de Riesgos del Trabajo registró 447 enfermedades, y en lo que va de este año se reportan 121. A escala nacional se enferman cinco de cada 1 000 trabajadores. Las dolencias más frecuentes son la hernia de disco, la tendinitis, lumbalgia, síndrome del túnel carpiano, leucemia mieloide, asma profesional, según el director de esta entidad, Luis Vásquez. Cuando las enfermedades ocupacionales se diagnostican, el 40% son crónicas, es decir incurables (El Comercio, 2015).

Según el Instituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT): Normas Técnicas sobre posturas de Trabajo “el síndrome del túnel carpiano aparece en un 10% de la población adulta. Es más común en mujeres, entre los 35 y 60”. (ISO-11226: 2000)

2.6. Modelos ergonómicos, métodos y medidas

“Los modelos nos caracterizan individualmente” (Kroemer, y otros, 2003 pág. 324), es decir describen como se realiza o debería realizar las actividades; estos modelos son utilizados por diseñadores para hacer de ya sea asientos, carros, mesas entre otras herramientas o equipos utilizados por el ser humano, un recurso seguro, confortable y que permita al usuario ser competente. “Otros modelos menos complejos son útiles para el diseño y evaluación de puestos de trabajo [...] Los modelos también determinan los métodos y procedimientos a través de los cuales diseñamos sistemas de tecnología humana, complejos o simples, para usabilidad, eficacia

y seguridad” (Kroemer, y otros, 2003 pág. 324). Las necesidades ergonómicas, han generado un listado de medidas y parámetros del cuerpo humano correspondiente a su funcionamiento. Así, se han establecido medidas de ángulos, de aceleración, torque, consumo de oxígeno, entre otras, que permiten diseñar equipos que permitan al ser humano cumplir sus funciones al máximo y como medida de prevención para cualquier tipo de riesgo ergonómico y ayudar a los estudios que están implicados en esta área.

Con la ayuda de estas medidas, además es posible definir qué recurso conviene utilizar en términos de elemento transformador de un bien, o suplidor de un servicio: máquina o ser humano. Por ejemplo, es cuestiones de rapidez y potencia las máquinas son muy superiores al ser humano cuyas características son: “retraso de aproximadamente 1 segundo, 1.5 Kw por aproximadamente 10 segundos, 0.4 Kw por trabajo continuo en un día” (Kroemer, y otros, 2003 pág. 327); características que son incomparables a las que brindan las máquinas. Las medidas son de gran ayuda al industrial, con esto se puede establecer los recursos adecuados, estableciendo un presupuesto adecuado para las actividades a realizarse.

Ahora bien, ¿cómo establecer medidas para una población, si todos somos diferentes? Para este fin, es muy importante realizar tipos de percentiles en la población, y de esta manera establecer medidas generales que puedan servir a la mayoría de la población. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo define a un percentil como aquel que “expresa el porcentaje de individuos de una población dada con una dimensión corporal igual o menor a un determinado valor” (Valero Cabello pág. 7). Según Valero Cabello:

El concepto de percentil es muy útil ya que nos permite simplificar cuando hablamos del porcentaje de personas que vamos a tener en cuenta para el diseño. Por ejemplo, cuando nos referimos a la talla y hablamos del P5, éste corresponde a un individuo de talla pequeña y quiere decir que sólo un 5% de la población tienen esa talla o menos. Si nos referimos al P50, lo que decimos es que por debajo de ese valor se encuentra la mitad de la población, mientras que cuando hablamos del P95, se está diciendo que por debajo de este punto está situado el 95% de la población, es decir, casi toda la población. (Valero Cabello pág. 7).

En general los hombres en un mismo percentil tienen valores mayores en sus medidas antropométricas que las mujeres. En el caso de los movimientos, ocurre lo contrario. A continuación, la Tabla 5-2 permite observar los datos de movilidad de la muñeca en cuanto a flexión, extensión, aducción y abducción:

Tabla 5-2: Datos de movilidad para hombres y mujeres

Joint	Movement	50th Percentile Female (Male)	Significant Difference	5th Percentile Female (Male)	95th Percentile Female (Male)
Ankle	Flexion	23.0 (29.0)	-6.0	13.0 (18.0)	33.0 (34.0)
	Extension	41.0 (35.5)	+5.5	30.5 (21.0)	51.5 (51.5)
	Adduction	23.5 (25.0)	Not signif.	13.0 (15.0)	34.0 (38.0)
	Abduction	24.0 (19.0)	+5.0	11.5 (11.0)	36.5 (30.0)
Knee	Standing flex.	113.5 (103.5)	+10.0	99.5 (87.0)	127.5 (122.0)
	Prone flexion	130.0 (117.0)	+13.0	116.0 (99.5)	144.0 (130.0)
	Medial rotation	31.5 (23.0)	+8.5	18.5 (14.5)	44.5 (35.0)
	Lateral rotation	43.5 (33.5)	+10.0	28.5 (21.0)	58.5 (48.0)
Hip	Medial rotation	32.0 (28.0)	+4.0	20.5 (18.0)	42.5 (43.0)
	Lateral rotation	33.0 (26.5)	+6.5	20.5 (18.0)	45.5 (37.0)
Wrist	Flexion	71.5 (67.5)	+4.0	53.5 (51.5)	89.5 (85.0)
	Extension	72.0 (62.0)	+10.0	52.5 (47.0)	87.5 (76.0)
	Abduction	28.0 (30.5)	-2.5	19.0 (22.0)	37.0 (40.0)
	Adduction	26.5 (22.0)	+4.5	16.5 (14.0)	36.5 (30.0)
Forearm	Supination	108.5 (107.5)	Not signif.	87.0 (86.0)	130.0 (135.0)
	Pronation	81.0 (65.0)	+16.0	63.0 (42.5)	99.0 (86.5)
Elbow	Flexion	148.0 (138.0)	+10.0	135.5 (122.5)	160.5 (150.5)
Shoulder	Adduction	52.5 (50.5)	Not signif.	37.5 (36.0)	67.5 (63.0)
	Abduction	122.5 (123.5)	Not signif.	106.0 (106.0)	139.0 (140.0)
	Medial rotation	110.5 (95.0)	+15.5	94.0 (68.5)	127.0 (114.0)
	Lateral rotation	37.0 (31.5)	+5.5	19.5 (16.0)	54.5 (46.0)

Fuente: (Kroemer, y otros, 2003 pág. 57)

A más de los ángulos cuyo análisis es sumamente importante para cualquier Prototipo que pretenda estudiar y brindar soluciones de la mano, también es importante analizar las medidas antropológicas en general del cuerpo humano tanto de la mujer como del hombre. La mayoría de estudios y medidas establecidas se han hecho en EE. UU., y este es el caso de la presentación de la Tabla 6-2. En Ecuador en la Universidad San Francisco de Quito, Lema Barrera hizo una investigación sobre las medidas antropométricas de mestizos, afroecuatorianos e indígenas del Ecuador en la Región Sierra (Tabla 6-2 y Tabla 7-2). Estos estudios permiten tener una idea de las medidas antropométricas de los ecuatorianos y considerarlas para el presente trabajo de titulación.

Tabla 6-2: Dimensiones del cuerpo de civiles estadounidenses adultos mujer/hombre, en mm

	Percentiles			
	5 th	50 th	95 th	SD
HEIGHTS				
<i>(f above floor, s above seat)</i>				
Stature ("height") ^f	527.8/1,646.9	1,629.4/1,755.8	1,737.3/1,866.5	63.6/66.8
Eye height ^f	1,415.2/1,528.2	1,516.1/1,633.9	1,621.3/1,742.9	62.5/65.7
Shoulder (acromial) height ^f	1,240.9/1,341.6	1,333.6/1,442.5	1,432.0/1,545.6	57.9/62.0
Elbow height ^f	926.3/995.2	997.9/1,072.5	1,074.0/1,152.8	44.8/48.1
Wrist height ^f	727.9/777.9	790.3/846.5	855.1/915.2	38.6/41.5
Crotch height ^f	700.2/764.4	771.4/837.2	845.8/916.4	44.1/46.2
Height (sitting) ^f	795.3/854.5	852.0/913.9	910.2/971.9	34.9/35.6
Eye height (sitting) ^s	684.6/735.0	738.7/792.0	794.3/848.0	33.2/34.2
Shoulder (acromial) height (sitting) ^s	509.1/548.5	555.5/597.8	603.6/646.3	28.6/29.6
Elbow height (sitting) ^s	175.7/184.1	220.5/230.6	264.4/273.7	26.8/27.2
Thigh height (sitting) ^s	140.4/148.6	158.9/168.2	180.2/189.9	12.1/12.6
Knee height (sitting) ^f	474.0/514.4	515.4/558.8	560.2/605.7	26.3/27.9
Popliteal height (sitting) ^f	351.3/394.6	389.4/434.1	429.4/476.3	23.7/24.9
DEPTHs				
Forward reach (to tip of thumb)	676.7/739.2	734.6/800.8	796.7/867.0	36.4/39.2
Buttock-knee distance (sitting)	542.1/569.0	588.9/616.4	639.8/667.4	29.6/29.9
Buttock-popliteal distance (sitting)	440.0/458.1	481.7/500.4	527.7/545.5	26.6/26.6
Elbow-fingertip distance	406.2/447.9	442.9/484.0	482.5/524.2	23.4/23.3
Chest depth	208.6/209.6	239.4/243.2	277.8/280.4	21.1/21.5
BREADTHs				
Forearm-forearm breadth	414.7/477.4	468.5/546.1	528.4/620.6	34.7/43.6
Hip breadth (sitting)	342.5/328.7	384.5/366.8	432.2/411.6	27.2/25.2
HEAD DIMENSIONS				
Head circumference	522.5/542.7	546.2/567.7	570.5/593.5	14.6/15.4
Head breadth	136.6/143.1	144.4/151.7	152.7/160.8	4.9/5.4
Interpupillary breadth	56.6/58.8	62.3/64.7	68.5/71.0	3.6/3.7
FOOT DIMENSIONS				
Foot length	224.4/248.8	244.4/269.7	264.6/292.0	12.2/13.1
Foot breadth	81.6/92.3	89.7/100.6	97.8/109.5	4.9/5.3
Lateral malleolus height ^f	52.3/58.4	60.6/67.1	69.7/76.4	5.3/5.5
HAND DIMENSIONS				
Circumference, metacarpal	172.5/198.5	186.2/213.8	200.3/230.3	8.5/9.7
Hand length	165.0/178.7	180.5/193.8	196.9/210.6	9.7/9.8
Hand breadth, metacarpal	73.4/83.6	79.4/90.4	85.6/97.6	3.8/4.2
Thumb breadth, interphalangeal	18.6/21.9	20.7/24.1	22.9/26.5	1.3/1.4
WEIGHT (in kg)	39.2*/57.7*	62.0/78.5	84.8*/99.3*	13.8*/12.6*

*Estimated (from Kroemer 1981).
Source: Adapted from U.S. Army data reported by Gordon et al. (1989).
Note: In this table, the entries in the 50th-percentile column are actually mean (average) values. The 5th- and 95th-percentile values are from measured, not calculated, data (except for weight). Thus, the values given may be slightly different from those obtained by subtracting 1.65 SD from the mean (50th percentile) or by adding 1.65 SD to it.

Fuente: (Kroemer, y otros, 2003 pág. 27)

Tabla 7-2: Dimensiones antropométricas del hombre ecuatoriano

N.	Medidas Antropométricas	Hombres – Medias y (Desviaciones estándar)		
		Mestizos	Indígenas	Afroecuatorianos
1	Altura Normal	172,4 (6,162)	163,3 (8,313)	177,6 (5,223)
2	Altura posición sentado normal	89,81 (3,095)	89,07 (3,555)	95,02 (2,719)
3	Altura posición sentado relajado	88,09 (3,025)	88,49 (2,352)	93,45 (2,915)
4	Altura de la rodilla	52,39 (3,015)	52,08 (3,591)	58,69 (2,468)
5	Altura a la poplítea	41,45 (3,039)	41,50 (3,450)	48,58 (2,790)
6	Altura del codo en posición sentado	23,22 (2,958)	22,01 (2,615)	20,9 (1,972)
7	Grosor del muslo	13,20 (1,974)	13,08 (2,050)	15,29 (1,279)
8	Longitud Glúteo – Rodilla	57,11 (3,595)	55,17 (3,172)	58,38 (2,676)
9	Longitud Glúteo – Poplítea	46,36 (3,860)	46,10 (1,561)	49,29 (2,477)
10	Longitud Codo a Codo posición sentado	44,70 (4,062)	44,84 (6,277)	49,85 (2,135)
11	Ancho de caderas posición sentado	35,62 (2,506)	37,89 (3,015)	40,63 (1,888)
12	Longitud Hombro – Codo	36,32 (1,700)	37,10 (3,464)	38,99 (2,587)
13	Longitud Codo – Mano	46,08 (2,385)	45,00 (3,229)	47,76 (2,801)

Fuente: (Lema Barrera, 2013 pág. 229)

Tabla 8-2: Dimensiones antropométricas de la mujer ecuatoriana

N.	Medidas Antropométricas	Mujeres – Medias y (Desviaciones estándar)		
		Mestizas	Indígenas	Afroecuatorianas
1	Altura Normal	159,2 (6,000)	155,3 (6,209)	165,9 (6,086)
2	Altura posición sentado normal	84,76 (2,677)	81,74 (3,295)	87,83 (2,815)
3	Altura posición sentado relajado	83,29 (2,755)	80,24 (3,922)	86,27 (3,552)
4	Altura de la rodilla	48,50 (3,088)	48,32 (4,777)	50,73 (2,947)
5	Altura a la poplítea	38,56 (3,021)	39,60 (4,163)	40,35 (2,854)
6	Altura del codo en posición sentado	23,51 (2,785)	23,14 (2,564)	22,49 (2,072)
7	Grosor del muslo	12,42 (1,735)	12,29 (1,959)	12,22 (0,967)
8	Longitud Glúteo – Rodilla	54,06 (3,160)	52,71 (3,424)	53,11 (2,732)
9	Longitud Glúteo – Poplítea	43,68 (2,740)	43,27 (3,367)	42,85 (2,948)
10	Longitud Codo a posición sentado	40,00 (4,033)	45,60 (3,067)	38,83 (3,457)
11	Ancho de caderas posición sentado	35,63 (2,631)	39,12 (3,201)	36,06 (2,572)
12	Longitud Hombro – Codo	34,65 (2,747)	32,98 (2,338)	34,08(2,650)
13	Longitud Codo – Mano	41,6 (3,060)	39,84 (3,037)	43,83 (2,316)

Fuente: (Lema Barrera, 2013 pág. 230)

2.7. Modificaciones ergonómicas: Datos necesarios al momento de tomar una decisión

La mayoría de los productos y sistemas que utilizamos a diario han estado a nuestro alrededor desde hace ya tiempo, y nosotros probablemente tengamos buenas razones para mantenerlos, pero algunos de ellos necesitan un urgente mejoramiento debido a las lesiones que producen su utilización, es decir asuntos de seguridad, la dificultad de usarlos, costo de mantenimiento, productividad insuficiente o una incapacidad de competir con el mercado.

Para poder tomar una decisión adecuada de si se debe llevar a cabo una modificación ergonómica (ingenieril) del puesto de trabajo, es necesario tener en cuenta las posturas en la que el cuerpo se encuentra al hacer uso de su puesto de trabajo y el tiempo en el cual esta postura es sostenida. “El

máximo valor de un esfuerzo estático, en una postura en particular, puede permitir el cálculo de la resistencia máxima de dicha persona en esa postura, utilizando la ley de Rohmert”. (Bridger, 2003 pág. 271)

Si se tiene en cuenta lo antes mencionado en el caso de la muñeca la postura sostenida son los diferentes 4 movimientos posibles los cuales son medidos por ángulos: ángulo de flexión, ángulo de extensión, ángulo de abducción y ángulo de adducción.

El tiempo se lo puede medir en el intervalo que dicha persona sostiene tal postura además de compararlo con el tiempo máximo promedio que una persona dependiendo el percentil puede sostener los ángulos mencionados.

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO TIPO GUANTE Y PROGRAMACIÓN DE SOFTWARE.

3.1 Trabajos previos

En la actualidad existen guantes sensorizados enfocados al análisis de movimiento de la mano, centrándose estos en diferentes aplicaciones. Este es el caso de un guante desarrollado por investigadores del Departamento de Física y Ciencia de los Materiales de la Universidad de Hong Kong, los cuales enfocaron su investigación en un sistema de reconocimiento de gestos de la mano, orientado a la traducción de lenguaje de señas.

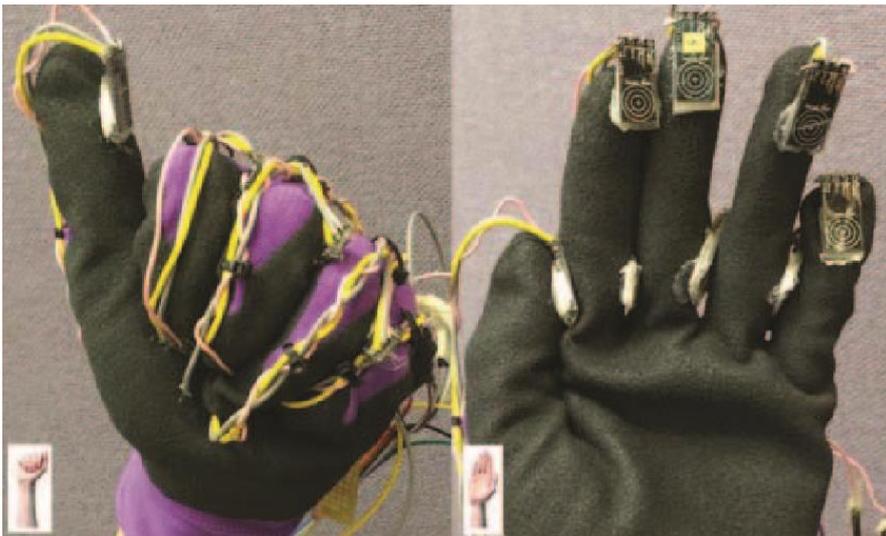


Figura 1-3: Fotografías de los gestos para el Lenguaje de Señas Americano para la letra A (izquierda) y B (derecha)

Fuente: (Glove-Based Hand Gesture Sign Language Translator using Capacitive Touch Sensor, 2016 pág. 337)

Un dispositivo capaz de reconocer gestos, fue desarrollado por investigadores del Departamento de Instrumentación y Control Ingenieril y del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Nacional de Tecnología de Tiruchirappalli; fue nombrado como ARMatron. Este guante es capaz de identificar gestos para el control de dispositivos robóticos en la gestión de desastres y la rehabilitación humana.

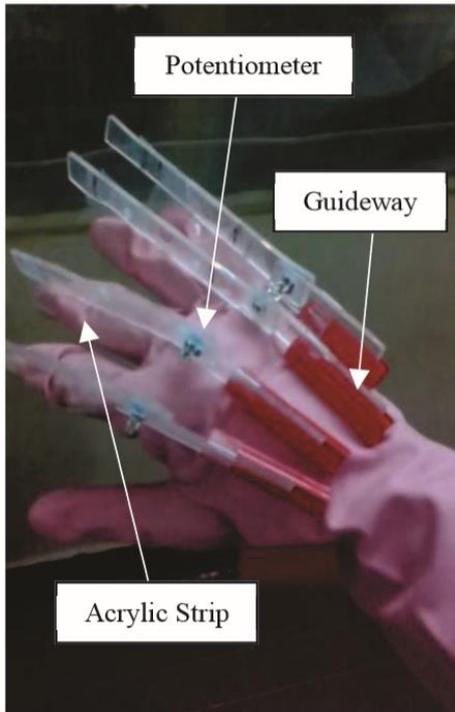


Figura 2-3: Prototipo de ARMatron (circuito desconectado)

Fuente: (ARMatron-A Wearable Gesture Recognition Glove, 2016)

El caso más similar a la investigación presentada, es un proyecto denominado como Manumeter, el cual es un dispositivo portátil que controla el uso diario de la muñeca y los dedos, desarrollado por miembros de la IEEE.



Figura 3-3: Manumeter: pulsera tipo reloj y anillo.

Fuente: (The Manumeter: A Wearable Device for Monitoring Daily Use of the Wrist and Fingers, 2014 pág. 1805)

El Prototipo tipo guante desarrollado en esta investigación analiza los cuatro movimientos de la mano, si bien es similar al Manumeter en cuanto a sus funciones, se diferencia en que está ligado directamente al análisis ergonómico en un determinado puesto de trabajo (oficina). El Manumeter indica el uso diario de la muñeca basado en la orientación de la misma y el movimiento del dedo

índice. Habiendo analizado la posibilidad de usar al Manometer como base para la investigación, se llegó a la conclusión de que se podría obtener datos angulares de una manera mucho más sencilla utilizando flexoresistivos. Además, se limitó la presente investigación al uso de MATLAB para el análisis de datos por medio de programación y proyección de la interfaz, debido a que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con su licencia, por lo tanto, utilizar flexoresistivos para medir datos resultó lo óptimo, debido a la sinergia entre ambos.

Los trabajadores de oficina necesitan utilizar sus dedos libres de cualquier material que pueda entorpecer sus movimientos, por esta razón se desarrolló un nuevo diseño que incluye una forma y material diferente a los diseños de guante detallados en esta investigación.

3.2 Construcción del Prototipo tipo guante

El Prototipo fue diseñado bajo un concepto de comodidad, eliminando en su mayoría factores que podrían contribuir al entorpecimiento de los movimientos del usuario mientras realiza sus funciones normales. Es así que se seleccionaron materiales electrónicos, ligeros y accesibles.

Para la construcción del Prototipo se tomó en consideración cuatro puntos importantes los cuales se muestran a continuación:

- Comodidad para el usuario
- Diseño apropiado y sencillo para alojar a los sensores de flexión
- Ligero
- Apto para trabajos de oficina

El primer punto para el diseño del guante fue la comodidad, para que de esta manera no afecte al usuario en su trabajo. El pulgar descubierto facilita el uso de la computadora y mouse, además de no entorpecer la escritura a mano, así mismo al tener los dedos descubiertos permite tipear sin ninguna dificultad.

En el diseño del guante se tuvo en mente dos espacios de 4.5 in para colocar los sensores de flexión, uno colocado en el medio de la mano, justo debajo del dedo de en medio, el cual está destinado para el sensor que mide los ángulos de flexión y extensión, y el otro espacio al extremo de la mano a un lado del dedo meñique para la medición de ángulos de abducción y aducción

El material del guante fue elegido para que el guante sea ligero, cómodo y que le permita realizar al usuario su trabajo sin obstáculos, para lo cual se consultó con una costurera, la cual recomendó la tela con fibras elásticas y el cuero.

Para que el Prototipo tipo guante pueda trabajar en una oficina no debe contar con nada que pueda generar un riesgo potente para el usuario, por esta razón los circuitos electrónicos han sido asilados, además el Arduino Mega es sujeto por un elástico la cual se amarra en el bíceps de la persona, permitiendo la conexión del cable de poder que se prolonga hacia la computadora.

El primer diseño que se muestra en la Figura 4-3, se lo fabricó con un material de cuero; se creyó en un principio que, por ser un material resistente, flexible, accesible, y estético sería el adecuado. Con el tiempo fue notorio que, al ser un material muy poco transpirable, la probabilidad de sudoración en la mano del usuario se volvió muy alta. Además, el material interfirió con la medición con los flexoresistivos, provocando datos erróneos.



Figura 4-3: Primer diseño Prototipo tipo guante

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Para el diseño final mostrado en la Figura 5-3, se utilizó una tela con fibras elásticas, de 1,5mm de espesor, resistente y asequible. Además, altamente transpirable, con lo cual se evita la condensación de la humedad, eliminando así el problema de sudoración. Al ser un material más suave los flexoresistivos pudieron moverse libremente, garantizando así datos reales. En la tabla 1-3 se muestra la comparación entre ambos Prototipos, en la cual muestra claramente que el Prototipo Final tiene las mejores características.



Figura 5-3: Diseño final Prototipo tipo guante

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 1-3: Tabla comparativa y valorativa de diferencias entre Prototipos.

	Prototipo Inicial	Conformidad	Prototipo Final	Conformidad
Material	Cuero: Material muy resistente, rígido, un poco pesado y no transpirable.	60%	Tela con fibras elásticas: Material resistente, elástico, liviano y transpirable.	100%
Comodidad	Ejerce gran presión sobre la mano. No impide las labores del usuario	80%	Se adapta fácilmente a la mano.No impide las labores del usuario	90%
Sudoración	El material no es transpirable por lo que la sudoración en la mano es alta.	30%	El material es transpirable, evitando la condensación de la humedad de la mano.	95%
Libertad de movimiento	Permite realizar todos los movimientos de la mano y muñeca sin dificultad	95%	Permite realizar todos los movimientos de la mano y muñeca sin dificultad	95%
Sujeción de elementos	Los compartimientos para los flexoresistivos son muy cortos lo cual produce que salgan de su posición frecuentemente.	40%	Los compartimientos para los flexoresistivos tienen el tamaño adecuado para una buena sujeción.	85%
Promedio		61%		93%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

El Prototipo Final mostrado en la Figura 6-3, es el adecuado para la presente investigación al tener una valoración de conformidad superior (93%) con respecto al Prototipo Inicial (63%) como se mostró previamente en la Tabla 1-3.

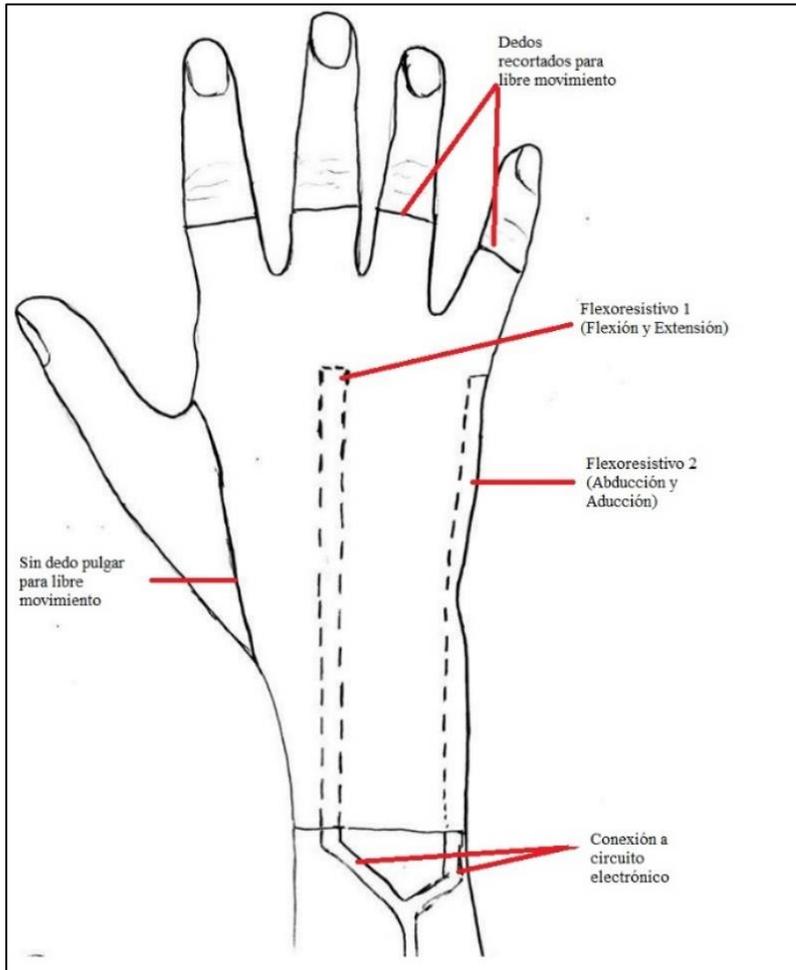


Figura 6-3: Esquema del Prototipo Final tipo guante

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

3.2.1 Materiales, equipos y software utilizados

Tabla 2-3: Materiales con sus respectivas especificaciones y propósito

Materiales		
Cantidad	Nombre	Propósito
2 unidades	Sensores de flexión (flexoresistivos) 4.5 in (11.43cm)	Dispositivo de simple construcción, el cual puede flexionarse libremente midiendo ángulos con precisión, se adapta a la superficie del guante a la perfección y tiene librerías con los softwares Arduino y MATLAB.
0.25 metros	Tela con fibra elástica	Sostener los flexoresistivos adecuadamente y garantizar comodidad al usuario.
1 unidad	Hilo	Fabricación del guante
15cm	Elástico	Sujeción de Arduino Mega al brazo del usuario,
0.25 m	Velcro	Fabricación del guante
2 unidades	Resistencias de 10k	Aumentar la resistencia al circuito
2 m	Cable Electrónico	Unir los flexoresistivos con las resistencias de 10k y el Arduino Mega.
4 unidades	Espadines	Conectar el circuito de mejor manera al Arduino Mega.
1 unidad	1 Arduino MEGA 2560 con adaptador	Realizar la comunicación entre los flexoresistivos y MATLAB
0.5 m	Estaño	Soldar las resistencias y los espadines al circuito.

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

Tabla 3-3: Equipos utilizados en la construcción del Prototipo tipo guante

Equipos	Propósito
Cautín	Soldar las resistencias y espadines del circuito electrónico con estaño

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

Tabla 4-3: Softwares utilizados en el Prototipo tipo guante

Softwares	Propósito
Arduino	Programa de licencia libre, permitiendo desarrollar un programa capaz de comunicar el Arduino MEGA 2560 con el MATLAB en el ordenador
MATLAB 2017a	Programa de licencia pagada en posesión de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Permite convertir los datos enviados por Arduino en forma numérica, realizando así una conversión a ángulos, además de permitir realizar interfaces completas para

	el usuario. Permitiendo visualizar en tiempo real los ángulos del guante y los resultados del análisis.
Excel 2015	Almacenamiento de datos del MATLAB

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

3.2.2 Circuito electrónico y programación

3.2.2.1 Circuito electrónico

El diagrama de conexión de los sensores de flexión con el Arduino MEGA, como se muestra en la Figura 6-3, se lo realizó utilizando la fuente de 5V que entrega el mismo, así como dos entradas analógicas A0 y A1, al mismo tiempo cada sensor de flexión consta de una resistencia de 10K para prevenir daños en la resistencia de los sensores y mejorar la toma de datos.

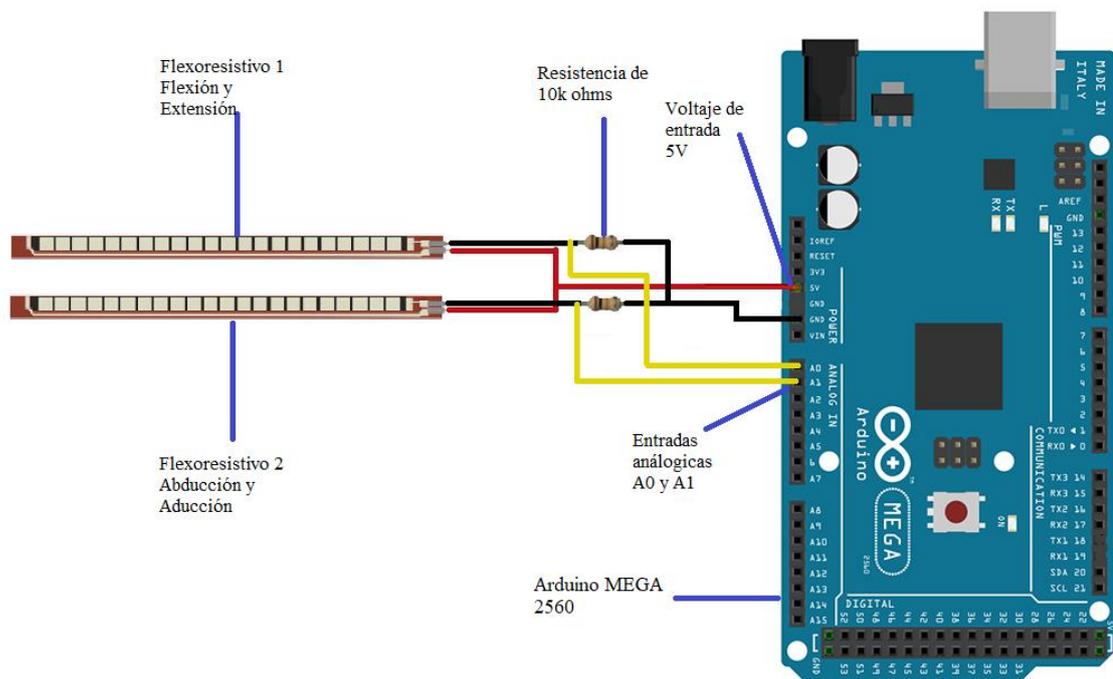


Figura 7-3: Diagrama de conexión de los sensores de flexión con Arduino Mega

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

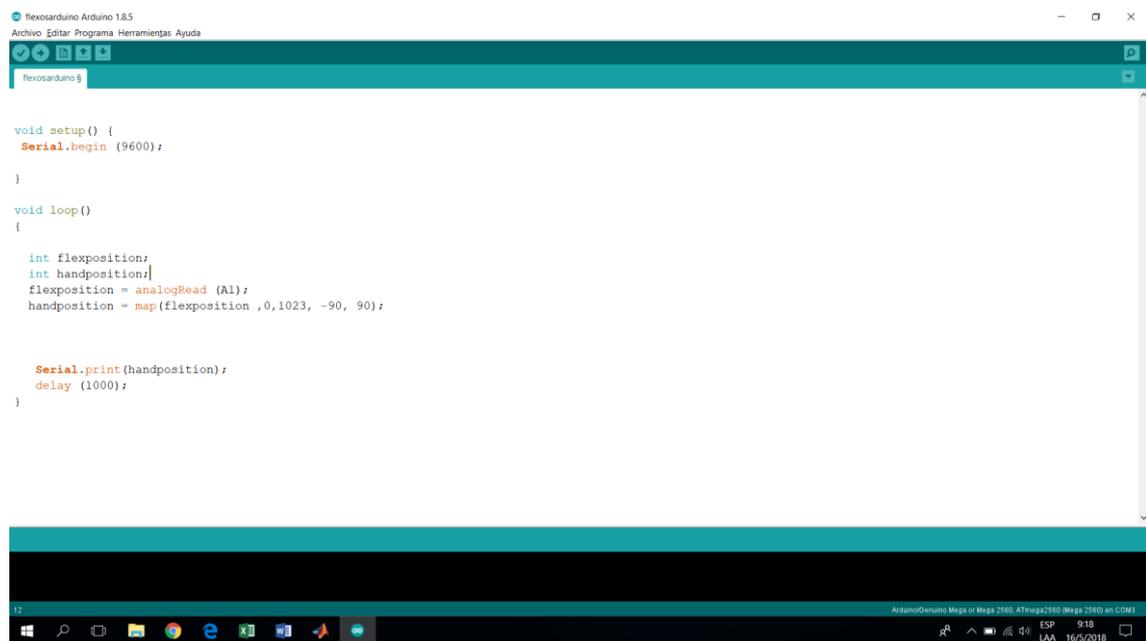
El circuito fue cuidadosamente soldado a espadines de 90 grados para asegurar su posición, finalmente todos los cables del circuito fuente recubiertos de con cobertura negra aislante E321857 con lo cual se disminuye en su totalidad riesgos eléctricos.

3.2.2.2 Calibración en Arduino

Un paso previo a la programación en MATLAB es el comprobar la correcta funcionalidad de los sensores de flexión, para ello se utilizó el código mostrado en la Figura 7-3, el mismo que fue tomado de la página oficial de Arduino.

Este código presenta dos secciones bien diferenciadas, la primera es la void setup, la cual establece la velocidad de los datos en baudios para la respectiva transmisión de datos en serie, es el presente caso es de 9600 baudios.

La segunda parte es el void loop, el cual declara las variables “flexposition” y “handposition”, la primera variable es igual a la lectura de la entrada analógica A1, por otra parte, la segunda variable convierte la variable “flexposition” de señal eléctrica a enteros, que el presente caso es de -90° a 90°. Luego estos valores son impresos en el serial del Arduino con una pausa de 1000ms



```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int flexposition;
  int handposition;
  flexposition = analogRead(A1);
  handposition = map(flexposition, 0, 1023, -90, 90);

  Serial.print(handposition);
  delay(1000);
}
```

Figura 8-3: Código para probar funcionalidad sensores de flexión

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Finalmente se hace correr el programa, y mediante la función serial se verifica que los sensores estén tomando datos y funcionando correctamente como se muestra en la Figura 8-3.



Figura 9-3: Comprobación de funcionamiento de flexoresistivos

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

3.2.2.3. Programación en MATLAB

Una vez las librerías de comunicación entre Arduino y MATLAB han sido correctamente instaladas, se procede a establecer la comunicación correspondiente con el Arduino Mega 2560, para lo cual se predefine el puerto COM con el cual se procedió a trabajar.

La programación realizada mide las variaciones de voltaje que presentan los dos sensores de flexión, lo cual mediante algoritmos matemáticos se transforman a números que se puedan entender de manera física en este caso ángulos. Cada sensor de flexión mide dos tipos de ángulos de la mano (flexión, extensión ó abducción, aducción), los mismo que son tomadas en base a los ejes de coordenadas como se muestra en la Figura 9-3. Para que el programa pueda identificarlos se definió la compresión del sensor para los ángulos extensión y aducción, por ende, el alargamiento del sensor son para los ángulos flexión y abducción respectivamente. Dentro de la programación de MATLAB esto se diferencia por los signos que presenta la corriente pues cuando se comprime el sensor es negativo y cuando se alarga es positivo. Una vez los ángulos han sido clasificados según su tipo por el programa, se procede a calcular el percentil correspondiente a la extensión, flexión, aducción y abducción de la persona, además el programa calcula el tiempo en el cual la persona ha sostenido un ángulo riesgoso o que podría generar enfermedades musculoesqueléticas en la muñeca del trabajador.

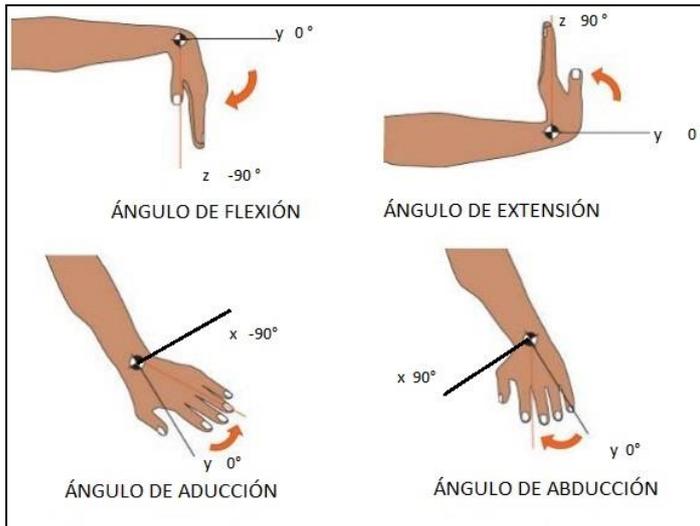


Figura 10-3: Ejes de coordenadas de los ángulos

Fuente: (Kroemer, y otros, 2003 pág. 57)

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

3.2.2.4 Código MATLAB

El código realizado en MATLAB se encuentra en su totalidad en el Anexo C, el mismo que consta de las siguientes partes:

- **Iniciar:** Esta sección es utilizada para declara las 7 variables globales las cuales son: “a” para comunicar al Arduino, “Fs” para setear la frecuencia del muestreo, “N” para las dimensiones de los vectores, “set-gra-s” para setear en 0° el sensor del puerto A1, “set-gra-1” para setear en 0° el sensor A0, “lec” para leer los datos de la entrada analógica A1 y “lec2” para leer los datos de la entrada analógica A0, además se declaran 2 vectores de creación de los sensores los mismos que almacenan los datos cuando el programa este en funcionamiento, así como un vector de tiempo que mide el tiempo de los ángulos de riesgo. Así mismo, en esta sección se realiza la gráfica en tiempo real de los vectores, con la ayuda de la función tic-toc para crear un ciclo infinito
- **Llenado de vectores:** Esta sección inicia un bucle de repetición para que cada nuevo valor ocupe un nuevo lugar dentro del vector.
- **Llenado de archivos en Excel:** En esta parte de la programación mediante la función xlswrite, escribe los valores de los vectores hacia cuatro hojas de Excel, una para cada vector.
- **Promedio lecturas:** Se realiza un promedio general de las lecturas de cada vector para posteriormente encontrar el percentil en hombres y mujeres.

- Resultados Masculino: En esta sección se aplica el método de interpolación de percentiles para encontrar el percentil en el que la persona de sexo masculino se encuentra.
- Resultados Femenino: En esta sección se aplica el método de interpolación de percentiles para encontrar el percentil en el que la persona de sexo femenino se encuentra.
- Timer: Esta sección como se muestra en la Figura 10-3, es la parte más importante pues establece el conteo para las muestras, además de dividir los vectores ya declarados en cuatro vectores definidos cada uno para extensión, flexión, abducción y aducción respectivamente. Así mismo contruye estos vectores y rellena las celdas de las respectivas hojas de Excel.

```

151
152 %% TIMER
153
154 global a set_gra_s set_gra_l pro_file pro_ext pro_abd pro_add vec_ext vec_file vec_abd vec_add
155
156 h1 = get(handles.edit37,'string'); % Valor de segundos para el timer
157 n = str2double(h1); % Conversión de string a flotante
158 t = timer('TimerFcn','state = false','StartDelay',n); % Inicialización objeto timer
159 start(t) % Inicio de conteo
160 state = true;
161
162 vec_file = zeros(1,n); % vector para obtención de datos flexión
163 vec_ext = zeros(1,n); % vector para obtención de datos extensión
164 vec_abd = zeros(1,n); % vector para obtención de datos abducción
165 vec_add = zeros(1,n); % vector para obtención de datos aducción
166
167 if (state == true)
168
169     c = 1; %Inicio de contadores para vectores de relleno de excel
170     d = 1;
171     e = 1;
172     f = 1;

```

Figura 11-3: Código MATLAB de temporizadores para el Prototipo

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

- Botones: En esta sección se realiza ls conexiones adecuadas para que cada botón de la GUIDE, llame a las funciones adecuadas, para que de esta manera el programa pueda funcionar adecuadamente.

3.2.3 *Diseño y funcionamiento de la GUIDE*

En la Figura 11-3 se muestra la interfaz realizada para el Prototipo tipo guante, el cual cuenta con un monitor serial en el cual se grafica en tiempo real los ángulos de flexión y extensión en color verde, por otra parte en color rojo los ángulos de abducción y aducción, debajo de este monitor serial se encuentran 3 botones , el primero botón es conectar el cual establece comunicación entre Arduino y MATLAB, el segundo botón es iniciar el cual permite el paso de datos hacia el monitor

serial y gráfica, por ultimo esta Reset COM el cual está ahí para restar los puertos para la toma de medidas cuando sea necesario.



Figura 12-3: Interfaz GUIDE-MATLAB para el guante

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En el lado derecho se tiene un timer el en el cual se introduce el tiempo en segundos por muestra, el botón Set Time permite adquirir las muestras en tiempo real las mismas que son guardadas en un documento Excel. Además, se tiene dos botones en resultados los cuales dependiendo del género del usuario del Prototipo tipo guante reflejara en la parte inferior el percentil de la persona para los movimientos de extensión, flexión, aducción y abducción.

3.3. Utilización del Software

El Software permite al interesado en el estudio conocer los ángulos que el usuario ejecuta en las 4 posiciones de la mano durante su jornada de trabajo o las horas que se desee estudiar. Dichos ángulos pueden ser observados en tiempo real en una gráfica presentada en la interfaz. Mediante la ley de Rohmert el Programa analiza los ángulos, los envía a Excel y se calcula el máximo tiempo de exposición que la persona estudiada podría estar expuesta a cierta carga antes de llegar al agotamiento. Además, con la utilización del Método de Interpolación de Percentiles, es posible calcular el percentil en el cual se encuentra la persona, dato que también se indica en la interfaz del Programa.

En cuanto al análisis de ángulos riesgosos, el programa recolecta los datos a través del guante, enviándolos a Excel, y mediante análisis estadístico determina el comportamiento de los ángulos,

permitiendo observar gráficamente la existencia de anomalía en la forma de desempeñar el movimiento de la mano de la persona.

A continuación, se hará el análisis con el Sujeto 1 para el movimiento de extensión:

Los datos son recolectados en una columna, los cuales son analizados automáticamente obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5-3: Resultados de la contabilización de ángulos de extensión para el Sujeto 1

Carga Postural	Extensión	
	Sujeto 1	
Número de ángulos (n)	320	100%
Número de ángulos de bajo riesgo	1	0,31%
Número de ángulos de riesgo medio	36	11,25%
Número de ángulos de alto riesgo	283	88,44%
Ángulo Promedio	72,28	
Percentil	56,81	

Realizado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

El percentil es un dato importante al momento de diseñar dispositivos ergonómicos, al conocer el percentil particular de una persona se podrían diseñar diseños personalizados. En porcentajes se puede observar el número de ángulos de bajo, medio y alto riesgo según su frecuencia de repetición en el trabajo.

Los datos son analizados mediante una agrupación de datos, calculando la frecuencia de cada subgrupo obteniendo el siguiente histograma, en el cual se muestra el comportamiento de los movimientos.

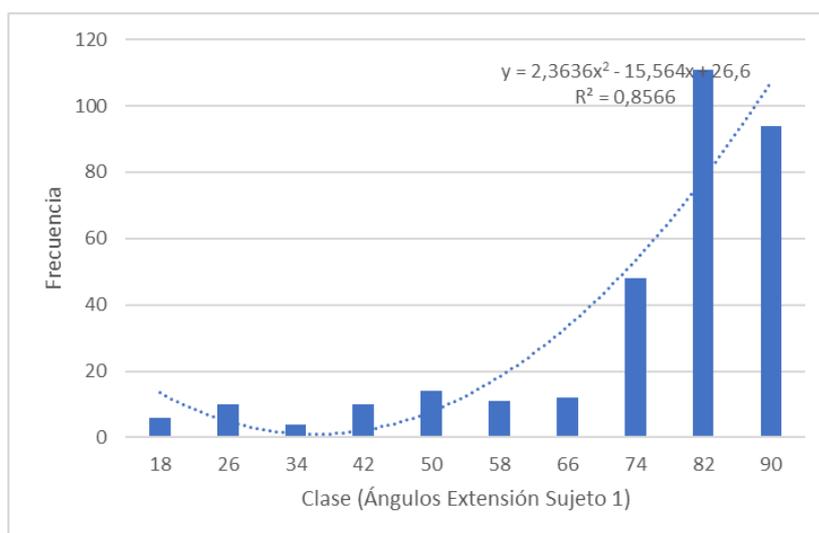


Gráfico 1-3: Histograma: Ángulos de extensión Sujeto 1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Una vez procesados los datos, se identifica mediante el gráfico que la mayoría de los ángulos ejercidos están concentrados a partir del los 74°, y en base a la clasificación de Bramson, los ángulos se encuentran en la categorización de “alto riesgo”. A continuación, se indica la clasificación de Bramson:

Tabla 6-3: Movimiento angular límite de la articulación antes de la aparición de un desorden musculoesquelético, clasificado por bajo, medio o alto riesgo.

Limit risk	Low risk	Medium risk	High risk
Movement			
Wrist Extension	0 to 15°	>15 a 45°	>45°
Wrist Ulnar Deviation	0 to 20°	>20 a 30°	>31°
Wrist Radial Deviation	0 to 10°	>10 a 20°	>20°
Elbow Flexion	0 to 90°	>90 a 120°	>120°
Shoulder Flexion	0 to 30°	>30 a 60°	>60°
Shoulder Abduction	0 to 30°	>30 a 60°	>60°
Shoulder Half Rotation	0 to 10°	>10 a 45°	>45°
Head Flexion	0 to 10°	>10 a 30°	>30°
Wrist Flexion	0 to 15°	>15 a 45°	>45°

Fuente: (Bramson JB, 1998 pág. 176)

CAPÍTULO IV

4 VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO TIPO GUANTE Y SOFTWARE.

4.1. Determinación y toma de muestra.

El Prototipo tipo guante tiene una capacidad de recolección de 32 000 datos en una jornada de 8 horas laborables, es decir de 16 000 por flexoresistivo (1,8 segundos por dato).

El tamaño de muestra se calculó con un nivel de confianza del 99% y con 5% de porcentaje de error, siendo el resultado de 640 datos correspondientes a cada flexo resistivo. Cada flexo resistivo mide dos posiciones de la mano, a cada una le corresponde 320 datos.

$$n = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)} = 640$$

Por medio del Prototipo, se recolectaron los datos para la investigación, la misma que se realizó al centro de Bienestar Politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a todas las trabajadoras las cuales son 6. Las pruebas fueron realizadas en el periodo de matriculas como se muestra en la Figura 1-4, debido a la gran carga de trabajo que presentan en esas fechas. Una vez obtenidos los datos se calcularon las medidas de tendencia central y se generó las gráficas respectivas con el fin de hacer la validación de datos.



Figura 1-4: Toma de Datos a trabajadores de oficina

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

La totalidad de los datos obtenidos se encuentran adjuntados en el ANEXO D.

4.2. Pruebas estadísticas.

4.2.1. Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis.

A continuación, se indica las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis:

Tabla 1-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de extensión del Sujeto 1, 2 y 3

Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto3	
Media	72,28	Media	76,97	Media	71,48
Error típico	0,98	Error típico	0,75	Error típico	1,06
Mediana	78,00	Mediana	80,00	Mediana	78,00
Moda	85,00	Moda	82,00	Moda	86,00
Desviación estándar	17,57	Desviación estándar	13,34	Desviación estándar	18,96
Varianza de la muestra	308,74	Varianza de la muestra	177,88	Varianza de la muestra	359,40
Curtosis	2,13	Curtosis	8,52	Curtosis	1,40
Coficiente de asimetría	-1,70	Coficiente de asimetría	-2,80	Coficiente de asimetría	-1,57
Rango	75,00	Rango	74,00	Rango	75,00
Mínimo	15,00	Mínimo	16,00	Mínimo	15,00
Máximo	90,00	Máximo	90,00	Máximo	90,00

Suma	23130,00	Suma	24631,00	Suma	22875,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 2-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de extensión del Sujeto 4, 5 y 6.

Sujeto4		Sujeto 5		Sujeto 6	
Media	76,63	Media	66,21	Media	70,93
Error típico	0,74	Error típico	1,18	Error típico	1,02
Mediana	79,00	Mediana	75,00	Mediana	77,00
Moda	81,00	Moda	86,00	Moda	81,00
Desviación estándar	13,22	Desviación estándar	21,14	Desviación estándar	18,23
Varianza de la muestra	174,70	Varianza de la muestra	446,91	Varianza de la muestra	332,15
Curtosis	7,09	Curtosis	-0,51	Curtosis	1,05
Coefficiente de asimetría	-2,57	Coefficiente de asimetría	-0,88	Coefficiente de asimetría	-1,45
Rango	75,00	Rango	75,00	Rango	74,00
Mínimo	15,00	Mínimo	15,00	Mínimo	15,00
Máximo	90,00	Máximo	90,00	Máximo	89,00
Suma	24523,00	Suma	21188,00	Suma	22698,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 3-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de flexión del Sujeto 1, 2 y 3.

Sujeto1		Sujeto2		Sujeto3	
Media	36,61	Media	40,23	Media	39,39
Error típico	1,08	Error típico	1,10	Error típico	1,07
Mediana	34,00	Mediana	39,00	Mediana	38,00
Moda	40,00	Moda	45,00	Moda	44,00
Desviación estándar	19,23	Desviación estándar	19,68	Desviación estándar	19,17
Varianza de la muestra	369,93	Varianza de la muestra	387,43	Varianza de la muestra	367,34
Curtosis	-0,63	Curtosis	-0,90	Curtosis	-0,77
Coefficiente de asimetría	0,43	Coefficiente de asimetría	0,24	Coefficiente de asimetría	0,30
Rango	77,00	Rango	77,00	Rango	77,00
Mínimo	3,00	Mínimo	3,00	Mínimo	3,00

Máximo	80,00	Máximo	80,00	Máximo	80,00
Suma	11716,00	Suma	12875,00	Suma	12605,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 4-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de flexión del Sujeto 4, 5 y 6.

Sujeto4		Sujeto5		Sujeto6	
Media	31,08	Media	37,31	Media	37,21
Error típico	0,99	Error típico	1,08	Error típico	1,12
Mediana	30,50	Mediana	35,00	Mediana	35,00
Moda	59,00	Moda	44,00	Moda	44,00
Desviación estándar	17,76	Desviación estándar	19,32	Desviación estándar	20,12
Varianza de la muestra	315,33	Varianza de la muestra	373,26	Varianza de la muestra	404,75
Curtosis	-1,34	Curtosis	-0,57	Curtosis	-0,73
Coficiente de asimetría	0,05	Coficiente de asimetría	0,47	Coficiente de asimetría	0,39
Rango	57,00	Rango	77,00	Rango	77,00
Mínimo	3,00	Mínimo	3,00	Mínimo	3,00
Máximo	60,00	Máximo	80,00	Máximo	80,00
Suma	9944,00	Suma	11940,00	Suma	11906,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 5-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de aducción del Sujeto 1, 2 y 3.

Sujeto1		Sujeto2		Sujeto3	
Media	27,76	Media	26,99	Media	27,13
Error típico	0,37	Error típico	0,38	Error típico	0,38
Mediana	28,00	Mediana	27,00	Mediana	27,00
Moda	36,00	Moda	21,00	Moda	37,00
Desviación estándar	6,65	Desviación estándar	6,85	Desviación estándar	6,83
Varianza de la muestra	44,21	Varianza de la muestra	46,86	Varianza de la muestra	46,68
Curtosis	-1,23	Curtosis	-1,27	Curtosis	-1,31
Coficiente de asimetría	-0,13	Coficiente de asimetría	-0,02	Coficiente de asimetría	-0,01
Rango	22,00	Rango	22,00	Rango	22,00
Mínimo	16,00	Mínimo	16,00	Mínimo	16,00
Máximo	38,00	Máximo	38,00	Máximo	38,00
Suma	8882,00	Suma	8638,00	Suma	8681,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 6-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de aducción del Sujeto 4, 5 y 6.

Sujeto4		Sujeto5		Sujeto6	
Media	27,20	Media	26,25	Media	27,43
Error típico	0,38	Error típico	0,38	Error típico	0,38
Mediana	27,00	Mediana	26,00	Mediana	28,00
Moda	36,00	Moda	17,00	Moda	25,00
Desviación estándar	6,77	Desviación estándar	6,72	Desviación estándar	6,72
Varianza de la muestra	45,86	Varianza de la muestra	45,21	Varianza de la muestra	45,13
Curtosis	-1,22	Curtosis	-1,25	Curtosis	-1,19
Coficiente de asimetría	-0,09	Coficiente de asimetría	0,10	Coficiente de asimetría	-0,15
Rango	23,00	Rango	22,00	Rango	22,00
Mínimo	15,00	Mínimo	16,00	Mínimo	16,00
Máximo	38,00	Máximo	38,00	Máximo	38,00
Suma	8703,00	Suma	8401,00	Suma	8779,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 7-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de abducción del Sujeto 1, 2 y 3.

Sujeto1		Sujeto2		Sujeto3	
Media	29,23	Media	25,39	Media	29,81
Error típico	0,38	Error típico	0,42	Error típico	0,35
Mediana	30,00	Mediana	26,00	Mediana	31,00
Moda	36,00	Moda	19,00	Moda	29,00
Desviación estándar	6,77	Desviación estándar	7,49	Desviación estándar	6,32
Varianza de la muestra	45,82	Varianza de la muestra	56,04	Varianza de la muestra	39,90
Curtosis	-0,52	Curtosis	-1,19	Curtosis	0,15
Coficiente de asimetría	-0,67	Coficiente de asimetría	-0,04	Coficiente de asimetría	-0,92
Rango	25,00	Rango	25,00	Rango	25,00
Mínimo	13,00	Mínimo	13,00	Mínimo	13,00
Máximo	38,00	Máximo	38,00	Máximo	38,00
Suma	9355,00	Suma	8124,00	Suma	9538,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 8-4: Medidas de tendencia central, medidas de dispersión, asimetría y curtosis para los datos de abducción del Sujeto 4, 5 y 6.

Sujeto4		Sujeto5		Sujeto6	
Media	27,05	Media	27,84	Media	26,46
Error típico	0,41	Error típico	0,40	Error típico	0,41
Mediana	28,00	Mediana	29,00	Mediana	27,50
Moda	36,00	Moda	38,00	Moda	31,00
Desviación estándar	7,41	Desviación estándar	7,19	Desviación estándar	7,26
Varianza de la muestra	54,92	Varianza de la muestra	51,69	Varianza de la muestra	52,71
Curtosis	-1,10	Curtosis	-0,85	Curtosis	-1,14
Coficiente de asimetría	-0,29	Coficiente de asimetría	-0,45	Coficiente de asimetría	-0,21
Rango	25,00	Rango	25,00	Rango	25,00
Mínimo	13,00	Mínimo	13,00	Mínimo	13,00
Máximo	38,00	Máximo	38,00	Máximo	38,00
Suma	8657,00	Suma	8909,00	Suma	8467,00
Cuenta	320,00	Cuenta	320,00	Cuenta	320,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

4.2.2. Validación de la hipótesis

En la investigación, fue necesario determinar que las mediciones y el procesamiento de datos ejercido por el Prototipo corresponden al usuario, es decir que este procedimiento obtenga resultados netos de la persona y no resultados repetidos, copiados o memorizados por el Programa, en palabras más precisas el Prototipo debe medir y procesar de una manera objetiva dependientemente de quien lo utilice. Para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis.

Hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondientes a los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

Para extensión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para flexión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para aducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Para abducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Hipótesis nula: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondientes a los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina independientemente de la persona que lo este utilizando.

Para extensión: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para flexión: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para abducción: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Para aducción: $H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots \mu_6$

Aplicando la prueba estadística de Fisher para los 6 sujetos concerniente al ángulo de extensión se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9-4: Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de extensión en los 6 sujetos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Sujeto 1	320	23130	72,28	308,74
Sujeto 2	320	24631	76,97	177,88
Sujeto 3	320	22875	71,48	359,40
Sujeto 4	320	24523	76,63	174,70
Sujeto 5	320	21188	66,21	446,91
Sujeto 6	320	22698	70,93	332,15

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

Tabla 10-4: Análisis de varianza para los datos de extensión en los 6 sujetos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	25639,87	5	5127,97	17,10	1,42E-16	2,22
Dentro de los grupos	574129,62	1914	299,96			
Total	599769,49	1919				

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño

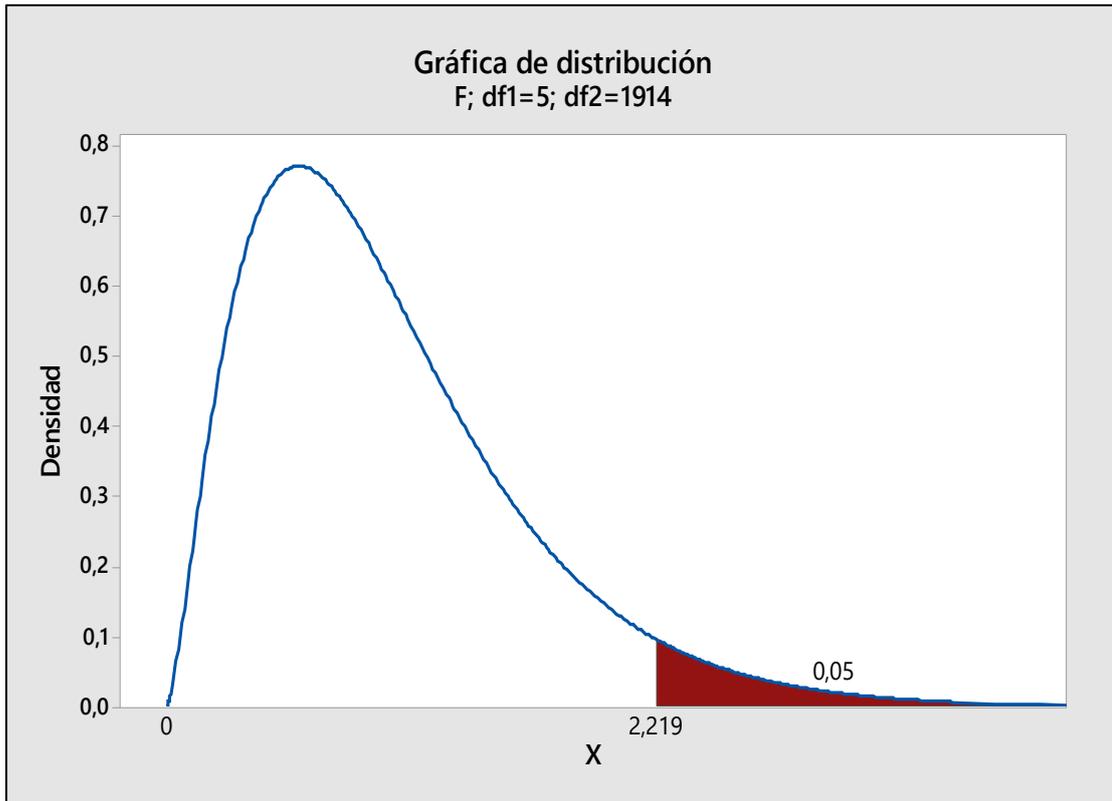


Gráfico 1-4: Gráfica de distribución F; df1=5 ; df2=1914 para los ángulos de extensión

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Por consiguiente, al ser el estadístico calculado mayor que el estadístico de Fisher de tabla, se acepta la hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondiente al movimiento de extensión en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

$$F_o > F(0.05, 5, 1914) \therefore$$

Para extensión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad \checkmark$

Aplicando la prueba estadística de Fisher para los 6 sujetos concerniente al ángulo de flexión se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11-4: Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de flexión en los 6 sujetos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Sujeto 1	320,00	11716,00	36,61	369,93
Sujeto 2	320,00	12875,00	40,23	387,43
Sujeto 3	320,00	12605,00	39,39	367,34
Sujeto 4	320,00	9944,00	31,08	315,33
Sujeto 5	320,00	11940,00	37,31	373,26
Sujeto 6	320,00	11906,00	37,21	404,75

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 12-4: Análisis de varianza para los datos de flexión en los 6 sujetos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	16501,60	5,00	3300,32	8,93	2,15E-08	2,22
Dentro de los grupos	707554,88	1914,00	369,67			
Total	724056,48	1919,00				

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

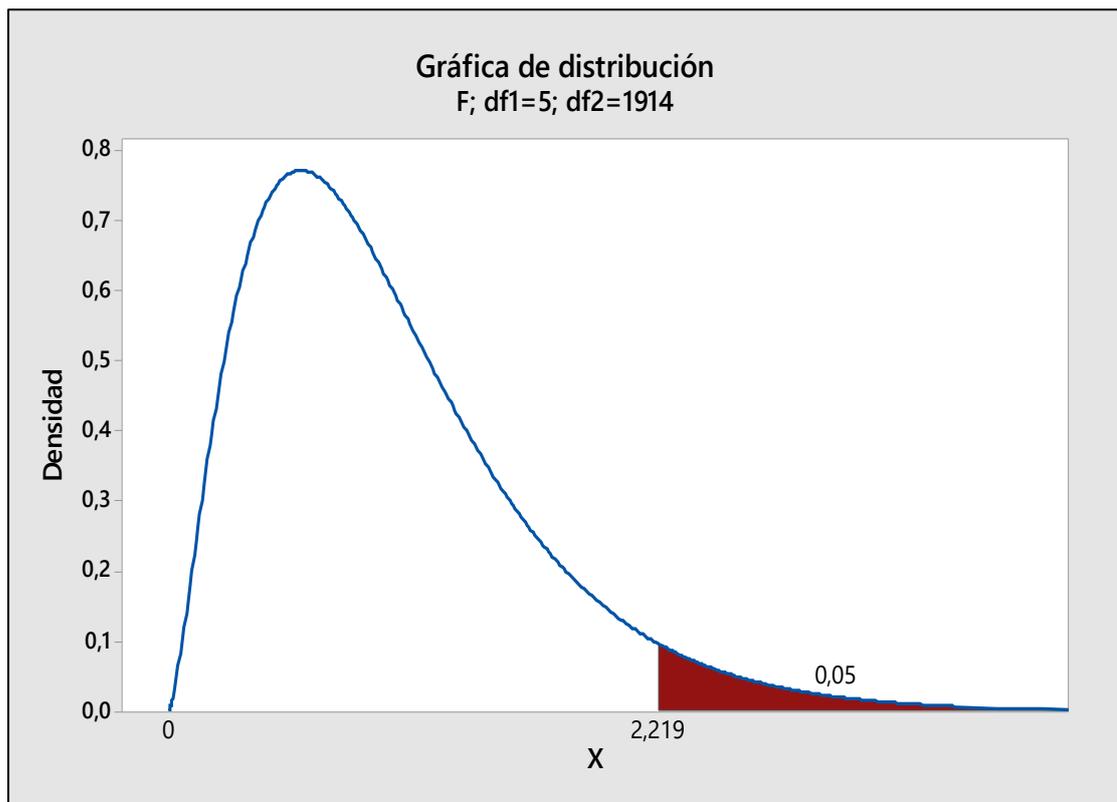


Gráfico 2-4: Gráfica de distribución F; $df_1=5$; $df_2=1914$ para los ángulos de flexión

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Por consiguiente, al ser el estadístico calculado mayor que el estadístico de Fisher de tabla, se acepta la hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondiente al movimiento de flexión en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

$$F_o > F(0.05, 5, 1914) \therefore$$

Para flexión: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad \checkmark$

Aplicando la prueba estadística de Fisher para los 6 sujetos concerniente al ángulo de aducción se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13-4: Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de aducción en los 6 sejetos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Sujeto 1	320,00	8882,00	27,76	44,21
Sujeto 2	320,00	8638,00	26,99	46,86
Sujeto 3	320,00	8681,00	27,13	46,68
Sujeto 4	320,00	8703,00	27,20	45,86
Sujeto 5	320,00	8401,00	26,25	45,21
Sujeto 6	320,00	8779,00	27,43	45,13

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 14-4: Análisis de varianza para los datos de aducción en los 6 sujetos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	408,55	5,00	81,71	2,79	0,11	2,22
Dentro de los grupos	87390,44	1914,00	45,66			
Total	87798,99	1919,00				

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

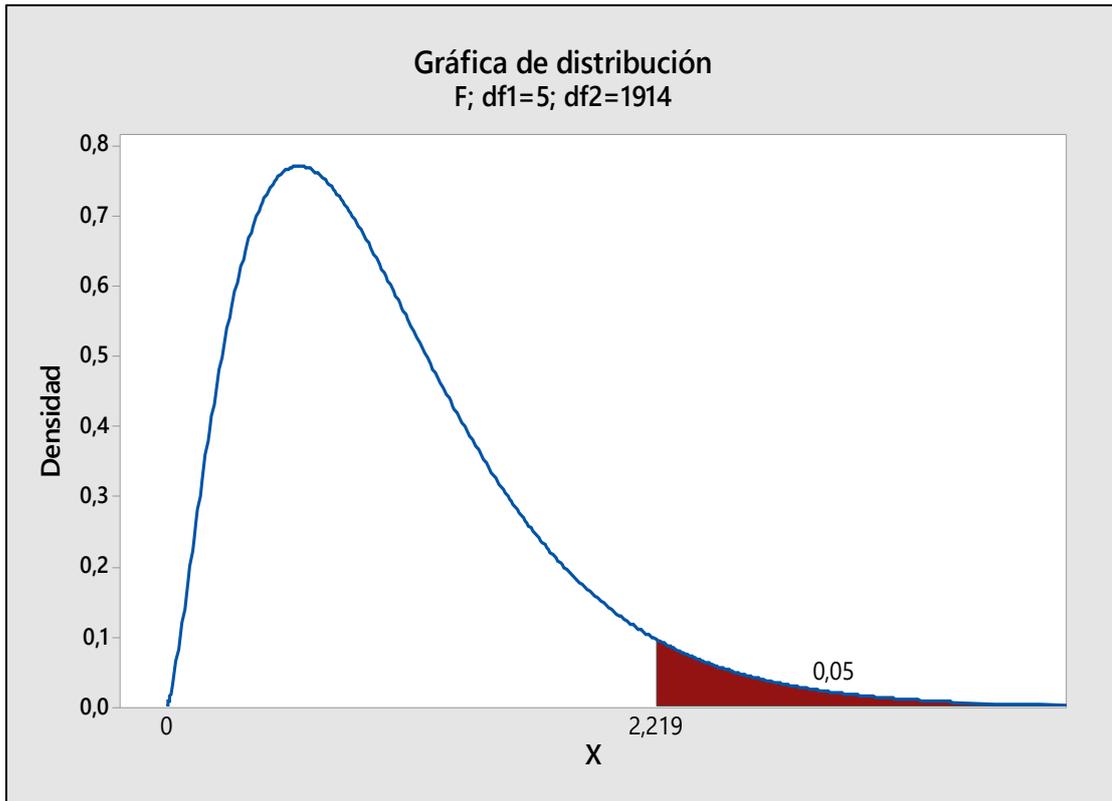


Gráfico 3-4: Gráfica de distribución F; df1=5 ; df2=1914 para los ángulos de aducción

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Por consiguiente, al ser el estadístico calculado mayor que el estadístico de Fisher de tabla, se acepta la hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondiente al movimiento de aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

$$F_o > F(0.05, 5, 1914) \therefore$$

Para aducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad \checkmark$

Aplicando la prueba estadística de Fisher para los 6 sujetos concerniente al ángulo de abducción se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15-4: Resumen de datos de medias y varianzas para los ángulos de abducción en los 6 sejetos

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Sujeto 1	320,00	9355,00	29,23	45,82
Sujeto 2	320,00	8124,00	25,39	56,04
Sujeto 3	320,00	9538,00	29,81	39,90
Sujeto 4	320,00	8657,00	27,05	54,92

Sujeto 5	320,00	8909,00	27,84	51,69
Sujeto 6	320,00	8467,00	26,46	52,71

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 16-4: Análisis de varianza para los datos de abducción en los 6 sujetos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4507,65	5,00	901,53	17,97	1,89E-17	2,22
Dentro de los grupos	96041,80	1914,00	50,18			
Total	100549,45	1919,00				

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

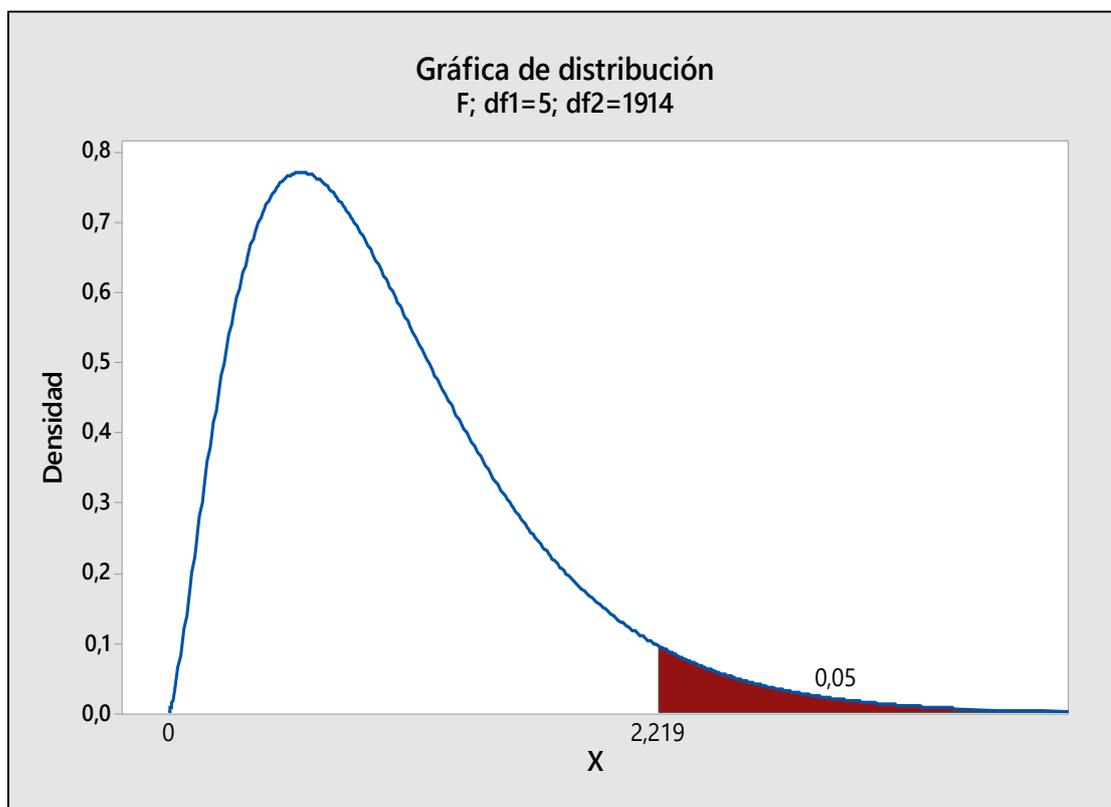


Gráfico 4-4: Gráfica de distribución F; df1=5 ; df2=1914 para los ángulos de abducción

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Por consiguiente, al ser el estadístico calculado mayor que el estadístico de Fisher de tabla, se acepta la hipótesis de investigación: El nuevo Prototipo de guante a desarrollar medirá y procesará satisfactoriamente las cargas posturales correspondiente al movimiento de abducción en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo este utilizando.

$$F_o > F(0.05, 5, 1914) \therefore$$

Para abducción: $H_i: \mu_j \neq \mu \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad \checkmark$

4.3. Resultados del Prototipo tipo guante aplicado a trabajadores de oficina.

En la siguiente tabla resumen se muestra los resultados de los ángulos de extensión con los 6 sujetos de prueba.

Tabla 17-4: Resumen de los resultados de los ángulos de extensión de los 6 sujetos

Carga Postural: Extensión												
	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6	
Número de ángulos (n)	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%
Número de ángulos de bajo riesgo	1	0,31%	0	0,00%	1	0,31%	1	0,31%	2	0,63%	1	0,31%
Número de ángulos de riesgo medio	36	11,2%	17	5,31%	42	13,13%	16	5,00%	64	20,00%	43	13,44%
Número de ángulos de alto riesgo	283	88,4%	303	94,69%	277	86,5%	303	94,6%	254	79,38%	276	86,25%
Ángulo Prom.	72,28		76,97		71,48		76,63		66,21		70,93	
Percentil	56,81		64,43		48,50		63,45		33,20		47,12	

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento de los ángulos de extensión, en los diferentes sujetos (trabajadores de oficina) de los que se tomó las muestras respectivas.

Tabla 18-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
18	6	1,88%	82	111	34,69%
26	10	5,00%	90	94	64,06%
34	4	6,25%	74	48	79,06%
42	10	9,38%	50	14	83,44%
50	14	13,75%	66	12	87,19%
58	11	17,19%	58	11	90,63%
66	12	20,94%	26	10	93,75%

74	48	35,94%	42	10	96,88%
82	111	70,63%	18	6	98,75%
90	94	100,00%	34	4	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018.

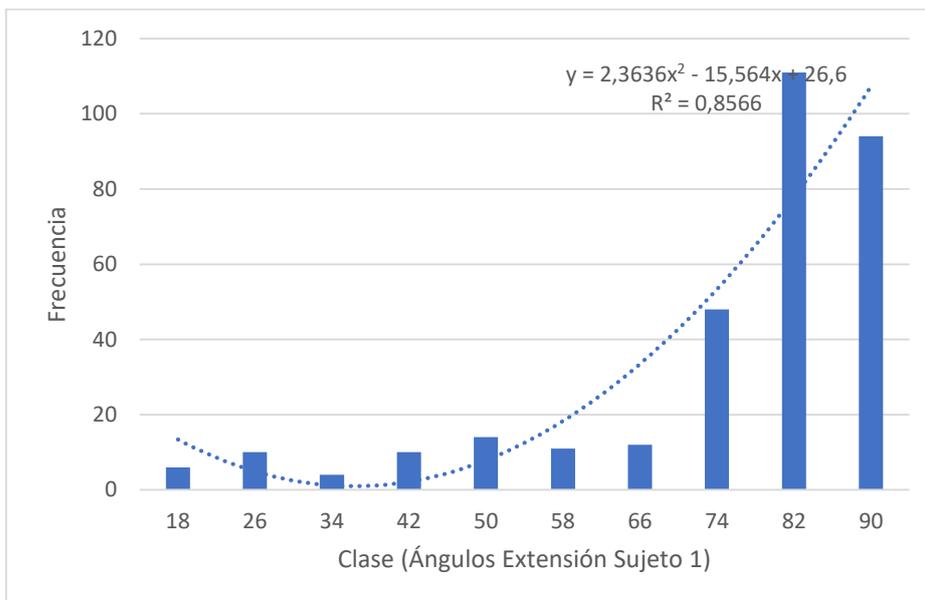


Gráfico 5-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 19-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
18	3	0,94%	82	132	41,25%
26	6	2,81%	90	109	75,31%
34	2	3,44%	74	53	91,88%
42	5	5,00%	26	6	93,75%
50	4	6,25%	42	5	95,31%
58	2	6,88%	50	4	96,56%
66	4	8,13%	66	4	97,81%
74	53	24,69%	18	3	98,75%
82	132	65,94%	34	2	99,38%
90	109	100,00%	58	2	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

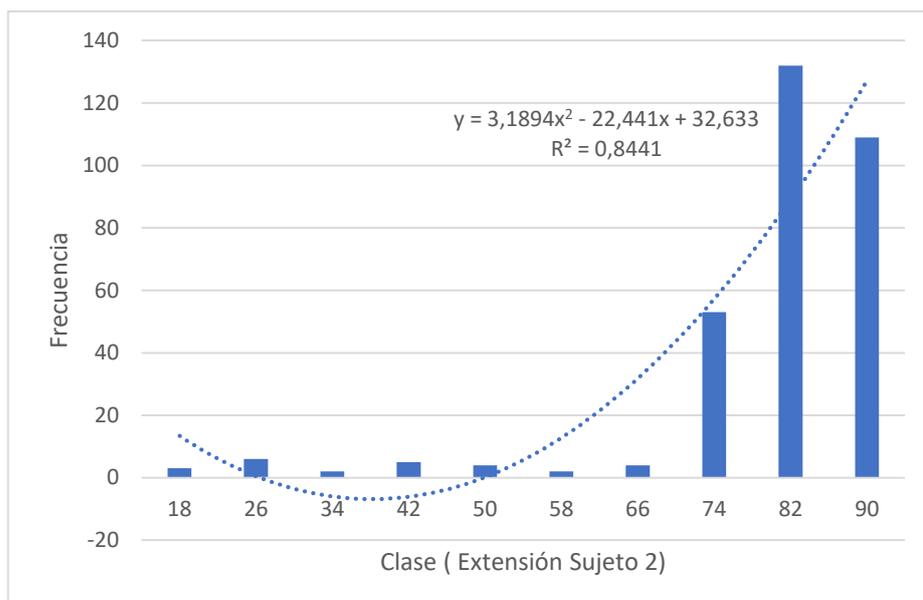


Gráfico 6-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 2

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 20-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
18	7	2,19%	90	106	33,13%
26	11	5,63%	82	92	61,88%
34	9	8,44%	74	51	77,81%
42	12	12,19%	42	12	81,56%
50	12	15,94%	50	12	85,31%
58	8	18,44%	66	12	89,06%
66	12	22,19%	26	11	92,50%
74	51	38,13%	34	9	95,31%
82	92	66,88%	58	8	97,81%
90	106	100,00%	18	7	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

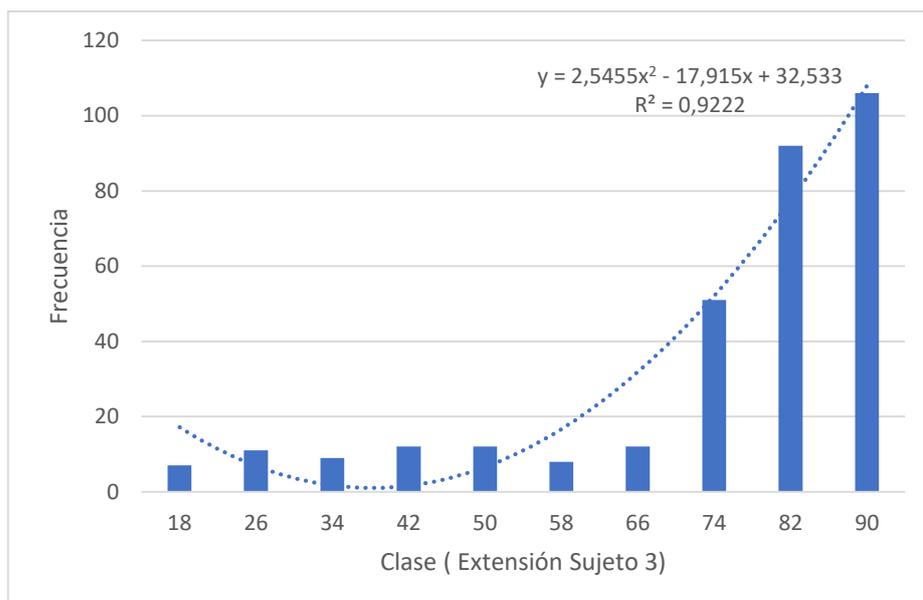


Gráfico 7-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 3

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 21-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
18	1	0,31%	82	127	39,69%
26	6	2,19%	90	110	74,06%
34	4	3,44%	74	55	91,25%
42	5	5,00%	26	6	93,13%
50	4	6,25%	58	6	95,00%
58	6	8,13%	42	5	96,56%
66	2	8,75%	34	4	97,81%
74	55	25,94%	50	4	99,06%
82	127	65,63%	66	2	99,69%
90	110	100,00%	18	1	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

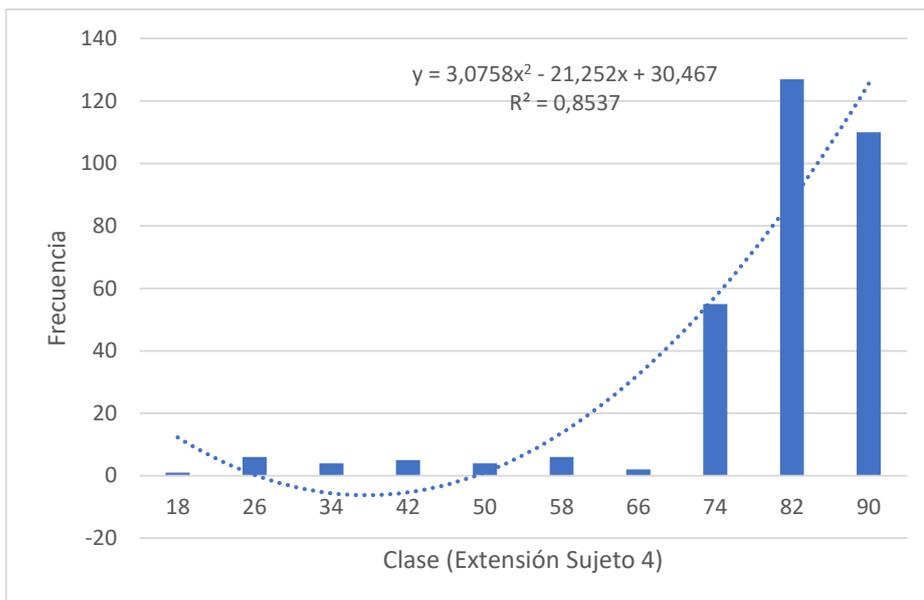


Gráfico 8-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 4

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 22-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
18	7	2,19%	82	85	26,56%
26	11	5,63%	90	82	52,19%
34	22	12,50%	74	35	63,13%
42	20	18,75%	58	28	71,88%
50	17	24,06%	34	22	78,75%
58	28	32,81%	42	20	85,00%
66	13	36,88%	50	17	90,31%
74	35	47,81%	66	13	94,38%
82	85	74,38%	26	11	97,81%
90	82	100,00%	18	7	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

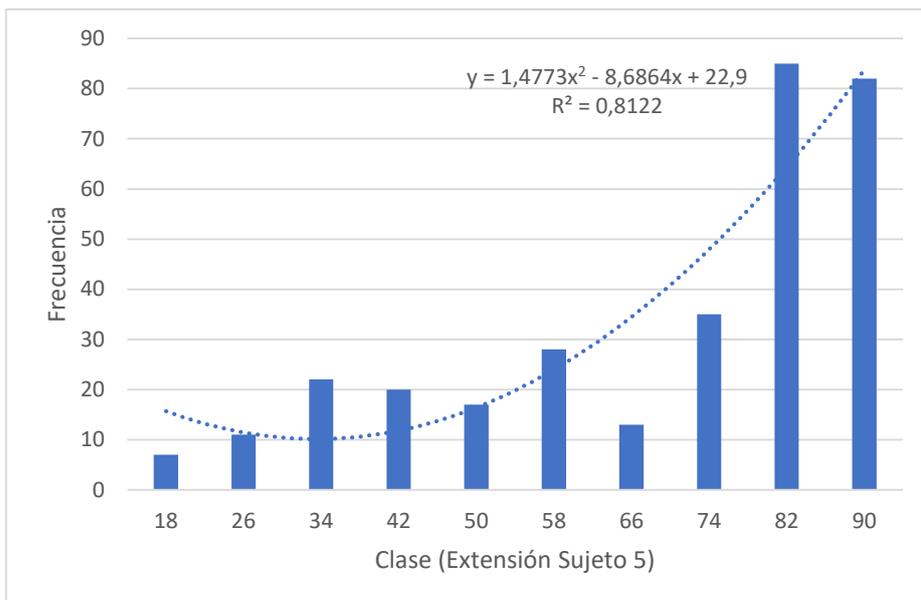


Gráfico 9-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 5

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 23-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en extensión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
17	1	0,31%	81	114	35,63%
25	12	4,06%	89	98	66,25%
33	11	7,50%	73	32	76,25%
41	11	10,94%	49	16	81,25%
49	16	15,94%	57	14	85,63%
57	14	20,31%	25	12	89,38%
65	11	23,75%	33	11	92,81%
73	32	33,75%	41	11	96,25%
81	114	69,38%	65	11	99,69%
89	98	100,00%	17	1	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

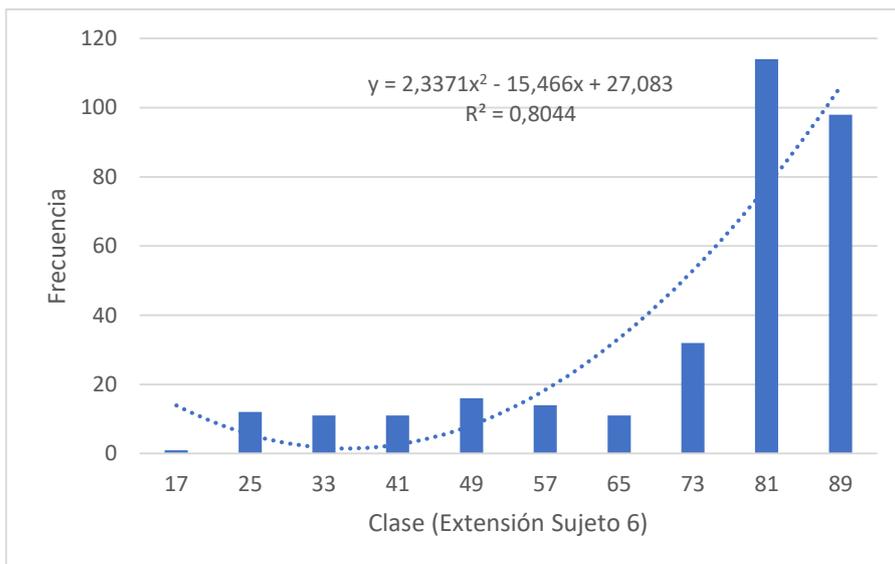


Gráfico 10-4: Comportamiento de los ángulos de extensión en el Sujeto 6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En la siguiente tabla resumen se muestra los resultados de los ángulos de flexión con los 6 sujetos de prueba.

Tabla 24-4: Resumen de los resultados de los ángulos de flexión de los 6 sujetos

Carga Postural: Flexión												
	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6	
Número de ángulos (n)	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%
Número de ángulos de bajo riesgo	40	12,50%	33	10,31%	31	9,69%	85	26,56%	40	12,50%	50	15,63%
Número de ángulos de riesgo medio	189	59,06%	179	55,94%	187	58,44%	147	45,94%	196	61,25%	179	55,94%
Número de ángulos de alto riesgo	91	28,44%	108	33,75%	102	31,88%	88	27,50%	84	26,25%	91	28,44%
Ángulo Prom.	36,61		40,23		39,39		31,08		37,31		37,21	
Percentil	61,72		58,08		59,12		54,25		57,42		60,58	

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento de los ángulos de flexión en los diferentes sujetos (trabajadores de oficina) de los que se tomó las muestras respectivas.

Tabla 25-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
8	16	5,00%	24	55	17,19%
16	30	14,38%	40	53	33,75%
24	55	31,56%	32	49	49,06%
32	49	46,88%	48	35	60,00%
40	53	63,44%	16	30	69,38%
48	35	74,38%	64	26	77,50%
56	23	81,56%	56	23	84,69%
64	26	89,69%	80	18	90,31%
72	15	94,38%	8	16	95,31%
80	18	100,00%	72	15	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

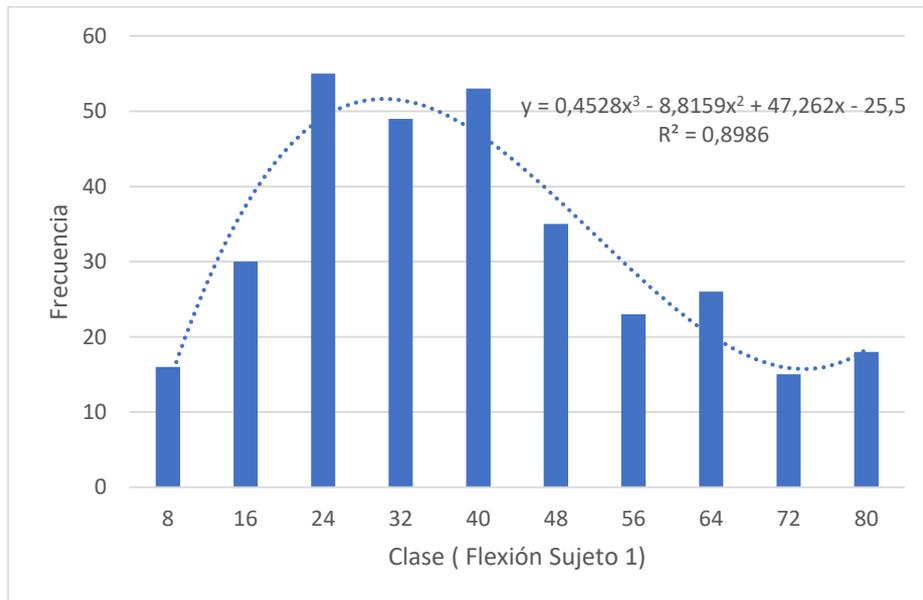


Gráfico 11-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 26-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
8	11	3,44%	32	50	15,63%
16	25	11,25%	48	47	30,31%
24	41	24,06%	40	45	44,38%
32	50	39,69%	24	41	57,19%
40	45	53,75%	64	34	67,81%
48	47	68,44%	72	26	75,94%
56	19	74,38%	16	25	83,75%
64	34	85,00%	80	22	90,63%
72	26	93,13%	56	19	96,56%
80	22	100,00%	8	11	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

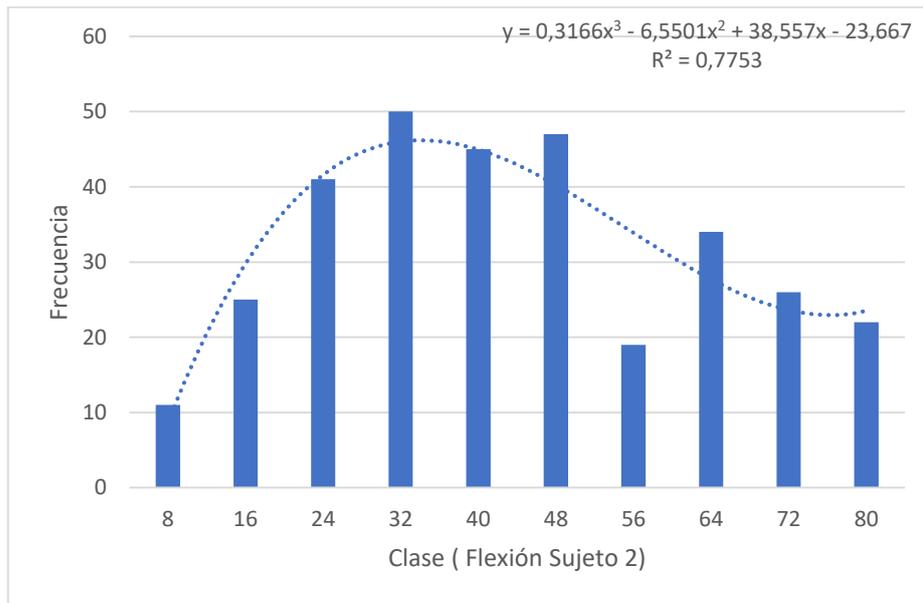


Gráfico 12-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 2

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 27-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
8	10	3,13%	48	51	15,94%
16	25	10,94%	32	48	30,94%
24	46	25,31%	24	46	45,31%
32	48	40,31%	40	45	59,38%
40	45	54,38%	56	26	67,50%

48	51	70,31%	72	26	75,63%
56	26	78,44%	16	25	83,44%
64	23	85,63%	64	23	90,63%
72	26	93,75%	80	20	96,88%
80	20	100,00%	8	10	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

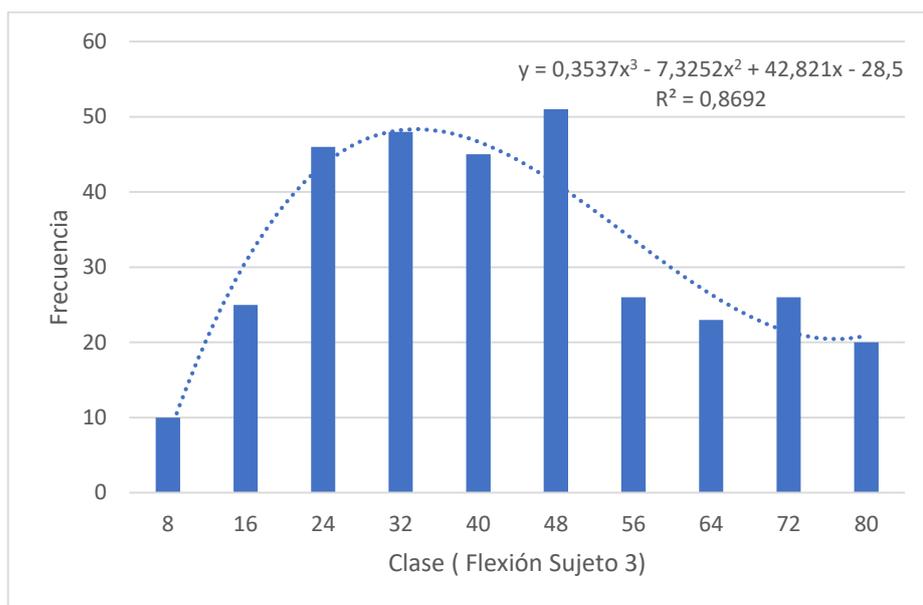


Gráfico 13-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 3

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 28-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
6	22	6,88%	14	57	17,81%
14	57	24,69%	46	48	32,81%
22	45	38,75%	22	45	46,88%
30	36	50,00%	62	40	59,38%
38	33	60,31%	54	39	71,56%
46	48	75,31%	30	36	82,81%
54	39	87,50%	38	33	93,13%
62	40	100,00%	6	22	100,00%
70	0	100,00%	70	0	100,00%
78	0	100,00%	78	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

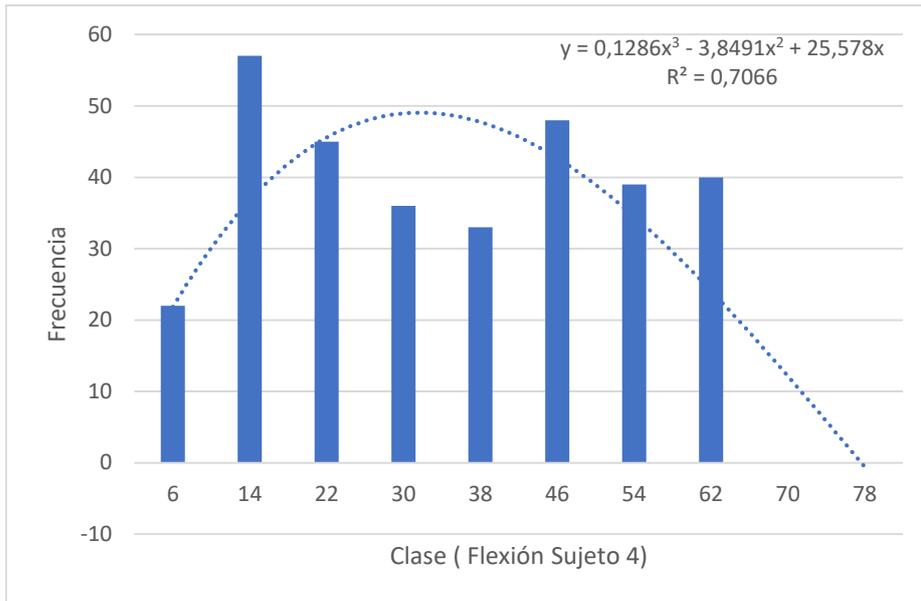


Gráfico 14-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 4

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 29-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
8	13	4,06%	40	56	17,50%
16	31	13,75%	32	55	34,69%
24	47	28,44%	24	47	49,38%
32	55	45,63%	48	40	61,88%
40	56	63,13%	16	31	71,56%
48	40	75,63%	80	24	79,06%
56	17	80,94%	72	19	85,00%
64	18	86,56%	64	18	90,63%
72	19	92,50%	56	17	95,94%
80	24	100,00%	8	13	100,00%
..	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

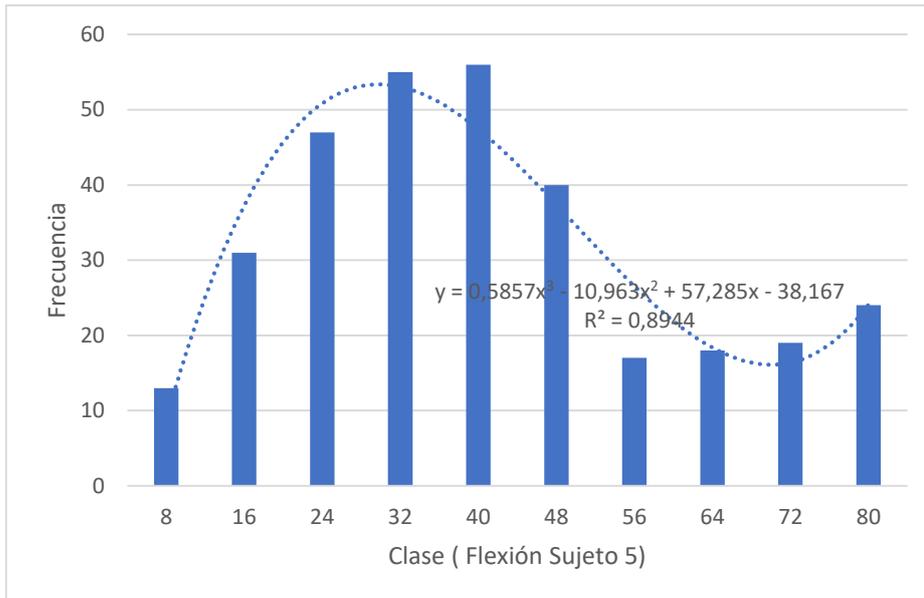


Gráfico 15-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 5

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 30-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en flexión

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
8	20	6,25%	40	48	15,00%
16	34	16,88%	24	45	29,06%
24	45	30,94%	32	45	43,13%
32	45	45,00%	48	43	56,56%
40	48	60,00%	16	34	67,19%
48	43	73,44%	64	27	75,63%
56	18	79,06%	72	21	82,19%
64	27	87,50%	8	20	88,44%
72	21	94,06%	80	19	94,38%
80	19	100,00%	56	18	100,00%
...	0	100,00%	..	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

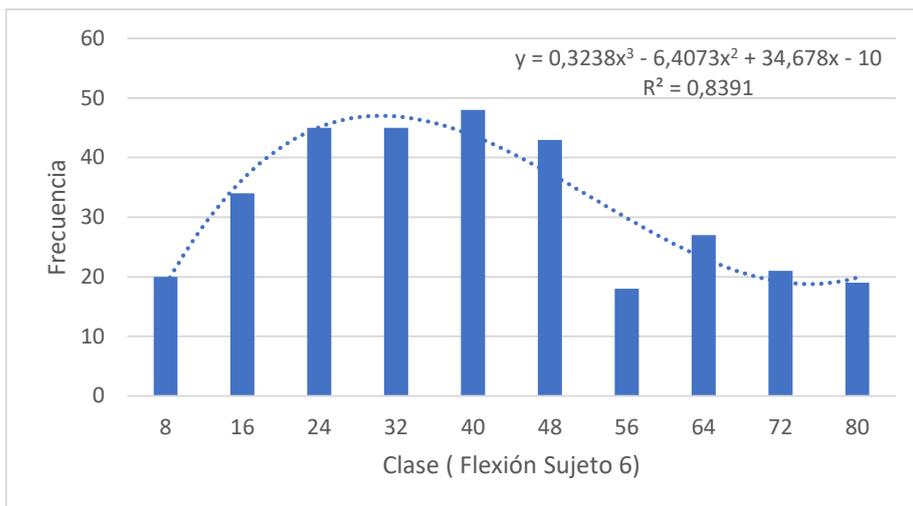


Gráfico 16-4: Comportamiento de los ángulos de flexión en el Sujeto 6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En la siguiente tabla resumen se muestra los resultados de los ángulos de abducción con los 6 sujetos de prueba.

Tabla 31-4: Resumen de los resultados de los ángulos de abducción de los 6 sujetos

Carga Postural: Abducción												
	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6	
Número de ángulos (n)	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%
Número de ángulos de bajo riesgo	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Número de ángulos de riesgo medio	45	14,06%	104	32,50%	38	11,88%	77	24,06%	62	19,38%	83	25,94%
Número de ángulos de alto riesgo	275	85,94%	216	67,50%	282	88,13%	243	75,94%	258	80,63%	237	74,06%
Ángulo Prom.	29,23		25,32		29,81		27,05		27,84		26,46	
Percentil	56,17		36,58		59,03		45,27		49,20		42,30	

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento de los ángulos de abducción en los diferentes sujetos (trabajadores de oficina) de los que se tomó las muestras respectivas.

Tabla 32-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	38	72	22,50%
14	11	3,44%	35	55	39,69%
17	15	8,13%	32	52	55,94%
20	19	14,06%	29	48	70,94%
23	24	21,56%	23	24	78,44%
26	24	29,06%	26	24	85,94%
29	48	44,06%	20	19	91,88%
32	52	60,31%	17	15	96,56%
35	55	77,50%	14	11	100,00%
38	72	100,00%	11	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

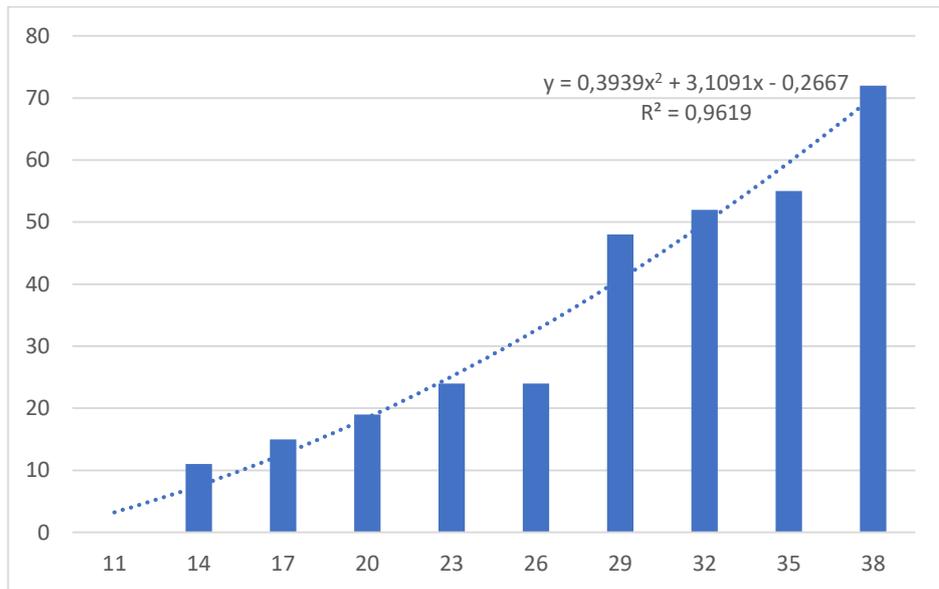


Gráfico 17-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 33-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	29	45	14,06%
14	30	9,38%	26	40	26,56%
17	32	19,38%	35	38	38,44%
20	37	30,94%	20	37	50,00%
23	29	40,00%	32	36	61,25%
26	40	52,50%	38	33	71,56%
29	45	66,56%	17	32	81,56%
32	36	77,81%	14	30	90,94%
35	38	89,69%	23	29	100,00%
38	33	100,00%	11	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

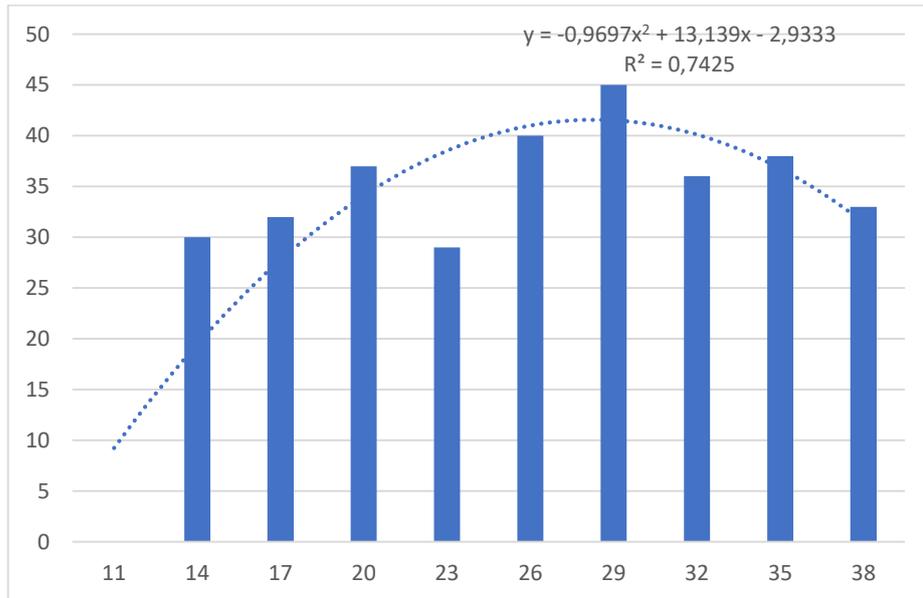


Gráfico 18-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 2

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 34-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	32	66	20,63%
14	8	2,50%	38	64	40,63%
17	14	6,88%	35	61	59,69%
20	16	11,88%	29	58	77,81%
23	20	18,13%	23	20	84,06%
26	13	22,19%	20	16	89,06%

29	58	40,31%	17	14	93,44%
32	66	60,94%	26	13	97,50%
35	61	80,00%	14	8	100,00%
38	64	100,00%	11	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

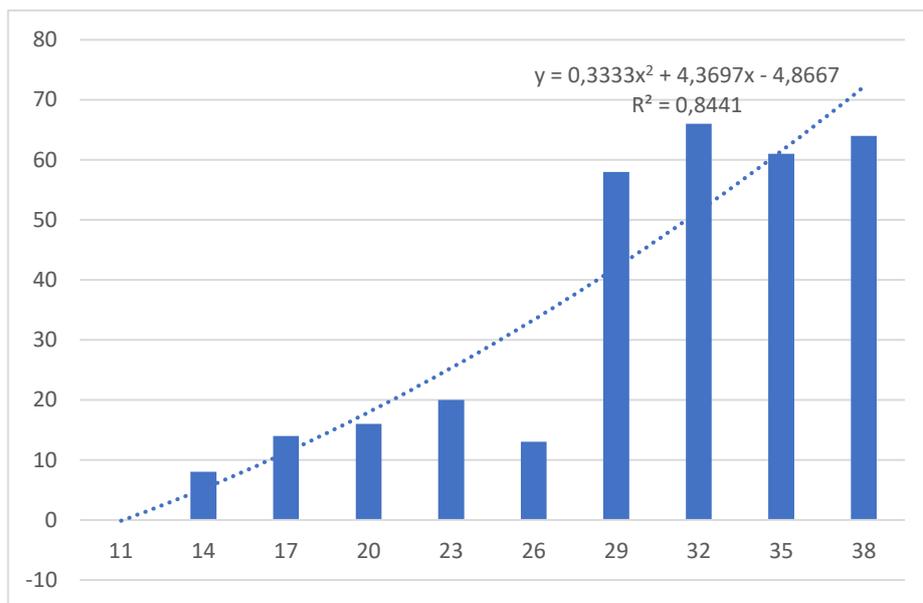


Gráfico 19-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 3

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 35-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	35	50	15,63%
14	18	5,63%	38	49	30,94%
17	31	15,31%	29	47	45,63%
20	28	24,06%	32	37	57,19%
23	32	34,06%	23	32	67,19%
26	28	42,81%	17	31	76,88%
29	47	57,50%	20	28	85,63%
32	37	69,06%	26	28	94,38%
35	50	84,69%	14	18	100,00%
38	49	100,00%	11	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

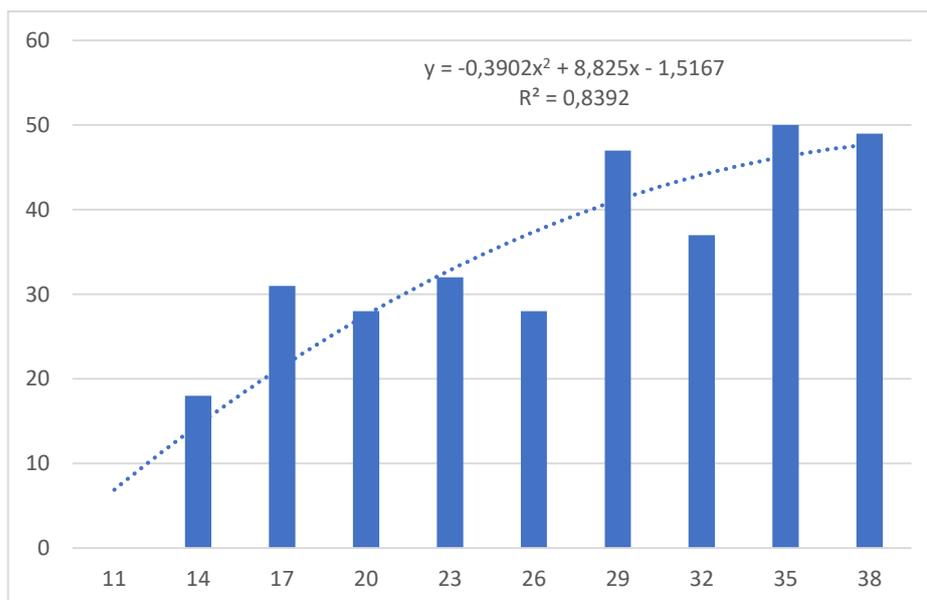


Gráfico 20-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 4

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 36-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	38	52	16,25%
14	15	4,69%	35	50	31,88%
17	24	12,19%	29	46	46,25%
20	23	19,38%	32	46	60,63%
23	24	26,88%	26	40	73,13%
26	40	39,38%	17	24	80,63%
29	46	53,75%	23	24	88,13%
32	46	68,13%	20	23	95,31%
35	50	83,75%	14	15	100,00%
38	52	100,00%	11	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

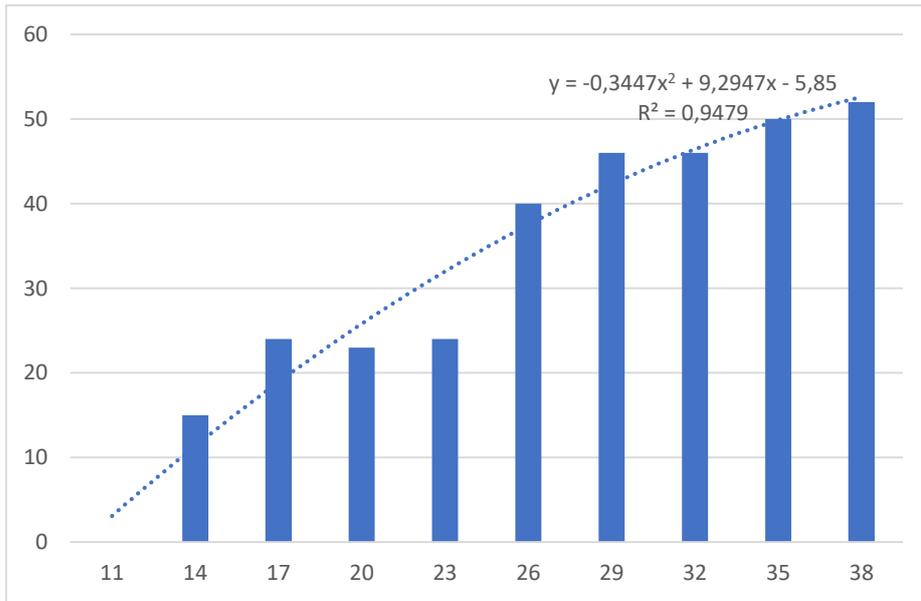


Gráfico 21-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 5

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 37-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en abducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	32	50	15,63%
14	16	5,00%	35	44	29,38%
17	33	15,31%	29	39	41,56%
20	34	25,94%	38	37	53,13%
23	36	37,19%	23	36	64,38%
26	31	46,88%	20	34	75,00%
29	39	59,06%	17	33	85,31%
32	50	74,69%	26	31	95,00%
35	44	88,44%	14	16	100,00%
38	37	100,00%	11	0	100,00%
....	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

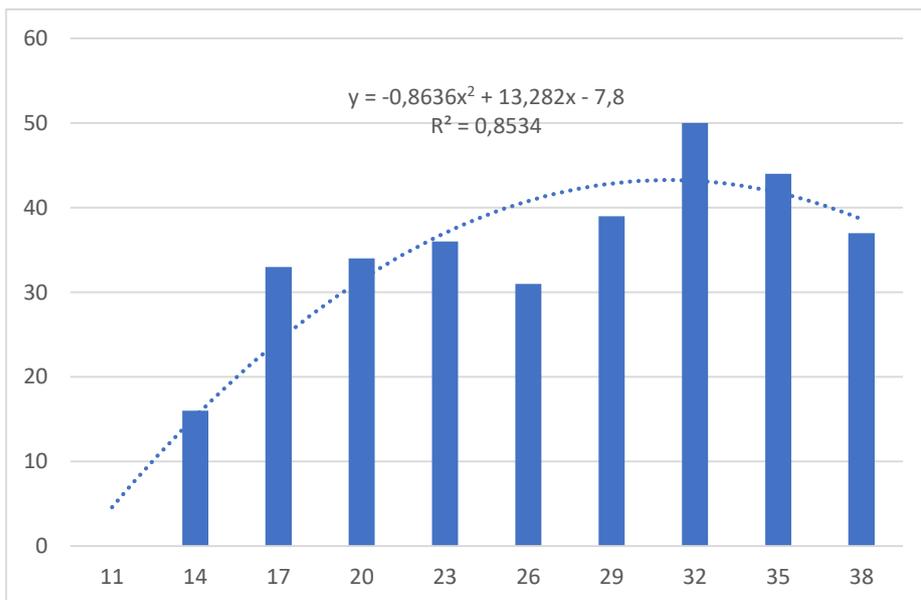


Gráfico 22-4: Comportamiento de los ángulos de abducción en el Sujeto 6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En la siguiente tabla resumen se muestra los resultados de los ángulos de aducción con los 6 sujetos de prueba.

Tabla 38-4: Resumen de los resultados de los ángulos de aducción de los 6 sujetos

Carga Postural: Aducción												
Número de ángulos (n)	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%	320	100%
Número de ángulos de bajo riesgo	62	19,38%	69	21,56%	74	23,13%	73	22,81%	86	26,88%	71	22,19%
Número de ángulos de riesgo medio	130	40,63%	138	43,13%	125	39,06%	131	40,94%	133	41,56%	127	39,69%
Número de ángulos de alto riesgo	128	40,00%	113	35,31%	121	37,81%	116	36,25%	101	31,56%	122	38,13%
Ángulo Promedio	27,76		26,99		27,13		27,20		26,25		27,43	
Percentil	55,65		52,22		52,83		53,14		48,89		54,20	

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento de los ángulos de aducción en los diferentes sujetos (trabajadores de oficina) de los que se tomó las muestras respectivas.

Tabla 39-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 1 en aducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	32	53	16,56%
14	0	0,00%	38	53	33,13%
17	19	5,94%	26	45	47,19%
20	43	19,38%	20	43	60,63%
23	32	29,38%	35	42	73,75%
26	45	43,44%	29	33	84,06%
29	33	53,75%	23	32	94,06%
32	53	70,31%	17	19	100,00%
35	42	83,44%	11	0	100,00%
38	53	100,00%	14	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

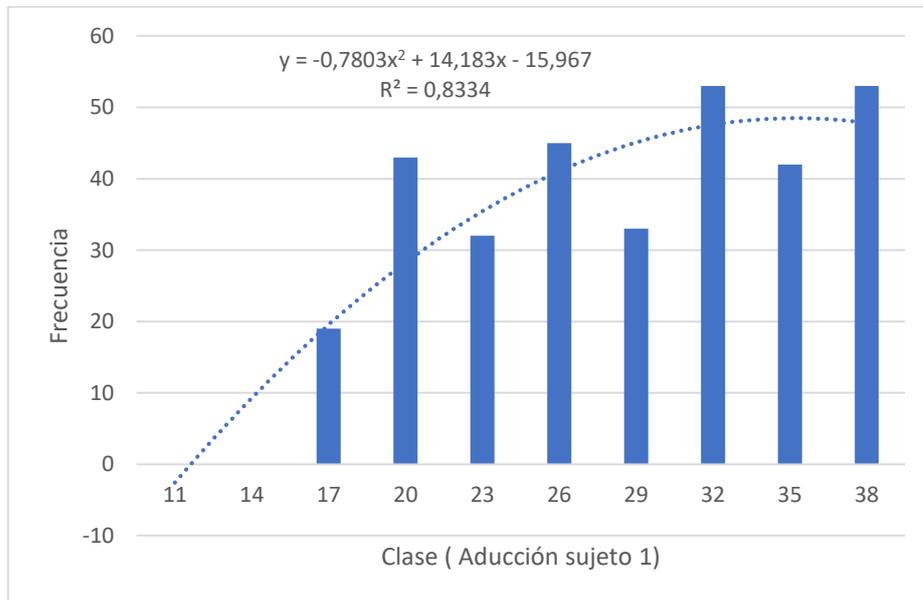


Gráfico 23-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 40-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 2 en aducción

11	0	0,00%	23	46	14,38%
14	0	0,00%	38	45	28,44%
17	34	10,63%	35	43	41,88%
20	35	21,56%	32	40	54,38%

23	46	35,94%	26	39	66,56%
26	39	48,13%	29	38	78,44%
29	38	60,00%	20	35	89,38%
32	40	72,50%	17	34	100,00%
35	43	85,94%	11	0	100,00%
38	45	100,00%	14	0	100,00%
...	0	100,00%	...	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

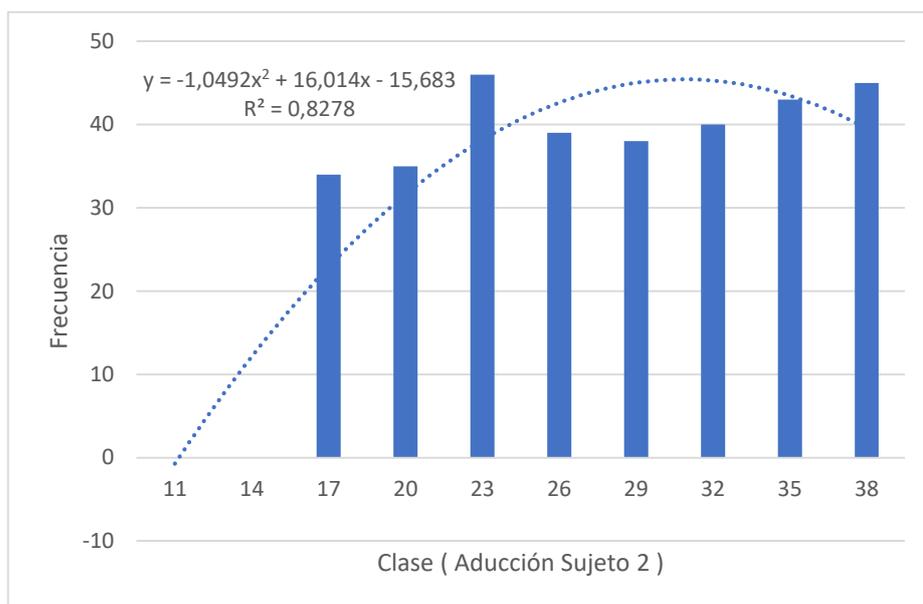


Gráfico 24-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 2

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 41-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 3 en aducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	32	50	15,63%
14	0	0,00%	23	49	30,94%
17	26	8,13%	20	48	45,94%
20	48	23,13%	38	47	60,63%
23	49	38,44%	35	40	73,13%
26	24	45,94%	29	36	84,38%
29	36	57,19%	17	26	92,50%
32	50	72,81%	26	24	100,00%
35	40	85,31%	11	0	100,00%
38	47	100,00%	14	0	100,00%
..	0	100,00%	..	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

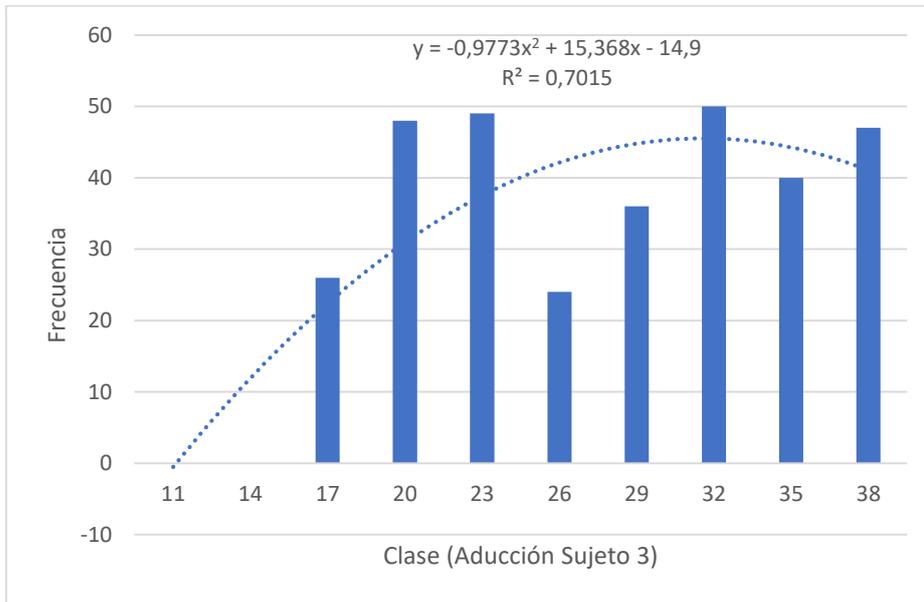


Gráfico 25-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 3

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 42-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 4 en aducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	38	47	14,69%
14	0	0,00%	26	46	29,06%
17	32	10,00%	32	45	43,13%
20	41	22,81%	35	42	56,25%
23	31	32,50%	20	41	69,06%
26	46	46,88%	29	36	80,31%
29	36	58,13%	17	32	90,31%
32	45	72,19%	23	31	100,00%
35	42	85,31%	11	0	100,00%
38	47	100,00%	14	0	100,00%
..	0	100,00%	..	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

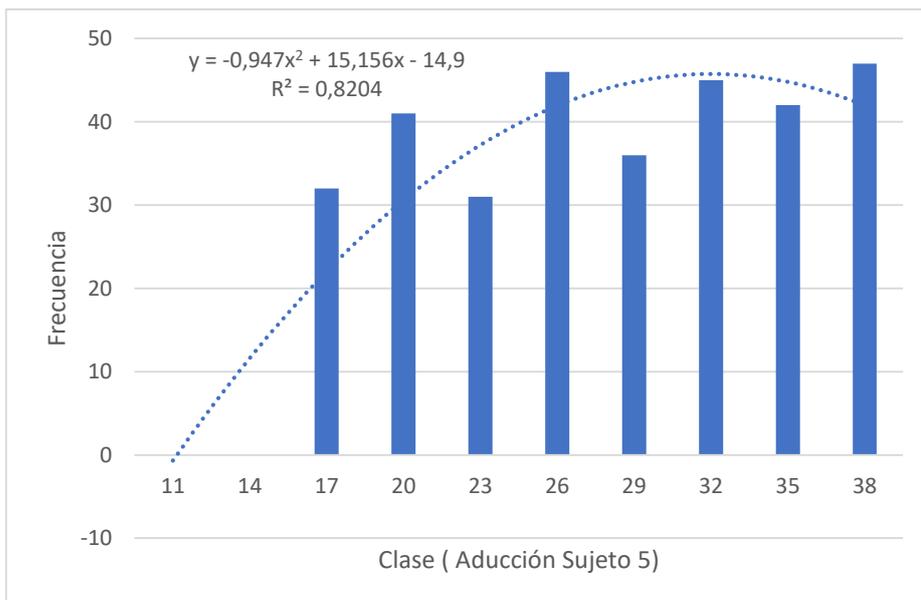


Gráfico 26-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 4

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 43-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 5 en aducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	35	52	16,25%
14	0	0,00%	20	49	31,56%
17	37	11,56%	26	46	45,94%
20	49	26,88%	17	37	57,50%
23	37	38,44%	23	37	69,06%
26	46	52,81%	29	37	80,63%
29	37	64,38%	32	34	91,25%
32	34	75,00%	38	28	100,00%
35	52	91,25%	11	0	100,00%
38	28	100,00%	14	0	100,00%
..	0	100,00%	..	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

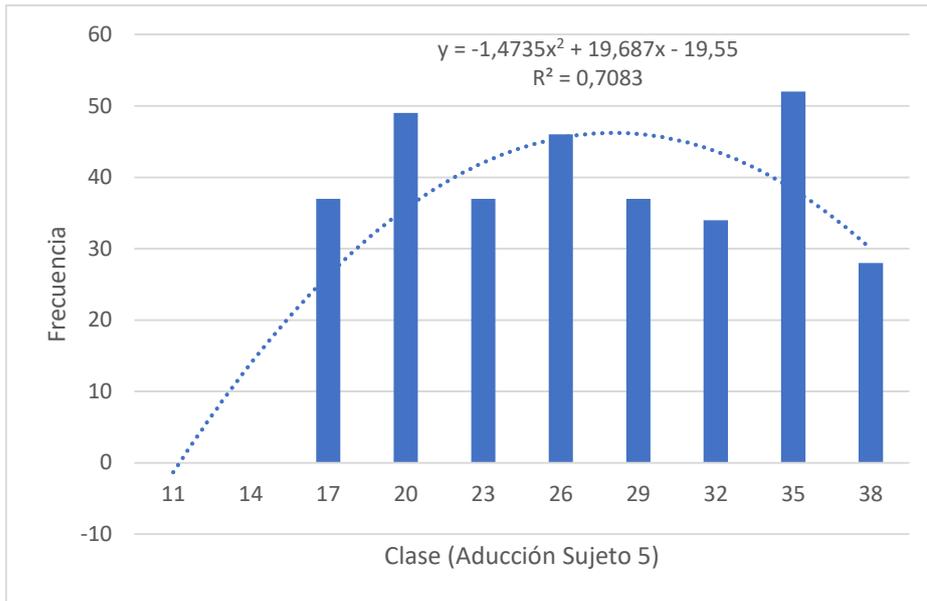


Gráfico 27-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 5

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 44-4: Resumen de frecuencia y % acumulado del Sujeto 6 en aducción

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
11	0	0,00%	35	51	15,94%
14	0	0,00%	26	46	30,31%
17	29	9,06%	32	44	44,06%
20	42	22,19%	38	43	57,50%
23	27	30,63%	20	42	70,63%
26	46	45,00%	29	38	82,50%
29	38	56,88%	17	29	91,56%
32	44	70,63%	23	27	100,00%
35	51	86,56%	11	0	100,00%
38	43	100,00%	14	0	100,00%
..	0	100,00%	..	0	100,00%

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

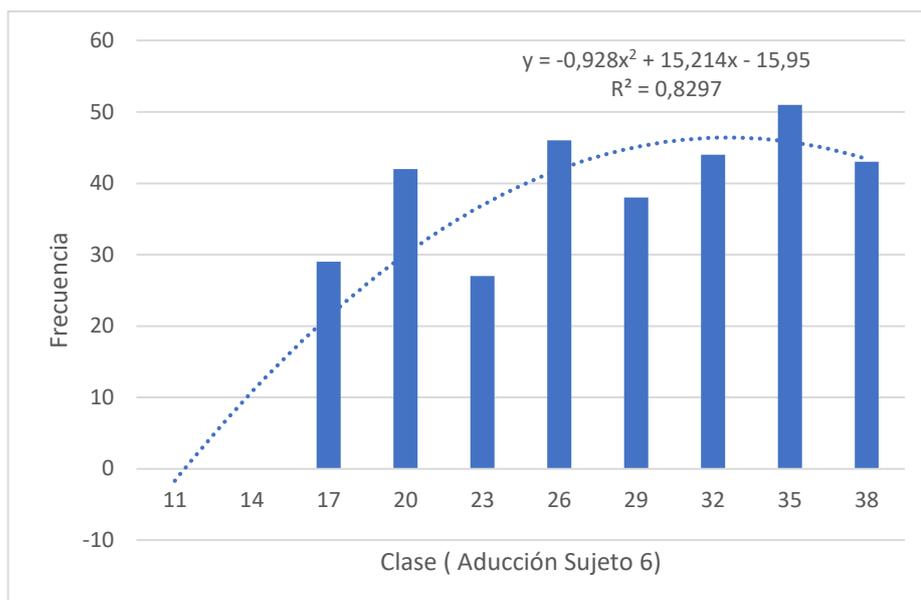


Gráfico 28-4: Comportamiento de los ángulos de aducción en el Sujeto 6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

La siguiente tabla corresponde al resumen final del comportamiento de los ángulos de extensión, flexión, abducción y aducción de los 6 sujetos estudiados:

Tabla 45-4: Resumen final del comportamiento de los ángulos de extensión, flexión, abducción y aducción de los 6 sujetos estudiados

	Extensión	Flexión		Abducción		Aducción
Ángulos de Bajo Riesgo (0° - 15°)	0,31%	14,53%	Ángulos de Bajo Riesgo (0° - 10°)	0,00%	Ángulos de Bajo Riesgo (0° - 20°)	22,66%
Ángulos de Riesgo Medio (15° - 45°)	15,98%	56,09%	Ángulos de Riesgo Medio (10° - 20°)	21,30%	Ángulos de Riesgo Medio (20° - 30°)	40,83%
Ángulos de Riesgo Alto (>45°)	84,33%	29,38%	Ángulos de Riesgo Alto (>20°)	78,70%	Ángulos de Riesgo Alto (>31°)	36,51%
Media	72,42	36,97		27,62		27,12
Moda	78,00	35,00		28,00		27,00
Mediana	86,00	44,00		33,00		32,00

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

De la tabla 44-4 se puede establecer que el 84.33 % de los datos correspondientes a los ángulos en el movimiento de extensión en los trabajadores de oficina estudiados son de riesgo alto, así como el 78.70% correspondiente a los ángulos en el movimiento de abducción. Por otro lado, el

56.09% de los ángulos categorizados como ángulos de Riesgo medio corresponde a Flexión y el 40.83 a Aducción.

4.3.1 Resultados en relación con el tiempo de ángulos riesgosos

Otra de las funciones que proporciona el Prototipo tipo guante es medir el tiempo total en el que la persona sostiene ángulos riesgosos en el tiempo de toma de muestra, en relación con el tiempo total se puede observar en que porcentaje los trabajadores de oficina realizan ángulos riesgosos.

En el Gráfico 29-4 se muestra los resultados de los 6 sujetos en relación con el tiempo de ángulos riesgosos de extensión.

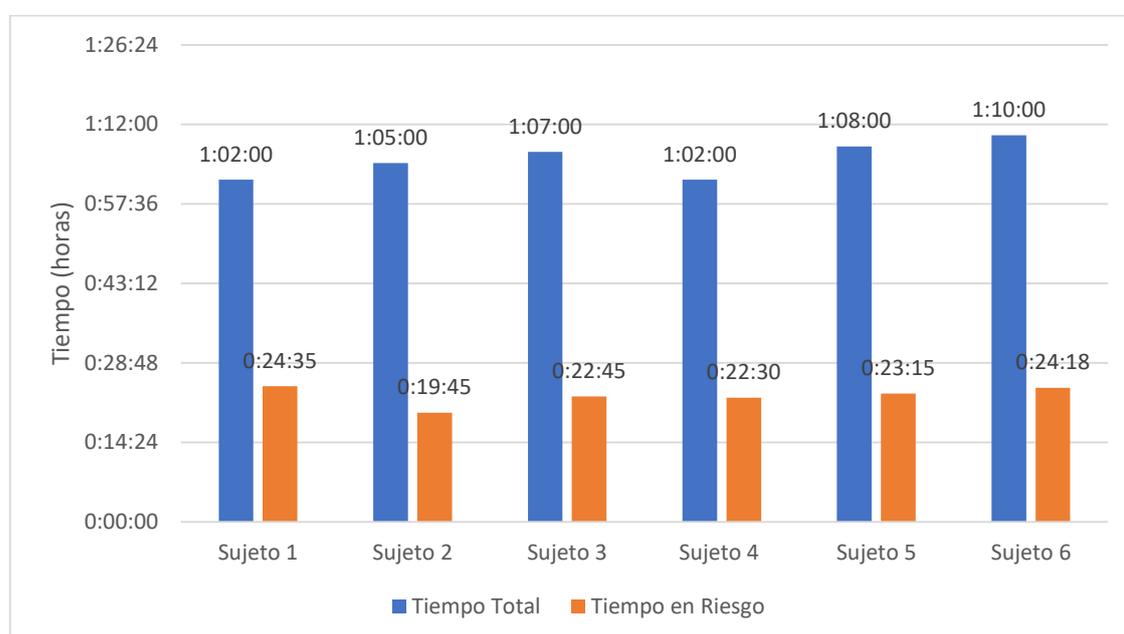


Gráfico 29-4: Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de extensión.

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 46-4: Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de extensión.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Tiempo Total	1:02:00	1:05:00	1:07:00	1:02:00	1:08:00	1:10:00
Tiempo en Riesgo	0:24:35	0:19:45	0:22:45	0:22:30	0:23:15	0:24:18
Porcentaje en riesgo en ángulos de extensión (%)	39,65	30,38	33,96	36,29	34,19	34,71

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Como se muestra en el Gráfico 29-4 se tiene que entre un 30%-40% del tiempo total de la jornada laboral los trabajadores de oficina sostienen ángulos riesgosos en la posición de extensión. Lo cual muestra que en dicha posición se tiene un porcentaje significativo, por lo que es necesario realizar cambios en el lugar de trabajo en base al ángulo de extensión para que con el tiempo no se tenga enfermedades musculoesqueléticas en los trabajadores.

En el Gráfico 30-4 se muestra los resultados de los 6 sujetos en relación con el tiempo de ángulos riesgosos de flexión.

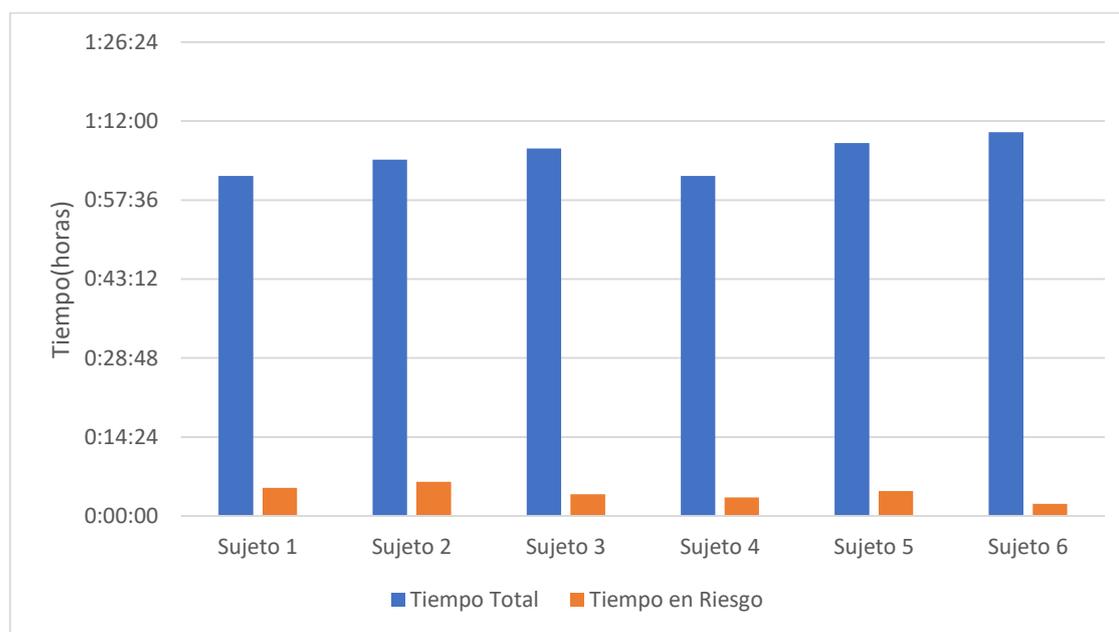


Gráfico 30-4: Resultados de los 6 sujetos con relación con el tiempo de ángulos riesgosos de flexión.

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 47-4: Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de flexión.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Tiempo Total	1:02:00	1:05:00	1:07:00	1:02:00	1:08:00	1:10:00
Tiempo en Riesgo	0:05:08	0:06:15	0:04:00	0:03:25	0:04:35	0:02:15
Porcentaje en Riesgo (%)	8,28	9,62	5,97	5,51	6,74	3,21

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Como se muestra en el Gráfico 30-4 se tiene que menos del 10% del tiempo total de la jornada laboral los trabajadores de oficina sostienen ángulos riesgosos en la posición de extensión. Lo cual muestra que en dicha posición se tiene un porcentaje no significativo, por lo que no es necesario realizar cambios en el lugar de trabajo en base al ángulo de flexión para que con el tiempo no se tenga enfermedades musculoesqueléticas en los trabajadores.

En el Gráfico 31-4 se muestra los resultados de los 6 sujetos en relación al tiempo de ángulos riesgosos de abducción.

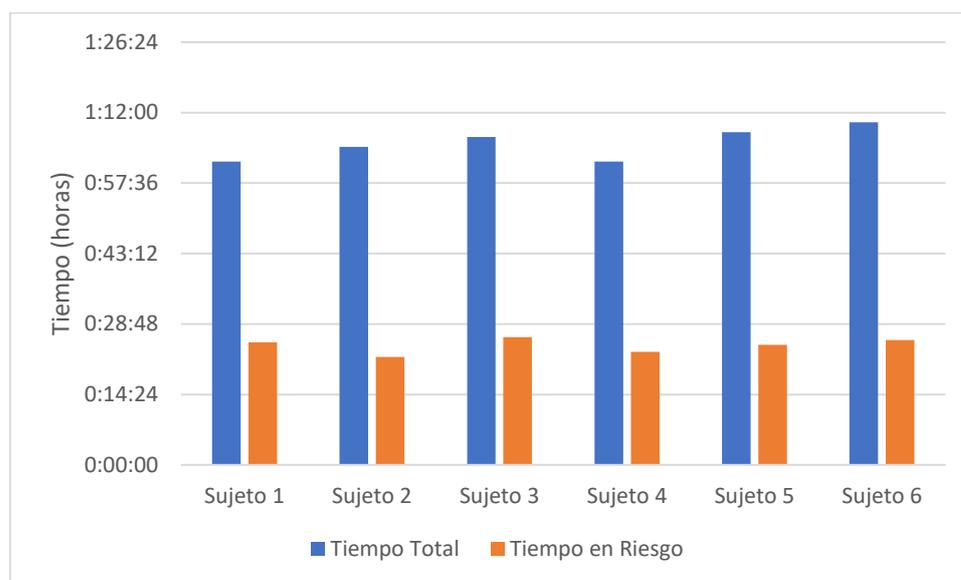


Gráfico 31-4: Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de abducción.

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 48-4: Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de abducción.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Tiempo Total	1:02:00	1:05:00	1:07:00	1:02:00	1:08:00	1:10:00
Tiempo en Riesgo	0:25:04	0:22:05	0:26:08	0:23:07	0:24:32	0:25:32
Porcentaje en Riesgo (%)	40,43	33,97	39,00	37,28	36,08	36,48

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Como se muestra en el Gráfico 31-4 se tiene que entre un 30%-40% del tiempo total de la jornada laboral los trabajadores de oficina sostienen ángulos riesgosos en la posición de abducción. Lo

cual muestra que en dicha posición se tiene un porcentaje significativo, por lo que es necesario realizar cambios en el lugar de trabajo en base al ángulo de abducción para que con el tiempo no se tenga enfermedades musculoesqueléticas en los trabajadores.

En el gráfico 32-4 se muestra los resultados de los 6 sujetos en relación con el tiempo de ángulos riesgosos de aducción.

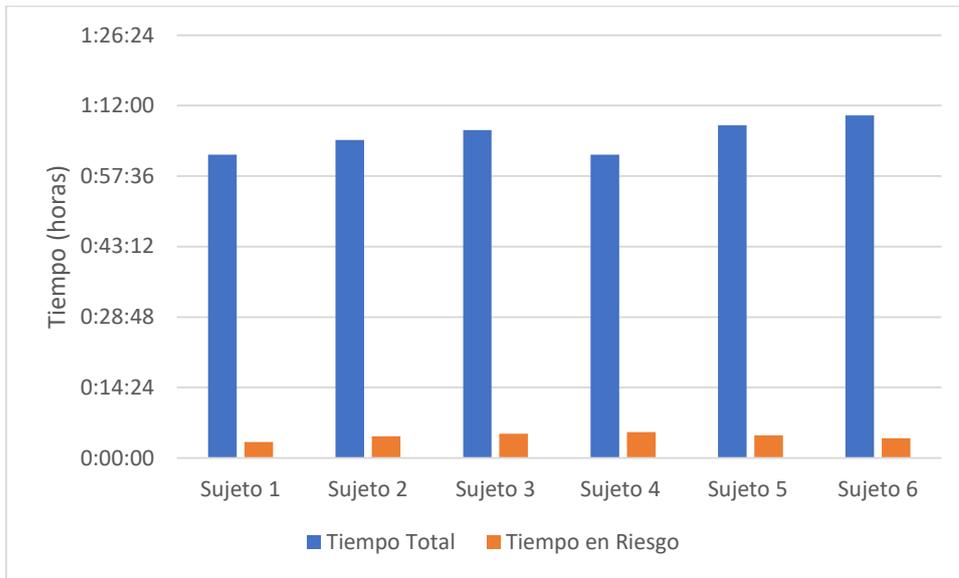


Gráfico 32-4: Resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de aducción.

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 49-4: Resumen de los resultados de los 6 sujetos con relación al tiempo de ángulos riesgosos de aducción.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Tiempo Total	1:02:00	1:05:00	1:07:00	1:02:00	1:08:00	1:10:00
Tiempo en Riesgo	0:03:15	0:04:25	0:04:58	0:05:18	0:04:37	0:04:02
Porcentaje en Riesgo (%)	5,24	6,79	7,41	8,55	6,79	5,76

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Como se muestra en el gráfico 32-4 se tiene menos del 8% del tiempo total de la jornada laboral los trabajadores de oficina sostienen ángulos riesgosos en la posición de aducción. Lo cual muestra que en dicha posición se tiene un porcentaje no significativo, por lo que es necesario

realizar cambios en el lugar de trabajo en base al ángulo de aducción para que con el tiempo no se tenga enfermedades musculoesqueléticas en los trabajadores.

Según los tiempos mostrados en los gráficos 29-4 y 30-4, muestra que los trabajadores de oficina tendrían aflicciones en un futuro en las posiciones de extensión y abducción, por esta razón en estas dos cargas posturales se seleccionó de la base datos de Excel los tres valores riesgosos que tuvieron mayor duración y con la ayuda de la ley de Rohmert se realizó una comparación entre el tiempo recomendado y el tiempo real de los trabajadores.

4.3.2 Comparación de tiempos obtenidos con tiempos recomendados

En el gráfico 33-4 se muestra el contraste del tiempo recomendado obtenido de la ecuación Rohmert de máximo esfuerzo y el tiempo real de 3 ángulos riesgosos en las posiciones extensión y abducción para de esta manera indagar el riesgo de los trabajadores de oficina en dichas posiciones.

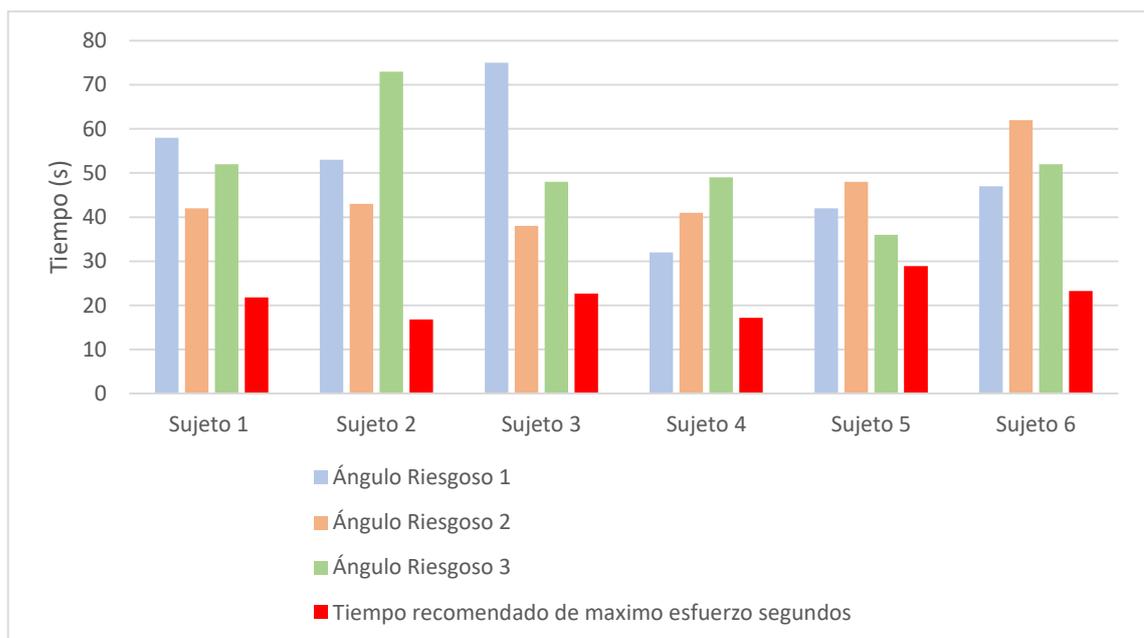


Gráfico 33-4: Tiempo ángulos riesgosos extensión-Tiempo recomendado

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 50-4: Resumen Tiempo ángulos riesgosos extensión-Tiempo recomendado

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Ángulo Riesgoso 1	58	53	75	32	42	47
Ángulo Riesgoso 2	42	43	38	41	48	62
Ángulo Riesgoso 3	52	73	48	49	36	52
Tiempo recomendado de máximo esfuerzo segundos	21,76	16,83	22,65	17,17	28,89	23,27

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

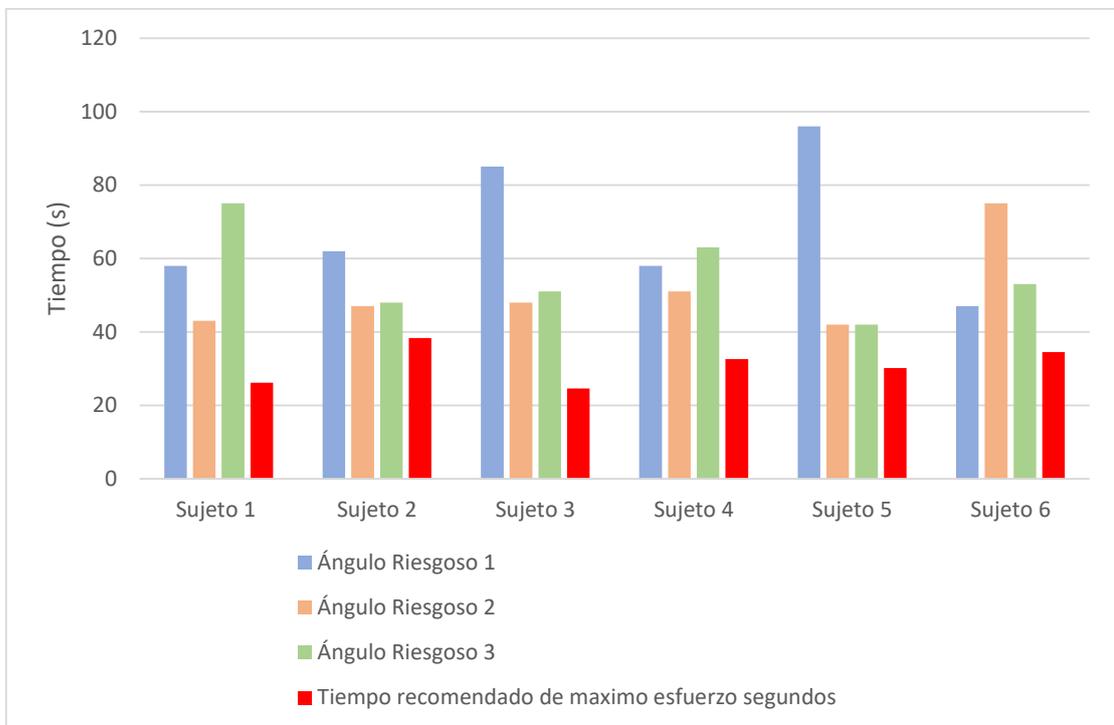


Gráfico 34-4: Tiempo ángulos riesgosos abducción-Tiempo recomendado

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 51-4: Resumen Tiempo ángulos riesgosos abducción-Tiempo recomendado

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6
Ángulo Riesgoso 1	58	62	85	58	96	47
Ángulo Riesgoso 2	43	47	48	51	42	75
Ángulo Riesgoso 3	75	48	51	63	42	53
Tiempo recomendado de máximo esfuerzo segundos	26,13	38,31	24,56	32,58	30,17	34,48

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

De los gráficos 33-4 y 34-4 se observa como el tiempo de los ángulos de extensión y abducción de los trabajadores de oficina sobrepasa al tiempo recomendado por lo que se lo más recomendable es realizar modificaciones en el lugar de trabajo para prevenir posibles enfermedades profesionales futuras.

4.4. Guías de observación y encuestas realizadas.

En el transcurso de la toma de muestras se llenó las respectivas guías de observación para asegurar que el guante no genere ningún riesgo para los trabajadores de oficina mientras realizan su trabajo. Al culminar la toma de datos se pidió a cada trabajador de oficina que llenen encuestas formuladas, de esta manera saber en qué porcentaje la persona acepta el guante en su jornada laboral. En el siguiente grafico se resumen los resultados de las encuestas realiza y de las guías de observación.

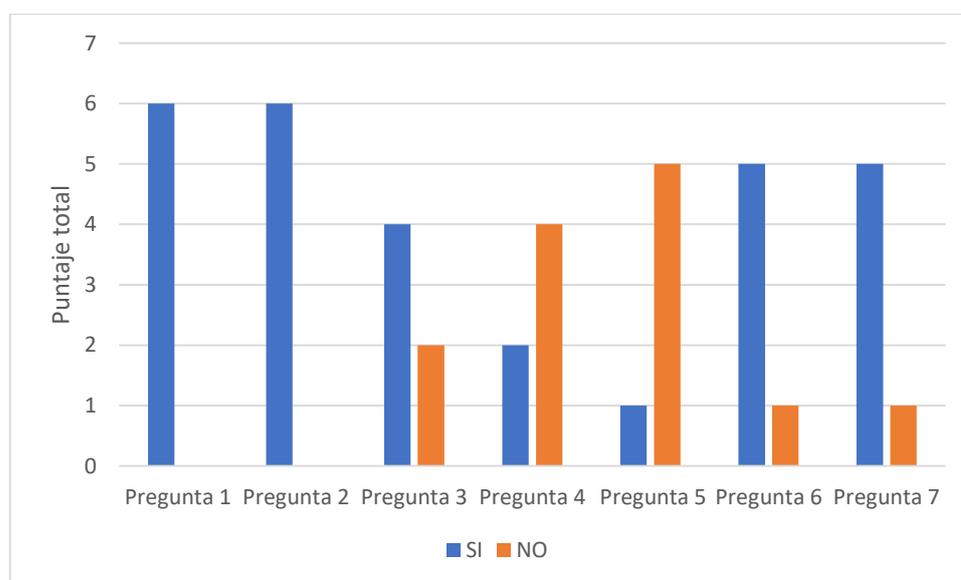


Gráfico 35-4: Resultados de la encuesta al sujeto 1-6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 52-4: Resultados de la encuesta al sujeto 1-6

	Pgta. 1	Pgta. 2	Pgta. 3	Pgta. 4	Pgta. 5	Pgta. 6	Pgta. 7
SI	6	6	4	2	1	5	5
NO	0	0	2	4	5	1	1

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

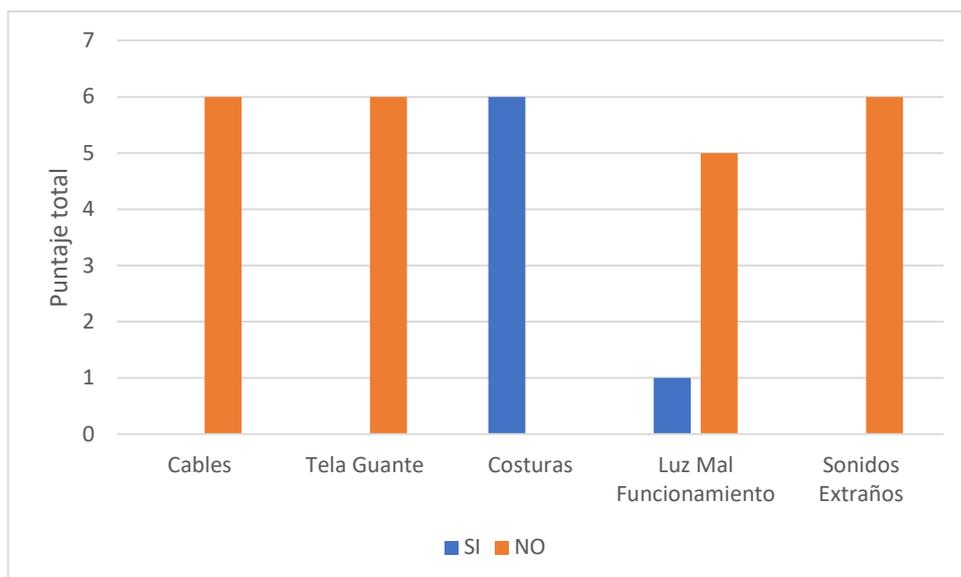


Gráfico 36-4: Resultados de las guías de observación al sujeto 1-6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

Tabla 53-4: Resultados de las guías de observación al sujeto 1-6

	Cables	Tela Guante	Costuras	Luz Mal Funcionamiento	Sonidos Extraños
SI	0	0	6	1	0
NO	6	6	0	5	6

Elaborado por: Andrea Vélez, Carlos Paz y Miño, 2018

De los resultados de las encuestas y de las guías de observación, se obtiene que el Prototipo tipo guante es seguro para utilizarlo en la jornada laboral de trabajadores de oficina, además de ser muy cómodo y de no impedir de ninguna manera las tareas diarias a realizar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se construyó, se realizaron pruebas técnicas y se evaluó un Prototipo para el análisis de cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina. El Sistema consiste de un Guante capaz de medir 32 000 ángulos del trabajador de oficina durante ocho horas de trabajo. Mediante pruebas estadísticas de Fisher se pudo comprobar la hipótesis de investigación obteniendo así los resultados deseados: El nuevo Prototipo de guante ha desarrollado mide y procesa satisfactoriamente las cargas posturales correspondientes a los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción en la mano diestra de trabajadores de oficina dependientemente de la persona que lo esté utilizando.

Se determinó los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos de la ergonomía de la mano, cargas posturales en la mano en trabajadores de oficina. Se identificaron los cuatro movimientos que realiza la mano, a través de la muñeca: extensión, flexión, abducción y aducción, además de especificar percentiles en cuanto a medidas antropométricas ecuatorianas y la clasificación de los ángulos de acuerdo a su nivel de riesgo según Bramson. Siendo la prevención del síndrome del túnel carpiano, uno de los motivos principales de este trabajo de titulación, se hizo un estudio sobre sus causas y síntomas.

Se diagnosticó la situación que presenta actualmente los métodos y sistemas para la evaluación de cargas posturales en los trabajadores de oficina. Se hizo un estudio sobre la metodología RULA, REBA y OWAS. Además, con soporte en la norma internacional ISO 11226: 2000 “Ergonomics-Evaluation of Static Working Postures”, se concluyó que es necesario considerar los ángulos corporales y el tiempo de mantenimiento para la evaluación de posturas estáticas, lo cual sirvió como pilar para desarrollar el estudio. Mediante la tabla comparativa de Bramson fue posible determinar el porcentaje de riesgo según el valor de los ángulos, clasificando dicho riesgo como bajo, medio y alto. Con la ley de Rohmert y el método de interpolación de percentiles de Gravetter, se determinaron tiempos máximos de exposición y percentiles.

Se construyó un Prototipo tipo guante, para el análisis de cargas posturales en la mano de trabajadores de oficina. La construcción se basó en un guante de tela con fibras elásticas, sensores de flexión y Arduino MEGA. La comodidad de este se sustentó en las encuestas y guía de observación realizadas en la toma de datos. Además, se desarrolló un Software en MATLAB, el

cual es capaz de reflejar los ángulos en tiempo real, tomar muestras, contar ángulos de riesgo y medir el tiempo de los ángulos riesgosos. Finalmente, este tiene una conexión a Excel, el cual se encarga de procesar los datos de manera estadística.

Se realizaron pruebas técnicas y se implementó el Prototipo tipo guante, a las 6 secretarias de Bienestar Politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Finalizado el guante, se calibraron sus flexo resistivos acorde con el código que ofrece Arduino, además se realizaron pruebas para la toma de muestra con la función TIC-TOC de MATLAB. Conjuntamente se estableció que el tiempo mínimo para que tome el dato y lo procese es de 1.8 segundos. Se tomaron 640 muestras por flexo resistivo durante la jornada laboral (8 horas). El prototipo no solo puede ser implementado como una ayuda en la determinación de riesgo ergonómico, pero sería una herramienta muy útil para la evaluación de diseños de dispositivos ergonómicos.

Se evaluó los resultados de la aplicación del Prototipo tipo guante en las 6 secretarias de Bienestar Politécnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se calcularon las medidas de tendencia central para datos agrupados, obteniendo un comportamiento por parte de los 4 ángulos, de tipo cuadrático con un 80% de coeficiente de determinación. El 84.33 % de los datos correspondientes a los ángulos en el movimiento de extensión en los trabajadores de oficina estudiados son de riesgo alto, así como el 78.70% correspondiente a los ángulos en el movimiento de abducción. Por otro lado, el 56.09% de los ángulos categorizados como ángulos de Riesgo medio corresponde a Flexión y el 40.83 a Aducción. Se determinó que el 30%-40% de la jornada laboral existe ángulos riesgosos en los sujetos estudiados.

RECOMENDACIONES

Continuar con la investigación para que el Sistema no solo sea aplicado a la mano, sino a más miembros del cuerpo que se encuentren expuestos a cargas posturales en una jornada de trabajo o actividad varia.

Se recomienda que el Prototipo tipo guante sea utilizado para generar nuevos conocimientos y nuevos fundamentos teóricos en cuanto a la ergonomía y evaluación de riesgos de la mano. En base a esta investigación y tomando como herramienta el Prototipo se ingenien nuevos métodos para evaluar cargas posturales no solo en la mano, pero en otros miembros del cuerpo humano.

Es sustancial no comparar el presente estudio y la metodología de análisis propuesta con RULA y métodos de Ergonautas para las cargas posturales. Recordar que RULA analiza un conjunto de miembros del cuerpo determinando datos cualicuantitativos mientras que el Prototipo analiza netamente los movimientos de la mano de una manera cuantitativa.

Continuar desarrollando nuevos diseños del guante para que el mismo pueda ser utilizado en actividades de manufactura como el torneado o el fresado. Se recomienda llegar a este fin con un sistema inalámbrico.

Para complementar el estudio, hacer un análisis del Software desarrollado, con un software certificado por una institución internacional. Además, se recomienda implementar el Sistema en la evaluación de diseños de dispositivos ergonómicos.

Los resultados deben ser analizados por un médico ocupacional y en base a ese análisis, determinar recomendaciones al interesado en el estudio y modificaciones para el puesto de trabajo acordes a la disciplina de Salud Ocupacional.

BIBLIOGRAFÍA

Escoto, Abelardo, y otros “*A Sensorized Glove for Therapist Skill Performance Assessment During Neck Manipulation*”. *IEEE*. vol 13 ,n° 4 (2017), (Canadá) pp. 334-337.

Argente, Horacio A. y Álvarez, Marcelo E. *Semiología Médica: Fisioterapia, Semiotecnia y Propedéutica*. Buenos Aires-Argentina: Editorial Médica Panamericana, 2008. 978-950-06-00722-9. pp. 228

Asokan, Anand , Pothen , Allan Joseph y Vijayaraj , Raj Krishnan. “*ARMatron-A Wearable Gesture Recognition Glove*”. *IEEE* vol 12, n°2. (2016), (Tiruchirappalli-India).

Borobia, César. 2016. *Valoración del daño corporal: Miembro superior*. Barcelona-España : Masson, S.A., 2016. 84-458-1679-9. P. 34

Bramson JB, Smith S, Romagnoli G. 1998. “*Evaluating dental office ergonomic. Risk factors and hazards*”. *NSBI* . vol 129, n° 2 (1998) (Canadá) pp. 174–183.

Bridger, Robert. 2003. *Introduction to Ergonomics*. New York-Estados Unidos : Routledge Taylor and Francis Group, 2003. 0-203-42613-4. pp. 270-271

Castro, Carlos. *Lesiones de la mano y la muñeca*. Barcelona-España : Editorial Paidotribo, 2005. 84-8019-823-0. P. 11

Czubaj, Fabiola. “*El uso excesivo del mouse puede alterar las funciones de la mano.*” *La Nación*. [En línea], 2010, (Argentina), 108(2), [Consulta: 22 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1282598-el-uso-excesivo-del-mouse-puede-alterar-las-funciones-de-la-mano>.

Diego-Mas , Jose Antonio. “*Evaluación postural mediante el método RULA*”. *Ergonautas*. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>.

—“*Evaluación postural mediante el método RULA*” *Ergonautas*. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>.

—“*¿Cómo evaluar un puesto de trabajo?*” *Ergonautas*. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/art-tech/evaluacion/evaluacion.htm>.

Diego-Mas, Jose Antonio. “*Evaluación postural mediante el método REBA*” *Ergonautas*. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>.

—“*Evaluación Postural Mediante El Método OWAS*”. [Ergonautas. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>.

— “*Evaluación postural mediante el método REBA*” *Ergonautas*. [En línea], 2015, (Valencia). [Consulta: 8 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>.

El Comercio. “Cinco enfermedades más comunes en el trabajo”. [En línea] ,2014. [Consulta: 5 de agosto de 2017.] Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/enfermedades-laborales-iess-ecuador-lumbalgia.html>.

— “42 de cada 1 000 trabajadores en el país sufren accidentes laborales.” [En línea] , 2015. [Consulta: 1 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/trabajadores-accidenteslaborales-iess-empresas.html>.

GestioPolis. “Conceptos de industria, zona industrial y rama industrial.” [En línea] ,2001. [Consulta: 29 de julio de 2017.] Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/conceptos-de-industria-zona-industrial-y-rama-industrial/>.

Kalpattu S, Abhishek, Lee Chus, Fai Qubeley y Ho, Derek. “Glove-Based Hand Gesture Sign Language Translator using Capacitive Touch Sensor”, IEEE, vol 13 ,n° 4 (2017), (China) pp. 334-337

Gravetter, Frederick J. y Wallnau, Larry B. *Statistics fo the Behavioral Sciences.*9ª Ed. United States : Wadsworth, Cengage Learning, 2013. pp. 53-58

Groover, Mikell P. *Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, procesos y sistemas.* Naucalpan de Juárez-México : McGraw Hill Interamericana, 2007. 978-970-10-6240-1. P. 2

ISO 11226: 2000 Normas técnicas sobre posturas de trabajo.

Kroemer, Karl, Kroemer, Henrike y Kroemer-Elbert, Katrin. *Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency.* 3ª Ed. New Jersey-Estados Unidos : Prentice Hall, 2003. 0-13-752478-1. P. 405

Lema Barrera, Daniela Verónica . *Comparación estadística de medidas antropométricas entre mestizos, indígenas y afroecuatorianos de la región Sierra del Ecuador.* (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad San Francisco de Quito, Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industria. Quito-Ecuador. 2013

MAD-Eduforma. *Manual de Fisioterapia. Traumatología, Afecciones Cardiovasculares Y Otros Campos de Actuacion.* Sevilla-España : Editorial MAD, S.L, 2004. 84-665-3837-2.P. 138

MedlinePlus. “Síndrome del túnel carpiano.” [En línea], 2004 Biblioteca Nacional de Medicina de los EE. UU., 05 de septiembre de 2017. [Consulta el: 10 de septiembre de 2017.] Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000433.htm>.

Mondelo, Pedro R., y otros. *Ergonomía El trabajo en oficinas.* México : ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A, 2002. 9701507827, P. 89

Mondelo, Pedro R., Torada, Enrique Gregori y de Busquets, Joan Blasco . *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo.* Catalunya-España : Edicions UPC, 2001. 8483014831, 9788483014837, P. 70

Silva Otero, Arístides y Mata de Grossi, Mariela. *La llamada Revolución Industrial.* Caracas-Venezuela : Publicaciones UCAB, 2005. 980-244-172-4. P. 90

Friedman, Nizan, y otros. “The Manumeter: A Wearable Device for Monitoring Daily Use of the Wrist and Fingers”. *IEEE* , vol. 18 n°5 (2014), (Estados Unidos) pp. 1804-1812

Valero Cabello, Esperanza . “Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.”,2016. [En línea], P. 7 [Consulta: 2 de Agosto de 2017.] Disponible en:

<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>.

Weber, Tammy y Mildred, Carter. *Reflexología de la mano clave para una salud perfecta.* España : Editoria Paidotribo, 2004, P. 195.

