

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA DE POSGRADO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**“DESARROLLO DE MANIQUÉS ANTROPOMÉTRICOS
PARAMETRIZADOS APLICANDO ERGONOMÍA EN EL
AMBIENTE INDUSTRIAL A TRAVÉS DE ENTORNOS VIRTUALES”**

TESIS

que presenta para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS

ING. SARA HERNÁNDEZ SANDOVAL

DIRECTOR DE TESIS: DR. CARLOS RAÚL NAVARRO GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS: DR. ISMAEL MENDOZA MUÑOZ

AGOSTO DE 2019

RESUMEN de la Tesis de Sara Hernández Sandoval, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRA EN CIENCIAS. Mexicali, Baja California, México. Agosto de 2019.

DESARROLLO DE MANIQUÍES ANTROPOMÉTRICOS PARAMETRIZADOS
APLICANDO ERGONOMÍA EN EL AMBIENTE INDUSTRIAL A TRAVÉS DE
ENTORNOS VIRTUALES.

Resumen aprobado por:



Dr. Carlos Raúl Navarro González
Director de tesis



Dr. Ismael Mendoza Muñoz
Co-Director de tesis

La seguridad industrial es el área encargada de reducir los riesgos que existen dentro de las industrias, como lesiones músculo-esqueléticas, problemas circulatorios, de columna, dolores o molestias en cuello, espalda, hombros y piernas, entre otros. Para alcanzar este objetivo, es necesario el uso de diferentes herramientas que faciliten el evaluar distintos escenarios laborales, antes de que los riesgos ergonómicos se presenten en los trabajadores.

Al evaluar diversos escenarios en los espacios de trabajo, tanto para el desarrollo de tareas donde se necesite estar de pie o en posición sedente, se toman como base medidas antropométricas críticas.

Contar con medidas antropométricas críticas e interpretarlas en modelos ergonómicos sencillos y prácticos, permiten desarrollar maniqués antropométricos para visualizar el impacto en los diversos percentiles antropométricos aplicados al área de trabajo.

Se desarrolló un entorno virtual que mediante la ayuda del software Blender, el cual permite una amplia gama de opciones para modificar cualquier número de veces las acotaciones (medidas antropométricas) en un maniquí virtual buscando detectar malas

posturas ergonómicas en los operadores, se podrán observar los beneficios que se lograrían al cambiar algunos aspectos del lugar de trabajo o del mobiliario en un entorno simulado; evitando que los operadores se involucren en situaciones que pudieran ocasionar distintos riesgos en las empresas y aportar una estancia con mayor comodidad logrando de manera rápida y precisa el plasmar éstos percentiles de forma visual en el software. El software a emplear es de fácil uso, de descarga gratuita y muy práctico por lo que cualquier usuario de éste puede desarrollar diversos modelos antropométricos.

Los maniqués antropométricos parametrizados desarrollados que incluyen los diferentes percentiles antropométricos permitieron observar las malas posturas en los trabajadores y poder tomar acciones correctivas como el cambiar aspectos del lugar de trabajo, para reducir incomodidad, fatiga, molestias y prevenir futuras lesiones musculoesqueléticas; esto se logró al evaluar áreas de trabajo en las empresas y nos ayuda a concluir que al cambiar aspectos de trabajo como altura, distancia y tamaño del mobiliario se producen beneficios como: mayor rendimiento en el trabajador y mayor calidad en el producto.

Palabras clave: Ergonomía, Salud ocupacional, Antropometría digital, Maniqués antropométricos virtuales.

ABSTRACT of the thesis, presented by Sara Hernández Sandoval, in order to obtain the MASTER of SCIENCE DEGREE. Mexicali, Baja California, México. August, 2019.

DEVELOPMENT OF PARAMETERIZED ANTHROPOMETRIC MANNEQUINS
APPLYING ERGONOMICS IN THE INDUSTRIAL ENVIRONMENT THROUGH
VIRTUAL ENVIRONMENTS.

Approved by:



Dr. Carlos Raúl Navarro González
Thesis Advisor



Dr. Ismael Mendoza Muñoz
Thesis Advisor

Industrial safety is the area in charge of reducing the risks that exist within the industries, such as musculoskeletal injuries, circulatory problems, spine, pain or discomfort in the neck, back, shoulders and legs, among others. To achieve this objective, it is necessary to use different tools that facilitate the evaluation of different work scenarios, before ergonomic risks occur in workers.

When evaluating various scenarios in the workspaces, both for the development of tasks where you need to be standing or sitting, critical anthropometric measures are taken as the basis.

Having critical anthropometric measurements and interpreting them in simple and practical ergonomic models, allows the development of anthropometric mannequins to visualize the impact on the various anthropometric percentiles applied to the work area.

A virtual environment was developed that, with the help of the Blender software, which allows a wide range of options to modify the number of times the dimensions (anthropometric measurements) in a virtual dummy looking to detect bad ergonomic positions in the operators, you can observe the benefits that would be achieved by changing some aspects of the workplace or furniture in a simulated environment; avoiding that the

operators get involved in situations that could cause different risks in the companies and provide a more comfortable stay achieving quickly and accurately to capture these percentiles visually in the software. The software to be used is easy to use, free to download and very practical, so any user can develop various anthropometric models.

The developed parameterized anthropometric mannequins that include the different anthropometric percentiles allowed to observe the bad postures in the workers and to be able to take corrective actions such as changing aspects of the workplace, to reduce discomfort, fatigue, discomfort and prevent future musculoskeletal injuries; This was achieved by evaluating areas of work in companies and helps us to conclude that changing work aspects such as height, distance and size of furniture produce benefits such as: higher performance in the worker and higher quality in the product.

Keywords: Ergonomics, Occupational health, Digital anthropometry, Virtual anthropometric mannequins.

DEDICATORIA

A Dios, mi padre celestial, el forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me cuida, el que me hace aprender de mis errores, el que me levanta cada vez que tropiezo; a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, los que me motivaron para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor y bondad, gracias por estar presente en cada momento de mi vida ofreciéndome lo mejor. Éste trabajo de tesis ha sido una gran bendición y gracias a Dios ésta meta está cumplida.

Gracias a mis padres que fueron mi mayor soporte durante éste proceso. Le agradezco también a mi institución por haberme permitido formarme en ella y a mis maestros por sus esfuerzos brindados para que finalmente pudiera graduarme como un feliz profesional.

Gracias a todas aquellas personas que invirtieron de su tiempo para leer y revisar mi proyecto de tesis.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. Antecedentes del proyecto	11
1.1 Introducción	11
1.2 Planteamiento del problema.	13
1.3 Justificación y uso de los resultados	14
1.4 Hipótesis	15
1.4.1 Preguntas para Hipótesis	15
1.4.2 Hipótesis	15
1.5 Objetivos de la Investigación	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
2. Marco Teórico Y Estado del Arte	17
2.1 Ergonomía	17
2.2 Valoraciones Ergonómicas	18
2.3 Antropometría Estática y Dinámica	23
2.4 Dimensiones antropométricas del cuerpo humano	25
2.5 Dimensiones críticas antropométricas	28
2.6 Maniqués virtuales antropométricos	31
2.7 Parametrización de maniqués virtuales	33
2.8 Justificación de criterios, posturas y rangos de ángulos	35
2.9 Errores posturales	38
2.9.1 Errores de paralaje	38
2.9.2 Errores de perspectiva	38
3. Trabajo en Campo.	40
3.1 Cálculo de ángulos en Blender.	40
3.2 Trabajo en Campo Hirsh Industries	41
3.2.1 Antecedentes Hirsh Industries	41
3.2.2 Encuesta Ergonómica aplicada	41
3.2.3 Análisis de Varianza (DOE)	44
3.2.4 Presentación de área de trabajo	47
3.3 Trabajo en Campo Kenworth	49
3.3.1 Antecedentes Kenworth	49
3.3.2 Encuesta Ergonómica aplicada	53
3.3.3 Análisis de Varianza (DOE)	55
3.3.4 Presentación de Estación de Trabajo	56
4. Metodología	59
4.1 Metodología	59
5. Conclusiones y Recomendaciones	65
5.1 Conclusión	65
5.2 Recomendaciones	66
Referencias Bibliográficas	67

Índice de Figuras

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1.- Campos de aplicación de la Ergonomía	17
2.- Posición ergonómica. “Postura adecuada frente a la computadora”.	19
3.- Posición no ergonómica. “Postura incorrecta para sentarse frente al Computador”.	20
4.- Medidas antropométricas, posición de pie	26
5.- Dimensiones antropométricas, posición sedente	27
6.- Error de paralaje	38
7.- Medidas críticas en el software Blender. 1.- Altura de la cabeza, 2.- Altura del cuello, 3.- Altura del torso, 4.- Altura de glúteos, 5.- Longitud de la pata superior, 6.- Longitud de la pata inferior, 7.- Altura de los pies, 8.- Altura	40
8.- Percentil 5, situación actual en el área de soldadura.	47
9.- Percentil 95, situación actual en el área de soldadura.	47
10.- Implementación de mejora: Percentil 5, subir altura de mesa de trabajo.	48
11.- Implementación de mejora: Percentil 95, subir altura de mesa de trabajo.	48
12.- Percentil 5, situación actual.	56
13.- Percentil 95, situación actual.	57
14.- Percentil 5, mejora implementada.	57
15.- Percentil 95, mejora implementada.	58
16.- Dimensiones antropométricas.	60
17.- Maniqués antropométricos P5 y P95 en software Blender.	62
18.- Disminución de ángulo de inclinación en espalda y cuello.	63
19.- Disminución de ángulo de flexión en cuello y brazos.	63

Índice de Tablas

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
1. Comparación de dimensiones antropométricas críticas.	28
2. Dimensiones críticas antropométricas.	30
3. Comparación de criterios y rangos de ángulos.	35
4. Categorías de ángulos de inclinación de espalda.	35
5. Categorías de ángulos de Flexión de cuello.	36
6. Categorías de ángulos de Flexión y Extensión de hombros.	36
7. Categorías de ángulos de Abducción y Aducción de hombros.	36
8. Categorías de ángulos de Flexión y Extensión de codos	37
9. Categorías de ángulos de Pronación y Supinación de codos.	37
10. Datos de factores A (tipo de percentil) y B (Medidas antropométricas) para ANOVA.	44
11. Nivel de molestias y dolor en trabajadores de Hirsh Industries.	45
12. Datos de factores A (Tipo de percentil) y B (Medidas antropométricas) para ANOVA.	54
13. Nivel de molestias y dolor en trabajadores de Kenworth.	55
14. Calificaciones para identificar el nivel de fatiga.	62

Capítulo I. Antecedentes del proyecto

1.1 Introducción

Cuando se realiza una evaluación ergonómica, se necesita el uso de antropometría, que incluye medidas de las dimensiones del cuerpo humano. El conocimiento y las técnicas para llevar a cabo las mediciones, así como su tratamiento estadístico, están sujetos a antropometría (Maradei, Espinel y Peña, 2008). Junto con la ergonomía está la seguridad industrial, que se encarga de reducir los riesgos que existen en industrias tales como lesiones musculoesqueléticas, problemas circulatorios o espinales, así como dolores y molestias en el cuello, la espalda, los hombros y las piernas, entre otros. La implementación de la ergonomía refleja cambios positivos en los sistemas de producción (Márquez, 2012) que permite lograr la seguridad industrial, pero también es necesario diseñar espacios de trabajo ergonómicos para lograr la seguridad y la salud de los trabajadores (Mohammad y Mohamed 2007). Esto conduce a la optimización de la eficiencia de la acción humana y con esto, evita la aparición de riesgos ergonómicos en los trabajadores, basados en mediciones antropométricas críticas (Ávila, Prado y González, 2007).

Tomando medidas antropométricas e interpretándolas en modelos ergonómicos simples y prácticos (Rojas, 2013), se pueden desarrollar maniqués antropométricos para visualizar el impacto en los diferentes percentiles antropométricos aplicados al área de trabajo. Contemplando el software de evaluación antropométrica como Solidworks, que es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) y ofrece la posibilidad de crear, diseñar y simular en 3D (Carrasco, 2006).

Por otro lado, Make-Human es una aplicación gráfica de software gratuita para la creación de maniqués en tres dimensiones (Olabarria, 2014); Sin embargo, se considera apropiado usar el software Blender ya que el modelado, el texturizado, la iluminación, la animación y la representación de gráficos se pueden realizar en tres dimensiones.

Actualmente se ha enfocado en mejorar el diseño de patrones del cuerpo humano virtual a través del software (Cichocka, Bruniaux & Frydrych, 2014) ya que el objetivo es siempre el mismo, el bienestar de los trabajadores y la satisfacción del cliente, para ello

Antropometría juega un papel muy importante en el sector industrial, el diseño y la ergonomía.

El factor clave para la absorción efectiva de los resultados de los modelos virtuales es la participación y el compromiso del sector (empresas) en el desarrollo de herramientas y espacios adecuados en el área de trabajo.

El concepto de maniquí virtual tiene muchas aplicaciones, como comercio virtual y diseño, dentro del enfoque de diseño, se debe garantizar que los maniqués virtuales sean antropométricamente correctos (Ballester et al. 2015).

Se desarrolló un entorno virtual que, con la ayuda del software Blender, permite una amplia gama de opciones para modificar cualquier cantidad de veces (medidas antropométricas) (Olivares, Ferreira, Vega, Cendejas y Rosano, 2014) en un maniquí virtual, que busca detectar malas posturas ergonómicas en los operadores; pudiendo observar los beneficios que se obtendrían al cambiar algunos aspectos del lugar de trabajo o los muebles en un entorno simulado, evitando que los operadores se involucren en situaciones que podrían causar diferentes riesgos en las empresas y ofreciendo una estadía más cómoda.

El propósito de este estudio es detectar malas posturas evaluando áreas de trabajo utilizando entornos virtuales. Donde se desarrollan y visualizan maniqués antropométricos parametrizados que incluyen los diferentes percentiles antropométricos; permitiendo observar beneficios tales como la reducción de la incomodidad, fatiga y futuras lesiones musculoesqueléticas que se lograrían cambiando aspectos del lugar de trabajo. Lo mencionado anteriormente ayuda a reducir los riesgos laborales en las empresas y resaltar que si se mejoran los puestos de trabajo, el trabajador se lesiona y se cansa menos, lo que produce más beneficios y con el tiempo el trabajador rinde más.

1.2 Planteamiento del problema

En un área de trabajo los principales problemas ergonómicos son: la movilidad restringida, las posturas inadecuadas y, a nivel de elementos, la iluminación deficiente o los excesos con el aire acondicionado y la calefacción. Por lo tanto el objetivo que persigue ésta investigación es detectar estos problemas ergonómicos para que se resuelvan ya que de no ser así pueden llegar a provocar una serie de patologías y consecuencias negativas sobre la salud y bienestar de las personas (Ares, 2006), siendo las principales:

- Lesiones músculo-esqueléticas en hombros, cuello, manos y muñecas.
- Problemas circulatorios.
- Problemas de columna, que pueden llegar a convertirse en graves y crónicos.
- Dolores de cuellos y espalda.
- Molestias o dolores en hombros y piernas.
- Problemas visuales.

Ahora bien, la problemática es que los trabajadores dentro del área laboral al no tener valoraciones ergonómicas que contemplen la diversidad y variabilidad de los trabajadores (en forma de percentiles antropométricos), pueden tener malas posturas y problemas relacionados con la salud ocupacional.

1.3 Justificación

En México es notoria la escasez de información antropométrica adecuadamente validada. Esta carencia repercute de forma directa en el diseño de los elementos de trabajo. El no contar con la información que permita establecer una adecuada relación dimensional hombre-máquina, favorece una situación en la cual el trabajador tiende a presentar fatiga excesiva, que puede desembocar en problemas de salud serios (Martínez, 2002). El primer paso en la solución de este problema es el contar con información sobre la antropometría de la población trabajadora la cual se utilizará subsecuentemente para el desarrollo de un maniquí parametrizado.

Con el propósito de presentar un modelo del cuerpo humano en el que se puedan variar las dimensiones y alcances con respecto a un parámetro de entrada, el maniquí se diseña tomando la estatura en posición de pie como valor base y posteriormente la posición sedente. La base de datos antropométricos y el maniquí parametrizado son contribuciones importantes para la labor de los diseñadores. Estos elementos proporcionarán información relevante y validada, presentada visualmente en un formato que facilite su consulta. Esto permitirá diseñar aplicando criterios ergonómicos y espacios seguros de trabajo.

La aplicación del modelado virtual en áreas de trabajo permitirá evidenciar y clarificar posibles problemáticas relacionadas con las posturas en las áreas de trabajo, al contemplar la variabilidad en la población existente (percentiles). Mostrando visualmente los cambios requeridos en las áreas de trabajo y permitiendo sustentar proyectos de mejora.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Preguntas de Hipótesis

¿Se detectaron posturas no ergonómicas al valorar áreas de trabajo mediante la elaboración de maniqués antropométricos en entornos virtuales que contemplen los diversos percentiles antropométricos?

¿Se encuentran beneficios que se lograrían al cambiar aspectos del lugar de trabajo orientados a la reducción de riesgos ocupacionales en las empresas, mediante el uso de maniqués antropométricos virtuales?

1.4.2 Hipótesis





La caracterización de posturas corporales habituales de los trabajadores en entornos virtuales (contemplando la variabilidad de los diversos percentiles antropométricos y realizando valoraciones ergonómicas) permitirá detectar malas posturas ergonómicas en áreas de trabajo reduciendo riesgos en las empresas y mejorando la salud ocupacional.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo general

Detectar malas posturas al valorar áreas de trabajo haciendo uso de entornos virtuales donde se desarrollen y visualicen maniqués antropométricos parametrizados que contemplen los diversos percentiles antropométricos; permitiendo observar beneficios como reducción de molestias y/o lesiones musculoesqueléticas que se lograrían al cambiar aspectos del lugar de trabajo orientados a la reducción de riesgos ocupacionales en las empresas.

1.5.2 Objetivos específicos

-  Determinar las posturas y dimensiones críticas del cuerpo humano dependiendo del área donde se labora, para tener un alto grado de conocimiento sobre el tema.
-  Seleccionar un software de diseño que permita desarrollar maniqués antropométricos, y dar movimiento a las distintas articulaciones, ajustando el maniquí virtual en los percentiles antropométricos.
-  Validar el maniquí virtual contrastando con el modelo real de una persona.
-  Realizar valoraciones en distintas áreas de trabajo, para visualizar las posturas y los movimientos adecuados o inadecuados del personal al momento de realizar un trabajo o una actividad que tenga requerimientos físicos elevados.

Capítulo II. Marco Teórico Y Estado del Arte

2.1.- Ergonomía

La palabra ergonomía se deriva de las palabras griegas "ergos", que significa trabajo, y "nomos", leyes; por lo que literalmente significa "leyes del trabajo" o bien, es el estudio o la medida del Trabajo; Esta examina no solo la situación pasiva del ambiente, sino también las ventajas para el operador humano y los aportes que esta pueda hacer si la situación del trabajo está concebida para permitir y fomentar el mejor uso de sus habilidades (Bracamonte F., 2012).

Según la definición oficial adoptada por el Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) en agosto de 2000, "la ergonomía es una disciplina científica de carácter multidisciplinar, que estudia las relaciones entre el hombre, la actividad que realiza y los elementos del sistema en que se halla inmerso, con la finalidad de disminuir las cargas físicas, mentales y psíquicas del individuo y de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios; buscando optimizar su eficacia, seguridad, confort y el rendimiento global del sistema".

La ergonomía se divide en diversos campos de aplicación como se muestra en el Figura 2.1.

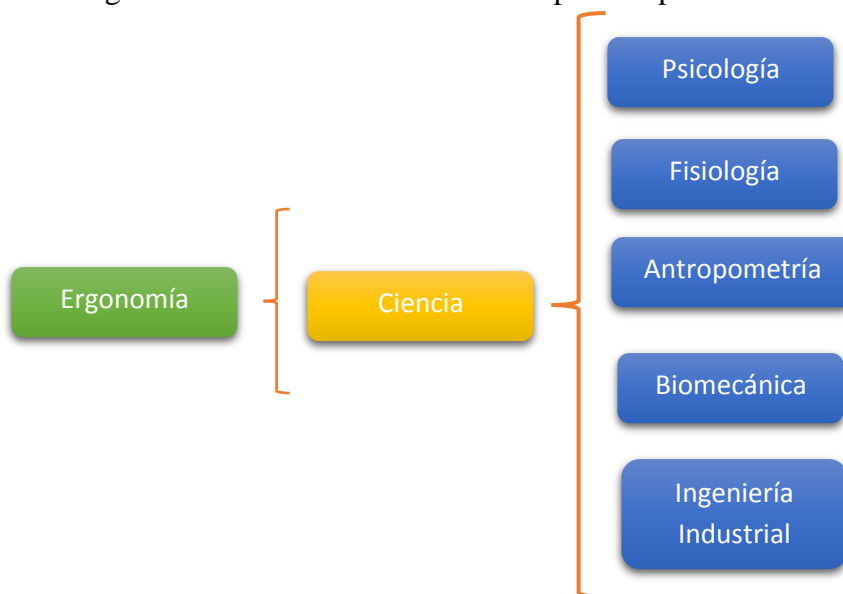


Figura 2.1. Campos de aplicación de la Ergonomía (Bracamonte F., 2012).

Aunque existen diferentes clasificaciones de las áreas donde interviene el trabajo de los ergonomistas, en general podemos considerar las siguientes:

- Antropometría
- Biomecánica y fisiología
- Ergonomía ambiental
- Ergonomía cognitiva
- Ergonomía de diseño y evaluación
- Ergonomía de necesidades específicas
- Ergonomía preventiva

2.2.- Valoraciones ergonómicas

La ergonomía es muy importante en el ambiente industrial ya que se basa en el análisis de una situación de riesgo existente en el trabajador y permite mejorarla, ya que la ergonomía es un arte que busca que el hombre y la tecnología trabajen en completa armonía, diseñando y manteniendo los productos, puestos de trabajo, tareas, equipos, etc., de acuerdo con las características, necesidades y limitaciones humanas, todo esto para evitar alguna lesión futura (Márquez M. 2012).

Dejar de considerar los principios de la Ergonomía llevará a diversos efectos negativos que por lo regular se ven reflejados en lesiones, enfermedad profesional, o deterioros de productividad y eficiencia (Kleinsorge, M; 2014).

En cuanto a ergonomía y productividad, Solano (2014) presenta conceptos y definiciones así como se relacionan entre sí para mejorar el aspecto ergonómico del mobiliario de los trabajadores dentro del área Industrial. Por otra parte Constantinescu, Popescu, Muresan, Stana (2015) proponen cómo mejorar el rendimiento de los trabajadores con carga postural es conveniente implementar un exoesqueleto (virtual y físico) el cual lleve a cabo las actividades que involucren carga postural.

Para implementar un proyecto ergonómico en el área Industrial se toma en cuenta la ergonomía participativa donde los programas de ergonomía participativa se han propuesto como los medios más efectivos para eliminar o rediseñar tareas manuales con el objetivo de reducir al máximo la incidencia de trastornos musculoesqueléticos ocupacionales (Burgess-Limerick, 2017; Solano J., 2014).

Para evitar efectos negativos en el trabajo a continuación se muestra en la Figura 2.2 la posición ergonómica en un trabajo de oficina.

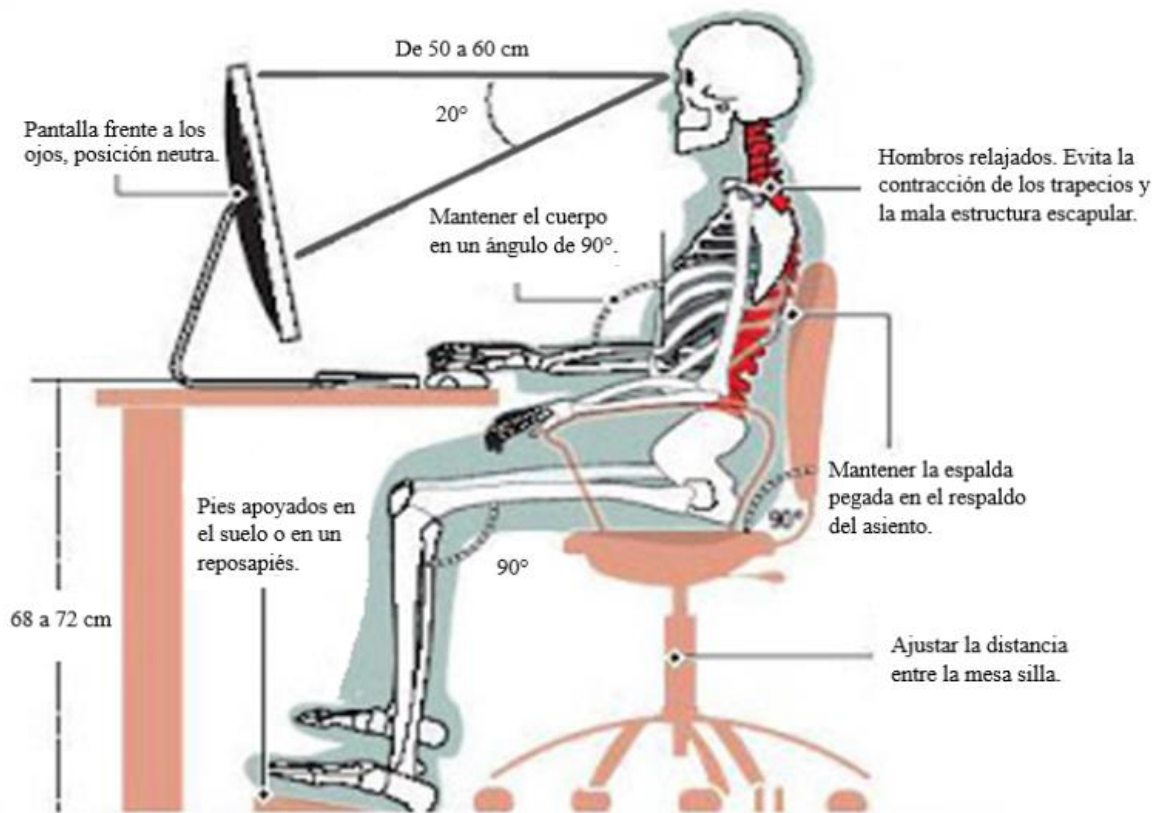


Figura 2.2. Posición ergonómica. “Postura adecuada frente a la computadora” en <http://maria-oficina.blogspot.mx/>

En la Figura 2.3 se muestra una posición no ergonómica (incorrecta) en un espacio de trabajo en oficina.

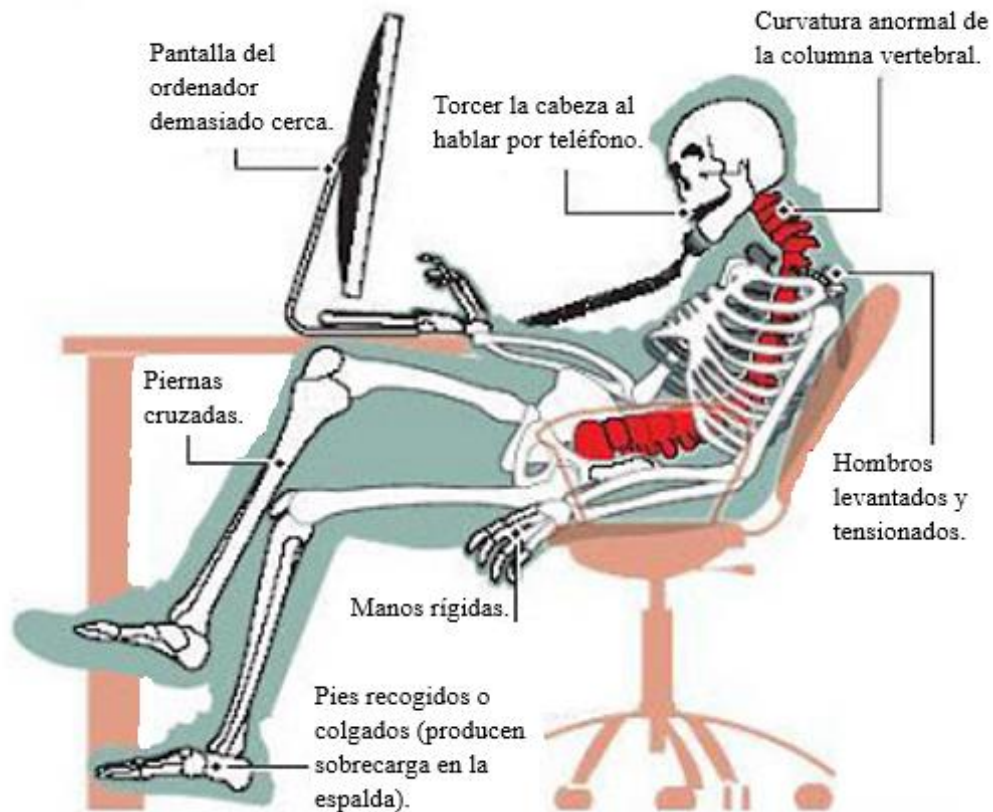


Figura 2.3. Posición no ergonómica. “Postura incorrecta para sentarse frente a la computadora” en <http://breynergomeztecnoinformatica.blogspot.mx/2013/08/postura-incorrecta-para-sentarse-frente.html>

Para evitar efectos negativos en el ambiente industrial la ergonomía analiza aquellos aspectos que abarcan al entorno construido por el hombre (maquinaria, herramienta, mesas de trabajo, etc.) relacionado directamente con las acciones y gestos involucrados en toda actividad que realiza el trabajador (Chavarría R., 1998).

En todas las aplicaciones de la ergonomía su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas; los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores. Es la definición de comodidad,

eficiencia, productividad, y adecuación de un objeto, desde la perspectiva del que lo usa (Márquez M., 2012).

Sin embargo, en ocasiones debido a la alta demanda de productos en la industria manufacturera provoca que las personas tengan que trabajar más y más rápido, así como también tener que adaptarse a una estación de trabajo sin diseño ergonómico (Baba Md. et al, 2011). Lo cual afecta directamente al cuerpo y salud del trabajador y esto se debe al sistema de producción actualidad.

La ergonomía tiempo atrás era diferente a como es hoy debido a los sistemas de producción que con el paso del tiempo han ido cambiando ya que en la producción artesanal tanto el espacio de trabajo como las herramientas con las que contaban los trabajadores eran totalmente adaptadas a las personas, sin embargo éste sistema de producción cambió y surgió la producción en masa donde se optó por comenzar a utilizar maquinaria que hiciera el trabajo de la producción, siendo así que los trabajadores debían adaptarse al tipo de maquinaria así como al espacio que éstas abarcaban, causando los problemas ergonómicos que existen (Márquez M. 2012). Por lo tanto, se pretende que para el diseño de productos es necesario conocer las dimensiones corporales de los usuarios con el fin de evitar problemas musculoesqueléticos así como lesiones o enfermedades profesionales.

Adicionalmente, se analiza la ausencia que han tenido los principios ergonómicos dentro de las prioridades y pilares en los cuales se fundamentan los modelos de producción considerados, por lo cual es importante todos los aspectos relacionados con una correcta toma de mediciones antropométricas.

El no contar con la información que permita establecer una adecuada relación dimensional hombre-máquina, favorece una situación en el cual el trabajador tiende a presentar una fatiga excesiva, que puede finalmente desembocar en problemas serios (Martínez, 2002).

Es importante considerar no sólo factores como la seguridad, calidad y precio si no también un buen diseño que propicie la correcta adecuación dimensional de la estación con el usuario (Wilson T., Darshak A., 2017). Evitando problemas de fatiga excesiva al utilizar

información debidamente validada sobre la antropometría de trabajadores en la industria (Martínez, 2002).

El diseño de una estación de trabajo es un elemento de gran relevancia, ya que las condiciones físicas en que labora un trabajador, repercuten directamente en la eficiencia y desempeño en su tarea (Ávila R., et al., 2007). Si maquinaria y equipo tienen un pobre diseño, provocarán fatiga excesiva en el operario, lo que finalmente se reflejará en costos adicionales para la empresa (Martínez, 2002).

Para tener un diseño apropiado se debe saber que el objetivo de tener una correcta ergonomía en el ambiente industrial está enfocado principalmente en el recurso económico ya que si tienen una apropiada ergonomía en los trabajadores evitarán lesiones, enfermedades profesionales y demás aspectos en contra de la salud de los trabajadores y ahorrarán recurso económico debido a que no tendrán que invertir en incapacidades, pagos a más operarios, etc.

Para evitar situaciones en donde las personas tienen que trabajar adaptándose a una estación de trabajo no ergonómica se realizan las valoraciones ergonómicas pues la valoración ergonómica de un puesto de trabajo permite medir la existencia de factores de riesgo que pueden provocar trastornos en la salud de los trabajadores que lo ocupan.

Una evaluación ergonómica se divide en dos niveles:

Nivel básico o identificación inicial de riesgos

En donde la identificación inicial de riesgos (nivel de análisis básico) permite la detección de factores de riesgo en los puestos. En caso de ser estos detectados se procederá con el nivel avanzado.

Existen algunos buenos indicadores de la presencia de riesgos como por ejemplo: la presencia de lesiones agudas (lumbalgias y fatiga física), lesiones crónicas o enfermedades profesionales entre los trabajadores de un determinado puesto.

Una vez analizado el nivel básico o identificación inicial de riesgos y se encuentra algún riesgo se procede a analizar el Nivel avanzado.

Nivel avanzado

En el nivel avanzado de análisis se evalúan la amplitud de los factores de riesgo detectados.

2.3 Antropometría estática y dinámica

La antropometría es una de las áreas que fundamentan la ergonomía, y trata con las medidas del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerza y capacidad de trabajo. En la ergonomía, los datos antropométricos son utilizados para diseñar los espacios de trabajo, herramientas, equipo de seguridad y protección personal, considerando las diferencias entre las características, capacidades y límites físicos del cuerpo humano (Bracamonte F., 2012).

Cuando se realiza una valoración ergonómica se necesita el uso de la antropometría, la cual es una ciencia que entiende de las medidas de las dimensiones del cuerpo humano. Los conocimientos y técnicas para llevar a cabo las mediciones, así como su tratamiento estadístico, son el objeto de la antropometría (Maradel M., 2008).

La antropometría se divide en dos áreas: antropometría estática y antropometría funcional (dinámica). La primera concierne a las medidas efectuadas sobre dimensiones del cuerpo humano en una determinada postura, mientras que la segunda describe los rangos de movimiento de las partes del cuerpo, alcances, medidas de las trayectorias, etc. (Taliga M., Steiner H., 2012).

Para el diseño adecuado de mobiliario, maquinaria, herramienta, etc., se utilizan ambas áreas de la antropometría (estática y dinámica), como objeto destinado al uso humano ya que resulta muy importante considerar las dimensiones corporales de las personas. Ello supone validar con los datos antropométricos cada una de las dimensiones que define los distintos tipos de mobiliario (Rojas J; Almagia A; Ilardi J. 2013).

Sin embargo, en México existe escasez de datos o información antropométrica adecuadamente validada. Esta carencia repercute de forma directa en el diseño de los elementos de trabajo.

Al analizar un elemento de trabajo se toma en cuenta las dimensiones del cuerpo humano los cuales han sido muy estudiados en algunos países; pero cualquiera de los estudios antropométricos o dimensionales del cuerpo necesitan constantes actualizaciones debidas a cambios en el estilo de vida, nutrición y composición étnica (Cichocka et al, 2014).

Al tener estudios antropométricos actualizados, las mediciones antropométricas realizadas en un área industrial en procesos de manufactura se usan para innovar en la manera de diseñar, organizar y gestionar los sistemas de producción ya que hay ausencia en los principios ergonómicos dentro de las prioridades y pilares en los cuales se fundamentan los modelos de producción (Liu W., et al., 2008).

Se identifican algunas de las repercusiones que la implementación de los sistemas de producción pudiera tener sobre la ergonomía, en especial desde el punto de vista psicosocial y el ritmo de trabajo. (Márquez M., 2012).

La integración de los principios ergonómicos en el diseño de los procesos propios de la ingeniería de fabricación es una práctica cada vez más habitual en las empresas. En este sentido, “las lesiones musculo-esqueléticas tiene una repercusión muy importante en el puesto de trabajo” (García M., 2013), por lo que cada vez se busca más el poder trabajar en entornos virtuales con software para revisar diversas cuestiones como obtener datos de movimiento de alguna parte del cuerpo de una persona durante un estudio a través de maniqués (Böcker M., et al., 2006).

Los trastornos musculo-esqueléticos no tienen su origen en un solo factor riesgo, sino que se trata de un fenómeno de origen multifactorial, en el que incluyen factores físicos, psicosociales e individuales (García M., 2013).

Para evitar cualquier tipo de trastorno, incluyendo los musculo-esqueléticos, diversos autores han realizado distintas clasificaciones de los métodos de valoración postural existentes. Atendiendo a la forma de obtener los datos para la evaluación del riesgo, se pueden dividir en dos grandes grupos: métodos directos e indirectos. Los métodos indirectos evalúan la exposición del riesgo mediante técnicas de observación y los métodos directos evalúan el riesgo a través de la medida directa de los factores de riesgo

(García M., 2013). La representación virtual de las características de la población mediante percentiles se considera como método directo.

2.4. Dimensiones antropométricas del cuerpo humano

Es importante saber que las características y medidas del cuerpo humano, perteneciente a una población laboral se determinan a partir de la ocupación que ejerce dentro de la misma, esto debido a la influencia ejercida por características como la edad el sexo, la etnicidad (Rodríguez R. 2013). El tipo de cuerpo y composición también están influenciados por el estilo de vida, dieta y ejercicio (Cichocka et al., 2014).

Las mediciones antropométricas como las circunferencias de cadera, cintura, pierna y brazo, relación cintura-cadera e índice de masa corporal, son indicadores importantes para la obtención de datos antropométricos (Li Z., 2013) y poder diseñar un espacio de trabajo ergonómico que se adapte a las necesidades de los distintos trabajadores (Ntai A., et al., 2017).

Según la norma ISO 7250-1 (2008), establece que las dimensiones antropométricas básicas son 56; aunque la HSIAC (Human Systems Information Analysis Center) reconoce 304 conjuntos de mediciones antropométricas para el ser humano. Sin embargo a nivel Industrial se propone que las dimensiones básicas para el diseño del área de trabajo pueden reducirse, las dimensiones son: Altura del cuerpo (estatura/talla), de la cadera, al hombro, al codo y a la muñeca; largura de brazos y piernas, anchura de hombros, circunferencia de cabeza, anchura de palma de mano, de pie, espalda, diámetro agarre de mano, altura de cabeza sentado, de pie, largura de muslo y rodilla sentado (Carmenate L., 2014).

De acuerdo al estudio estadístico antropométrico nacional (Estudio antropométrico nacional, 1998) hay tres percentiles de medidas antropométricas considerados para el análisis de posturas (Rodríguez R., 2013): el percentil 5, el percentil 50 y el 95, en los cuales se concentra el 95% de la población escogida (Jay C, et al 2016); así como también existen dos posiciones antropométricas: posición sedente y posición de pie (anexo 2.1).

En la Figura 2.4 se muestra la posición de pie con sus respectivas medidas antropométricas.

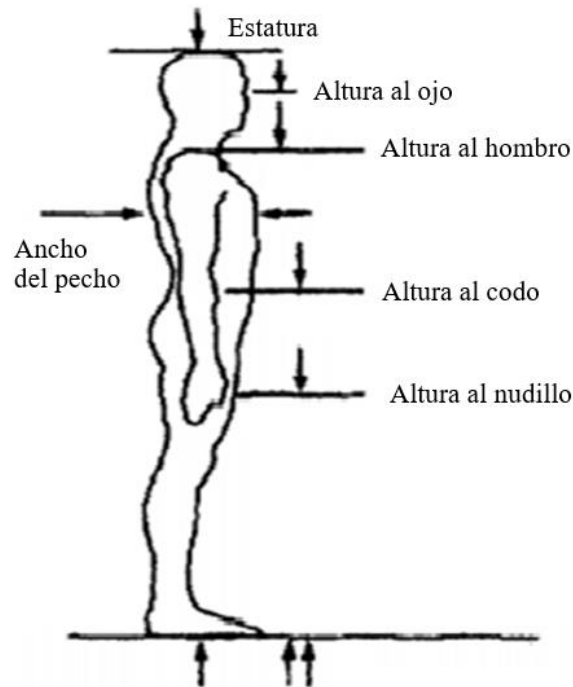


Figura 2.4. Medidas antropométricas posición de pie (Norhafizi M., 2007).

Cuando el puesto de trabajo es en posición de pie es importante tener en cuenta factores como: altura de codos del trabajador, tipo de trabajo que habrá de desarrollar, donde la altura de superficie de trabajo debe ser de 0 a 10 cm por debajo del codo. Cuando el puesto de trabajo es en posición sentado la altura del asiento de la silla debe ser regulable y los muslos en posición horizontal con respecto al cuerpo que formen un ángulo entre 90 y 110 grados. Todo esto contemplando los diversos percentiles que se pueden encontrar en un área de trabajo.

A continuación se muestra la Figura 2.5 con posición sedente.

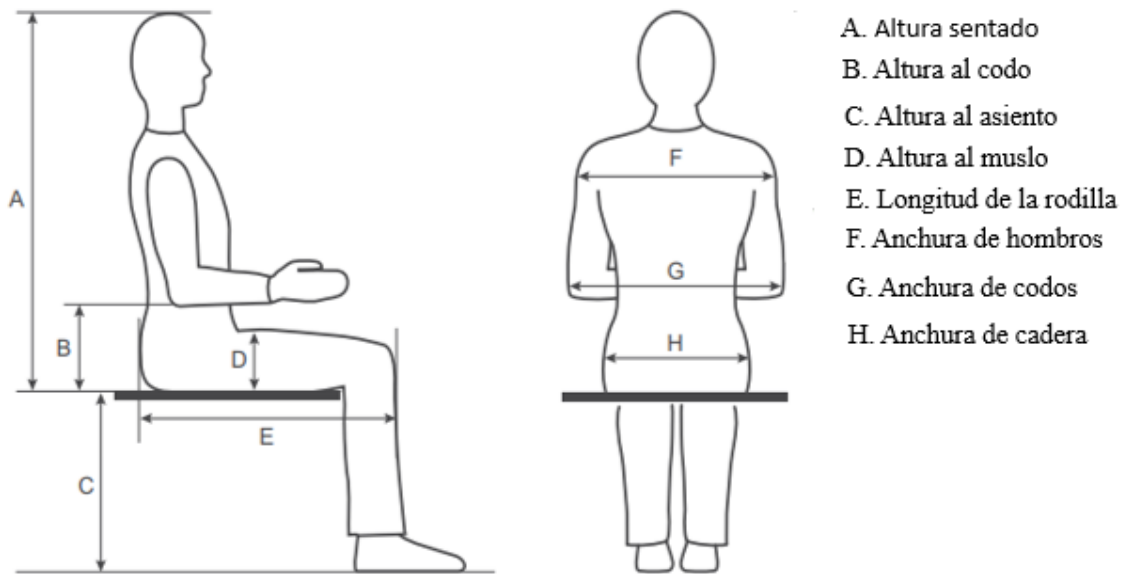


Figura 2.5. Dimensiones antropométricas posición sedente (Molenbroek J., 2017)

La falta de análisis de posturas (sedente y de pie) en los espacios de trabajo provoca las lesiones musculoesqueléticas, las cuales tienen una repercusión muy importante en el puesto de trabajo. La evaluación y medición de los factores de riesgo para éste tipo de lesiones es un paso importante para conseguir un puesto de trabajo de excelencia (García M. 2013).

Se pueden disminuir los riesgos como trastornos y lesiones si en los puestos y espacios de trabajo se toman en cuenta los diferentes percentiles que existen, para así adecuar al trabajador según su percentil al espacio de trabajo, tomando en cuenta si el puesto de trabajo es en posición de pie o sedente.

2.5. Dimensiones críticas antropométricas

Para la obtención de medidas críticas antropométricas nos dimos a la tarea de realizar una búsqueda en las bases de datos en diversos artículos científicos donde se mencionaban dimensiones antropométricas en un puesto de trabajo (caso de estudio); donde se encontró información relevante como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla comparativa 2.1. Comparación de dimensiones antropométricas críticas.

Dimensiones antropométricas	Autores				
	Mondelo P., 2006	Molenbroek J., Albin T., 2017.	Christine B., Timoteo A., 2010.	Mohammad N.,2007.	Spasojevic V., Et al. 2014.
Posición sedente					
Altura sentado (a la cabeza)		*	*	*	*
Altura poplítea	*	*	*	*	
Distancia sacro-poplítea	*				
Distancia sacro-rótula	*	*		*	
Altura del muslo desde el asiento	*	*		*	*
Altura del muslo desde el suelo	*			*	*
Altura del codo desde el asiento	*	*	*	*	
Altura de la mano			*		
Altura de hombros			*		
Alcance mínimo del brazo	*		*		
Alcance máximo del brazo	*		*		*
Tamaño de la mano			*		
Tamaño corporal			*		
Altura de los ojos desde el suelo	*	*		*	

Anchura de caderas sentado	*	*		*	*
Anchura de codo a codo	*	*		*	
Distancia respaldo-pecho	*				
Distancia respaldo-abdomen	*				
Longitud del zapato					*
Posición de pie					
Estatura	*	*		*	
Altura de codos	*	*		*	
Altura de ojos	*			*	
Anchura de hombro a hombro	*	*			*
Altura de hombros				*	
Altura del nudillo				*	
Profundidad/espesor del pecho				*	
Total de posiciones	17	11	9	15	7

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del maniquí digital es importante restringirnos a pocas dimensiones antropométricas, por lo que es necesario determinar las medidas críticas. El criterio de selección fue considerar una medida como crítica si en la tabla 1 se apreciaba que la media se mencionaba por tres o más autores. Adicionalmente, si alguna medida aparece referenciada por 1 o 2 autores, se hará una valoración y análisis para determinar si esta se considerara como crítica en el desarrollo del maniquí digital.

Por lo tanto las medidas críticas son las que se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Dimensiones críticas antropométricas.

Dimensiones críticas antropométricas	Medidas de percentiles (cm)		
	P5	P50	P95
Posición sedente			
1. (758) Altura sentado (a la cabeza)	78.5	85.5	93
2. (678) Altura poplítea	36.6	40.4	44.5
3. (856) Altura del muslo desde el asiento	12	15.3	18.2
4. (312) Altura del codo desde el asiento	19.5	24.6	29.8
5. (459) Anchura de caderas sentado	90	103.4	121
6. (194) Distancia sacro-rótula	56.5	61.6	68
7. (200) Distancia sacro-poplítea	42.4	48.6	55.3
8. (80) Alcance máximo del brazo	73.5	82.6	91.6
9. (330) Altura a los ojos desde el asiento	68.1	74.8	82
10. (798) Anchura de codo a codo	74.5	84.2	93.8
11. (381) Alcance mínimo del brazo	39	44.6	50.3
Posición de pie			
1. (805) Estatura	148.1	163.1	178.3
2. (309) Altura de codos	92.6	102.9	113.5
3. (122) Anchura de hombro a hombro	37.9	43.8	50
4. (328) Altura de ojos	137.5	151.9	166.9
5. (23) Altura de hombros	122.2	135.8	149.7

Los promedios en los percentiles (5, 50, 95) son datos obtenidos del Manual de Antropometría (C. A. Resgu).

2.6. Maniqués virtuales antropométricos

Actualmente se ha centrado en la mejora del diseño de patrones del cuerpo humano virtual mediante software ya que el objetivo es siempre el mismo, “el bienestar de los trabajadores y la satisfacción del cliente”, para este propósito la antropometría juega un papel muy importante en el sector industrial, diseño y ergonomía (Cichocka et al., 2014).

El factor clave para la absorción efectiva de resultados de los modelos virtuales es la implicación y compromiso del sector (empresas) en el desarrollo de herramientas y espacios apropiados en el área de trabajo (Ballester A., 2015).

El concepto de un maniquí virtual tiene muchas aplicaciones, como comercio virtual y diseño, dentro del enfoque del diseño se debe asegurar que los maniqués virtuales sean antropométricamente correctos (Paquet E., 2007). Para ésto se procede a investigar información detallada y relevante que se relaciona con los maniqués antropométricos (Paquet E., et al, 2005); en donde artículos científicos de diversos autores han experimentado físicamente las posturas (valoraciones ergonómicas) con trabajadores y también de manera virtual con maniqués a través de software en donde se observan resultados muy óptimos para la resolución del problema de ergonomía en el ambiente industrial (Xiu-J., 2012).

Trabajar mediante plataformas digitales (virtuales) resulta más económico y sencillo para las empresas sin embargo no sólo es utilizar los mismos software como una rutina ni las mismas técnicas si no investigar y crear nuevas opciones en distintas plataformas digitales en donde se puedan crear nuevas técnicas para el diseño o modelado de maniqués antropométricos (Bastos S., 2008); como “un nuevo método que utilizó la medicina china de acupuntura como teoría para la localización rápida de la posición del modelo corporal para medir circunferencias con más exactitud” (Lin S., 2011), el cuál es propuesto para la medición antropométrica bidimensional basada en imágenes, los datos de medición obtenidos se usan para ajustar y crear el maniquí.

Aunque los maniqués digitales tridimensionales humanos están en uso en todo el mundo en el diseño asistido por computadora (CAD) de estaciones de trabajo aun así no se encuentran disponibles en ciertos lugares como menciona el autor “Los maniqués antropométricos adecuados con dimensiones cercanas a la población de trabajadores piloto en India no están disponibles” (Pinto S., 2005).

Dentro del modelado virtual del cuerpo humano, se podrían delimitar dos direcciones principales; la primera se dedica a modelo personalizado, como un proceso de creación de un cuerpo virtual basado en una referencia genérica (Mitsunori T., 2015). Mientras que la segunda es usar modelos adaptados partiendo de medidas recolectadas en análisis antropométricos o tablas de datos (Cichocka et al., 2014).

El enfoque del modelo estándar de forma digitalizada del cuerpo humano abre oportunidades para mediciones más precisas y poder cuantificar la forma del cuerpo y con esto poder llegar a realizar una selección de operarios mediante análisis de posturas utilizando simulación computacional (Rodríguez R., 2013). Ahora bien el primer paso para llevar a cabo el procesamiento antropométrico de dicho modelo es analizar la forma del cuerpo y extraer los datos antropométricos (Lin S., 2011).

Existen diversos software para modelar el cuerpo humano de manera virtual, sus características definen cual software es más práctico de utilizar; El programa Biped permite formar un esqueleto en el cual se introducen sólo unas cuantas medidas del cuerpo (brazos, piernas, cadera y cuello) para personalizarlo, a través de este software se pueden modificar las posturas de éstas medidas antropométricas; la desventaja es que únicamente se puede apreciar visualmente la forma del esqueleto y no un cuerpo completo (Kasap M; Magnenat N., 2010).

Por otro lado existe el software llamado Make Human el cual tiene mayor variedad de opciones para personalizar el modelo, algunos son el peso, edad, género, etnicidad y aspecto muscular. Sin embargo tiene un cierto límite de modificaciones que pueden realizarse en el modelo virtual del cuerpo.

También existe el software llamado Blender el cual se presenta como la alternativa más efectiva para el análisis antropométrico virtual debido a que no hay un alto grado de

complejidad al usar las opciones en el software y se pueden modificar las acotaciones del modelo las veces que sea necesario esto se hizo realizando experimentación previa.

2.7 Parametrización de maniqués virtuales

Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.

Para el ámbito de las matemáticas, los parámetros consisten en variables que permiten reconocer, dentro de un conjunto de elementos, a cada unidad por medio de su correspondiente valor numérico.

Un parámetro estadístico es aquel formado por una función establecida sobre los valores numéricos de una comunidad. Se trata, por lo tanto, de una cifra representativa que permite modelizar un plano real.

La utilidad de los parámetros estadísticos se encuentra ante la dificultad para manipular un elevado número de datos individuales de una misma sociedad. Este tipo de parámetros permite obtener un panorama general de la población y llevar a cabo comparaciones y predicciones.

En la informática, más precisamente en programación, un parámetro representa un dato que se ofrece una función con un fin específico. En algunos lenguajes, es posible especificar que ciertos parámetros sean opcionales, y asignarles un valor por defecto en caso de que el programador escoja no pasarlos. En programación de gráficos, por ejemplo, suele ser común que las funciones o métodos que gestionan temas relacionados con el color, tengan un parámetro para la transparencia que no sea obligatorio especificar, ya que comúnmente las imágenes de una aplicación multimedial son opacas.

Esto repercute principalmente en la practicidad a la hora de programar, ya que existen funciones que esperan 10 parámetros, 6 de los cuales son optativos, y verse forzado a completar esos espacios con valores nulos o falsos cada vez que se desee prescindir de ellos representa una pérdida de tiempo.

La parametrización de una base de datos, por otra parte, es la organización y estandarización de la información que se ingresa en un sistema. De esta forma, es posible realizar distintos tipos de consulta y obtener resultados fiables.

El diseño parametrizable suele ser la mejor opción a la hora de desarrollar cualquier tipo de aplicación informática, base de datos, página web, etcétera, ya que consiste en una creación flexible, que puede modificarse sin necesidad de reescribirse. El grado de parametrización puede variar dependiendo de varios factores, siendo los más importantes las capacidades del entorno de desarrollo utilizado y la creatividad de los programadores.

En el primer caso entran limitaciones tales como tareas que un cierto lenguaje o motor no sea capaz de realizar en tiempo de ejecución o incluso de compilación. Un ejemplo es un kit de desarrollo de videojuegos que sea incapaz de cambiar la resolución una vez funcionando, forzando al desarrollador a especificar ese valor una sola vez antes de arrancar el programa.

Si un programador tiene una visión despegada de lo convencional, siempre que cuente con los conocimientos y los medios adecuados, puede dar con diseños extremadamente flexibles y adaptables. Por ejemplo, un ideal de programa parametrizable sería capaz de ajustar todos sus elementos a cualquier aspecto de pantalla, adaptarse a una cantidad de cuadros por segundo especificado sin alterar la velocidad de las animaciones, e incluso cargar dinámicamente código que sirva para alterar su funcionamiento una vez compilado (Pérez y Gardey, 2009).

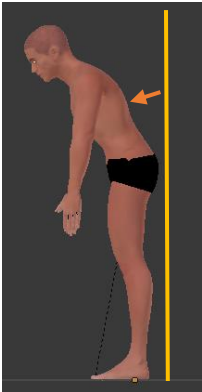
2.8 Justificación de criterios, posturas y rangos de ángulos

Se realizó una búsqueda de criterios sobre posturas así como rangos de los ángulos más apropiados, según investigaciones de diversos autores que han realizado notables aportes en el área de la ergonomía, como los siguientes: (Punnett L., 2008), (Lowe B., 2014), (Diego-Mas y José 2015), (Chung M, et al. 1999), (Albin TJ1 y McLoone), (Taboada, Shimajuko, Blanco, 2010), (Nowakowski, Ochsner, Majewski, 2010), (Castillo F., 2012) y (Villegas S. 2015). Lo anterior, permite la construcción de la Tabla 2.3 para el establecimiento de criterios óptimos así como posturas y rangos de ángulos. Dicha Tabla se encuentra en el Anexo 2.2.

Los criterios antes mencionados se resumieron formando tablas de categorías para ángulos, siendo la primera tabla sobre categorías de ángulos de inclinación en espalda como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Categorías de ángulos de inclinación de espalda.

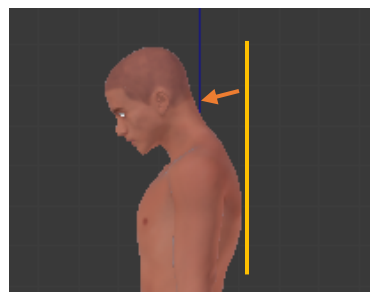
Categorías (Espalda)	
Neutral	0°
Leve	(-20 a 20°)
Moderada	20 a 30°
Media	30 a 45°
Severa	45 a 60°
Muy severa	60 a 80°
Grave	80 a 90°
Muy grave	>90°



Posteriormente se obtuvo la Tabla 2.5 mostrando ángulos de Flexión en el cuello:

Tabla 2.5. Categorías de ángulos de Flexión en cuello.

categorías (cuello)	
Neutral	0° a 19°
Media	20° a 33°
Severa	34° a 50°
Grave	50-60°
Muy Grave	>60°



Se generaron las Tablas 2.6 y 2.7 que muestran los ángulos de Flexión y extensión así como ángulos de abducción y aducción de hombros (brazos):

Tabla 2.6. Categorías de ángulos de Flexión y Extensión de hombros.

Categorías de Flexión y Extensión	
Neutral	(-20° a 20°)
Leve	20° a 30°
Moderada	30° a 45°
Media	45° a 60°
Severa	60° a 90°
Grave	90° a 120°
Muy Grave	120° a 180°

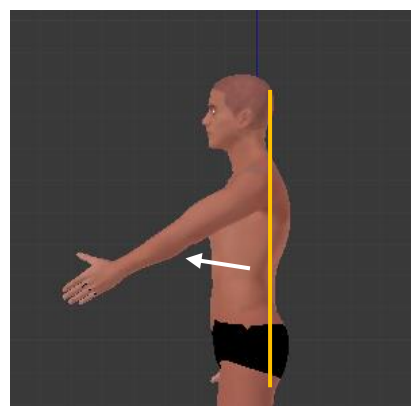
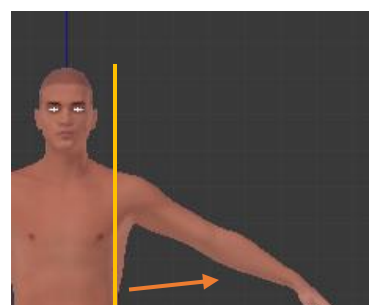


Tabla 2.7. Categorías de ángulos de Abducción y Aducción de hombros.

Categorías de Abducción y Aducción



Neutral	0° a 60°
Media	60° a 90°
Severa	90° a 120°
Grave	120° a 180°

Y por último se generaron las Tablas 2.8 y 2.9 que muestran los ángulos de Flexión y Extensión así como Pronación y Supinación de codos (antebrazos).

Tabla 2.8. Categorías de ángulos de Flexión y Extensión en codos.

Categorías de Flexión y Extensión (codos)	
Neutral	0 a 30°
Leve	30 a 60°
Moderado	60° a 90°
Media	90 a 120°

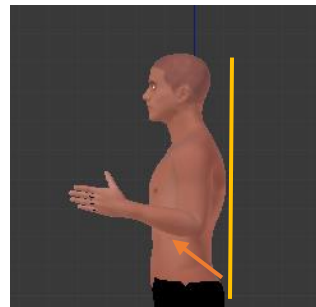
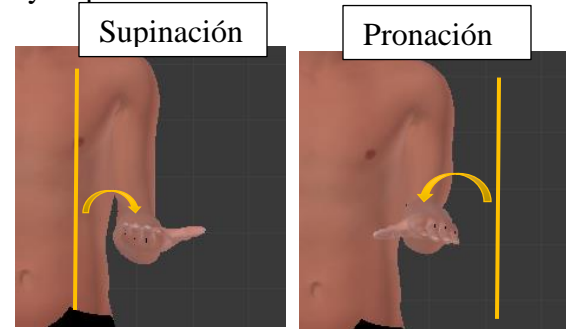


Tabla 2.9. Categorías de ángulos de Pronación y Supinación de codos.

Categorías de Pronación y supinación de codos		
	Pronación	Supinación
Neutral	0° a 50°	0° a 50°
Media	50° a 80°	50° a 60°
Severa	50° a 90°	50° a 80°



2.9 Errores posturales

2.9.1 Error de paralaje

Se denomina error de paralaje a la diferencia de posición de una línea, dependiendo del ángulo desde donde se le observa o traza (Pariante, 2014). En el diagrama de la Figura 2.6 se ilustra lo anterior.

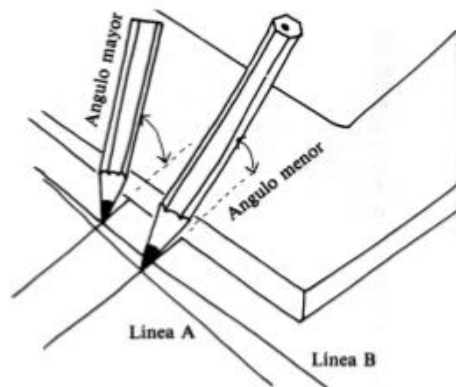


Figura 2.6. Error de paralaje.

En el diagrama, la línea A, dibujada con una inclinación del lápiz, ocupa una posición diferente a la B, dibujada con un ángulo mayor. Este principio se aplica en las técnicas de derivación para obtener un efecto que reduce la imagen a una línea de contornos, según explicaremos a continuación.

2.9.2 Error de perspectiva

Perspectiva: Manera de representar uno o varios objetos en una superficie plana, que da idea de la posición, volumen y situación que ocupan en el espacio con respecto al ojo del observador.

La perspectiva es considerada una de las cosas más difíciles en el arte (dibujo), los errores que usualmente cometemos son casi siempre los mismos, y pueden ser evitados con un poco de cuidado.

Existen múltiples programas y plataformas para elaborar modelos en 3 dimensiones, por ello el primer error que muchas veces se comete es en el diseño en 2 dimensiones. Por lo general se trabaja exportando un plano en 2D al programa en el que posteriormente se elaborará el modelo en 3D. El problema es que en la mayoría de las ocasiones no se depura el dibujo antes de exportarlo y al final lo terminamos llevando al otro programa con muchas líneas y textos que no necesitamos.

En ocasiones los programas en los cuales elaboramos modelos en 3 dimensiones incluyen una biblioteca de materiales. Los cuales podemos utilizar para dar mayor realismo al mismo. El error la mayoría de las veces es el de no escalar correctamente estos materiales ya que son elementos que tienen medidas predeterminadas y las cuales debemos escalar para aportar mayor realismo y que el modelo esté debidamente proporcionado (Pariante, 2014).

Otro aspecto importante es el renderizado el cual es un término usado en computación para referirse al proceso de generar una imagen foto realista desde un modelo 3D. Este término técnico es utilizado por los animadores o productores audiovisuales y en programas de diseño en 3D. En términos de visualizaciones en una computadora, más específicamente en 3D, la renderización o render es un proceso de cálculo complejo desarrollado por un equipo de cómputo destinado a generar una imagen 2D a partir de una escena 3D. Así podría decirse que en el proceso de renderización la computadora interpreta la escena en tres dimensiones y la plasma en una imagen bidimensional.

Un error muy frecuente tiene que ver con el renderizado. Siempre hay que elaborar un render de prueba, en el cual podamos observar si los materiales, la perspectiva y el

modelo aparecerán correctamente. Se debe configurar el renderizador en una calidad baja para elaborar un render de prueba y que no quite mucho tiempo.

Otro elemento importante del renderizado es el fondo y el cielo. Los programas como SketchUp y Revit ya traen por default un cielo. Pero que la mayoría de las ocasiones no aporta el realismo o la naturalidad suficiente dentro del render. El error en este caso resulta en colocar un fondo y un cielo en el render que tenga un diferente ángulo al cual elaboraste el render, esto puede causar confusión visual.

Capítulo III. Trabajo en Campo

3.1 Cálculo de ángulos en Blender

Para calcular el ángulo de inclinación de las distintas partes del cuerpo en los trabajadores, se debe realizar la proyección digital de los huesos de la parte del cuerpo con la cual se esté trabajando (medidas críticas) como se muestra en la Figura 3.1.

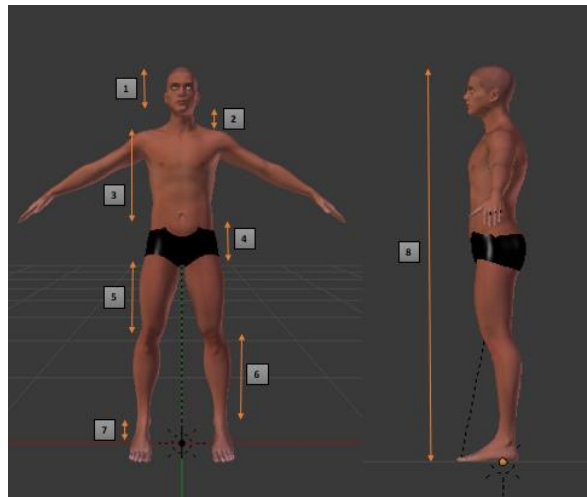


Figura 3.1. Medidas críticas en el software Blender. 1.- Altura de la cabeza, 2.- Altura del cuello, 3.- Altura del torso, 4.- Altura de glúteos, 5.- Longitud de la pata superior, 6.- Longitud de la pata inferior, 7.- Altura de los pies, 8.- Altura

Una vez realizada la proyección digital de los huesos se procede a calcular los ángulos de flexión e inclinación utilizando el siguiente Teorema:

Teorema 1. $\theta = \arccos [(A \cdot B) / (|A| |B|)]$

Donde: $A \cdot B$ es el producto escalar de los vectores y $|A|$ y $|B|$ Son los módulos de cada vector.

3.2 Trabajo en campo Hirsh Industries

3.2.1 Antecedentes Hirsh Industries

Hirsh Industries ha operado de manera continua desde 1924, cuando abrió sus puertas como la W.P. Johnson Company, la cual se especializaba en fabricación de metal. Eventualmente W.P. Johnson se enfocó en la fabricación de gabinetes metálicos, en 1989 la compañía cambió su nombre a Steel Works y continuó creciendo como líder en artículos de archivo, principalmente para uso doméstico, en 1999 la compañía tomó el nombre de Hirsh Industries una vez que sus líneas de productos se expandieron para incluir archiveros de tipo comercial y anaquel de uso industrial, así como una más grande selección de archiveros económicos para el hogar o pequeña oficina.

Hirsh Industries LLC, fabrica y provee productos de archivo y almacenamiento para uso personal y comercial. Hirsh ha mantenido una estrategia de crecimiento agresivo, a través de inversiones y de una expansión organizacional por medio de adquisiciones. El catalogo actual de categorías incluye archiveros comerciales verticales y horizontales, gabinetes para hogar o pequeña oficina, anaqueles metálicos, accesorios de archivo, muebles listos para armar de madera y otros artículos relacionados. Las oficinas corporativas se encuentran localizadas en Des Moines, Iowa en Estados Unidos, así como fábricas con la más avanzada tecnología en Dover, Delaware, en Estados Unidos y otra más en Mexicali, Baja California México.

Hirsh Industries, LLC es una compañía propiedad de Hirsh Industries, Inc. que también es dueño de Merchandising Equipment Group, LLC (MEG) una compañía encargada de la fabricación de góndolas y aparadores.

3.2.2 Encuesta Ergonómica aplicada

Es importante y necesario llevar a cabo evaluaciones ergonómicas de los puestos de trabajo para detectar factores de riesgo; ya que la existencia de estos factores pueden provocar trastornos en la salud de los trabajadores.

Es importante considerar no sólo factores como la seguridad, calidad y precio si no también un buen diseño que propicie la correcta adecuación dimensional de la estación con el trabajador evitando así problemas de fatiga excesiva.

El diseño de una estación de trabajo es un elemento de gran relevancia, ya que las condiciones físicas en que labora un trabajador, repercuten directamente en la eficiencia y desempeño en su tarea. Si maquinaria y equipo no tienen un adecuado diseño, provocarán fatiga excesiva en el operario, lo que finalmente se reflejará en costos adicionales para la empresa.

También es muy importante preguntar a los trabajadores sobre la fatiga, molestias y dolores que sienten al realizar sus actividades en el área dentro de la jornada laboral para tener un adecuado diseño en la estación de trabajo; posteriormente recoger sus opiniones para determinar cómo solucionar esos problemas ergonómicos; esto servirá como material de guía para las nuevas mejoras que se puedan emplear en un futuro.

Para conocer la situación ergonómica de los trabajadores en el área de soldadura se aplicó una encuesta ergonómica a cada uno de ellos obteniendo así su opinión con respecto a la fatiga, molestias y dolor que sentían durante la realización de sus actividades en la jornada laboral (Anexo 3.1).

Con los datos obtenidos de la encuesta aplicada se midió la variable “nivel de molestias y dolor” utilizando como instrumento de medición la escala de Likert, donde:

1. Nada incómodo
2. Poco incómodo
3. Medio incómodo
4. Muy incómodo

Los resultados obtenidos demuestran que los trabajadores del área de soldadura presentan mayormente molestias y dolores en las áreas de:

- ✓ Cuello/nuca
- ✓ Espalda alta-media;

También se encontró que presentan pequeñas molestias en:

- ✓ Hombro izq.
- ✓ Espalda lumbar
- ✓ Cadera/trasero
- ✓ Muslos
- ✓ Rodillas
- ✓ Piernas
- ✓ Brazo izq.

Al obtener las dimensiones antropométricas en donde los trabajadores sentían más molestias y/o dolor se procedió a realizar un Diseño de Experimentos Factorial con base en la siguiente problemática:

Definición de la problemática: Dentro del área de soldadura de la empresa Hirsh Industries en el área de soldadura en la estación #1 los trabajadores tienen la necesidad de inclinarse a un ángulo mayor a 90° lo cual implica motivo de cansancio así como molestias y en un tiempo prolongado puede provocar lesiones; por lo que nuestra variable de respuesta: Nivel de molestias con relación al tipo de percentil.

- Modelo estadístico:
- $Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + \epsilon_{ijk}$

- Hipótesis a probar:
- H_0 : No existe efecto debido al factor A (tipo de percentil).
- H_1 : Sí existe efecto debido al factor A
- H_0 : No existe efecto debido al factor B (dimensiones antropométricas).
- H_1 : Sí existe efecto debido al factor B
- H_0 : No existe efecto debido a la interacción entre factor A y B.
- H_1 : Sí existe efecto debido a la interacción entre factor A y B.

3.2.3 Análisis de Varianza (DOE)

El análisis de la varianza (o Anova: Analysis of variance) es un método para comparar dos o más medias, que es necesario porque cuando se quiere comparar más de dos medias es incorrecto utilizar repetidamente el contraste basado en la t de Student. por dos motivos:

En primer lugar, y como se realizarían simultánea e independientemente varios contrastes de hipótesis, la probabilidad de encontrar alguno significativo por azar aumentaría.

En cada contraste se rechaza la H_0 si la t supera el nivel crítico, para lo que, en la hipótesis nula, hay una probabilidad α .

Por otro lado, en cada comparación la hipótesis nula es que las dos muestras provienen de la misma población, por lo tanto, cuando se hayan realizado todas las comparaciones, la hipótesis nula es que todas las muestras provienen de la misma población y, sin embargo, para cada comparación, la estimación de la varianza necesaria para el contraste es distinta, pues se ha hecho en base a muestras distintas.

El método que resuelve ambos problemas es el ANOVA, aunque es algo más que esto: es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones; muy

ligado, por tanto, al diseño de experimentos y, de alguna manera, es la base del análisis multivariante (Abraira y Pérez de Vargas, 1996).

Toda ésta información se llevó a la práctica construyendo la Tabla 3.1 que se muestra en el anexo 3.2 con los datos de las encuestas ergonómicas aplicadas en Hirsh Industries.

Presentación de la Tabla 3.2 de resultados DOE.


Tabla 3.2. Nivel de molestias y dolor en trabajadores de Hirsh Industries


Dimensiones del cuerpo	Trabajador 1 Marco (1.69m P<50)	Trabajador 2 Salvador (1.70m P<50)	Trabajador 3 Rogelio (1.76m P>50)	Trabajador 4 José (1.85m P>50)	Suma	Escala de Likert
1-Cuello/nuca	18	2	8	6	34	3
2-Hombro der	2	2	4	2	10	1
3-Hombro izq	2	6	12	2	22	2
4-Espalda alta-media	12	6	6	4	28	3
5-Espalda lumbar	12	4	4	4	24	2
6-Cadera/trasero	2	2	8	2	14	2
7-Muslos	2	9	2	2	15	2
8-Rodillas	8	2	4	2	16	2
9-Piernas	2	4	8	2	16	2
10-Pies	2	6	2	2	12	1
11-Brazo der	2	2	2	2	8	1
12-Brazo izq	2	8	2	2	14	2


13-Ante Brazo der	2	2	2	2	8	1
14-Ante Brazo izq	2	2	2	2	8	1
15-Muñeca der	2	2	3	2	9	1
16-Muñeca izq	2	2	2	2	8	1


Fuente: Elaboración propia

Los valores mostrados en la Tabla 3.2 se obtuvieron mediante la multiplicación de tres factores (frecuencia de molestias y dolor, nivel de incomodidad de las mismas y nivel de afectación en las actividades) mencionados en la encuesta ergonómica; Teniendo el resultado del producto como máximo puntaje “48” a partir de esta cantidad se determinaron los siguientes rangos de medidas en la escala de Likert.

 01 a 12 = 1

 13 a 24 = 2

 25 a 36 = 3

 37 a 48 = 4

Por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística de que el tipo de percentil no influye en el nivel de molestias en las dimensiones antropométricas (anexo 3.2). Se acepta la hipótesis nula (H_0) donde:

Los factores A (Tipo de percentil) y B (Dimensiones antropométricas) no tienen un efecto significativo en la variable de respuesta.

3.2.4 Presentación de Estación de Trabajo

Estación #1: Soldadura de puntos en laterales

Se utilizó el software Blender para desarrollar maniqués antropométricos ingresando las medidas críticas (datos antropométricos) en el software y posteriormente desarrollando maniqués de percentil 5 y percentil 95 demostrando las posturas que adoptan los trabajadores en el área de trabajo (soldadura) en la situación actual y las posibles mejoras que se pueden implementar para minimizar las malas posturas; a continuación se muestra la figura 3.2.



Figura 3.2. Percentil 5, situación actual en el área de soldadura.

El trabajador muestra una postura no ergonómica debido a que está demasiado reclinado hacia enfrente con un ángulo de inclinación de la espalda lumbar de 57° el cual se encuentra dentro de una categoría severa, también se presenta el percentil 95 realizando la misma actividad en la figura 3.3.



Figura 3.3. Percentil 95, situación actual en el área de soldadura.

El trabajador con percentil 95 presenta una inclinación de espalda lumbar de 66° lo cual se encuentra dentro de una categoría muy severa, por lo que se propone lo siguiente:

En éste caso se contempla la herramienta utilizada para soldar los puntos en los laterales por lo que la altura de trabajo se propone tenga aproximadamente 25 cm extra sobre la altura que se tiene actualmente (25-27 cm), es decir, 50-52 cm de altura aproximadamente.

Logrando así que los trabajadores adopten una postura más ergonómica en el área de trabajo, tal como se muestra en la figura 3.4 para el percentil 5.



Figura 3.4. Implementación de mejora: Percentil 5, subir altura de mesa de trabajo.

Logrando disminuir de 57° a 23.2° reduciendo en un 59.3% el ángulo de inclinación de la espalda lumbar y reduciendo así también la categoría de severa a moderada.

Para el percentil 95 se muestra la figura 3.5.



Figura 3.5. Implementación de mejora: Percentil 95, subir altura de mesa de trabajo.

Logrando disminuir de 66° a 37.4° reduciendo en un 43.4% el ángulo de inclinación de la espalda lumbar y reduciendo así también la categoría de muy severa a media.

Estación #2: Soldadura de Tob

Se presentan molestias principalmente en hombros y brazos debido a la fuerza que emplean los trabajadores al jalar la herramienta de soldadura tob.

Se recomienda se haga un estudio donde se logre medir las libras-fuerza de tracción de la herramienta para determinar si es apropiado el esfuerzo que realizan los operarios para jalar la herramienta de soldadura y no les provoque futuros dolores y lesiones en las dimensiones antropométricas mencionadas anteriormente.

3.3 Trabajo en campo Kenworth

3.3.1 Antecedentes Kenworth

La historia de Kenworth en México se remite a 1952 con la creación de la empresa Talleres Mecánicos Industriales “El Águila”, dedicada a la fabricación de implementos agrícolas y la reparación de maquinaria pesada. El incremento de trabajo, las necesidades de transporte y la visión de Gustavo Vildósola Castro, redefinió la estrategia e inició la producción de remolques bajo la tecnología Utility Trailer Manufacturing.

El arduo trabajo y la oportunidad que representaba ampliar la oferta de productos, obligó el cambio de razón social y adoptó el de Kenworth Mexicana, S.A. de C.V. para poco a poco transformarse de fabricante de remolques a productora de tractocamiones e iniciar el ensamble de unidades convencionales: dos convencionales y dos con cabina sobre motor.

El nombre se compuso de las primeras letras de los apellidos de los accionistas de la compañía Gersix; H.E Kent y E.W. Worthington formando la palabra Kenworth. Con la consolidación en 1959 de Utility, Vildósola y Pacific Car and Foundry, propietaria de Kenworth Motor Truck Company, nace Kenworth Mexicana. En 1995, el fabricante de tractocamiones más importante del país dejó de pertenecer a la familia Vildósola y pasó a formar parte de Paccar Inc.

Se dice que Don Gustavo Vildósola, como se le conocía, se mantenía muy a la defensiva en las negociaciones con Sam Means III que era el encargado de Paccar para llevar a cabo la compra-venta, pero finalmente cedió.

Sam Means III asumió la dirección general de la nueva empresa, con su llegada iniciaron los cambios en la estructura empresarial en beneficio de la industria del autotransporte, trabajadores, distribuidores y transportistas en el país. Con una nueva cultura, sin dejar de lado los “cimientos colocados” por su antecesor. Durante la gestión de Sam, la empresa fue pieza clave para el desarrollo del transporte de carga en nuestro país, como precursor de iniciativas exitosas como Expo Transporte y el Programa de Modernización del Parque Vehicular en México.

En repetidas ocasiones, él reconoció como un sueño la instalación de una fábrica para producir vehículos comerciales en México, un mercado que en esa época iniciaba su industrialización.

Conforme la empresa crecía y para imprimir dinamismo al desarrollo de la división comercial se crearon los primeros concesionarios en el territorio nacional, en los Estados de Veracruz, Puebla, Guanajuato, Sonora, Jalisco, Chihuahua y Nuevo León.

Otra de las piezas claves en la consolidación de Kenworth tras la venta fue Marco Dávila. A la par, luego de colaborar en Paccar Inc desde 1984 con una carrera ascendente en varias áreas de la organización, Renato Villalpando asumió en enero de 2011 la dirección general en México. Él fue responsable de llevar a cabo el programa de expansión de la planta en Mexicali que actualmente produce 76 unidades diarias, y también de sacar adelante a la marca durante la de crisis de 2009.

La producción en la planta de ensamble en Mexicali, Baja California, inició con la fabricación del modelo T300 Clase 7, para los mercados nacional e internacional. Posteriormente se incluyeron los proyectos Aerocab, aplicado a los modelos convencionales: W900, T600 y T800 que consiste en la adaptación de cabinas y dormitorios aerodinámicos y más amplios.

En los últimos años el corporativo realizó inversiones en esta factoría del orden de 120 millones de dólares. La más reciente inyección de capital se destinó a la adquisición de robots de alta precisión para producir los modelos T680 y T880.

Kenworth Mexicana tiene más de 55 años de operar y alrededor del 60% las ventas totales las ha realizado en los últimos años en el país. Su producción en el país aumentó el 95% y se destina principalmente a 22 países, entre los que se encuentran Estados Unidos, Canadá, Perú, Francia, Tailandia, Gran Caimán, Emiratos Árabes, República Dominicana, Puerto Rico, Indonesia, Ecuador, Colombia, Guatemala, Guam, Etiopía, Ghana, Rusia, Alemania y Venezuela.

Ha producido tractocamiones y camiones pesados de las series: T300, T600, T800, W900 en sus diferentes modelos y versiones y el T2000 que ya dejó de producirse. El T800 y T600 para recorridos largos y diversas aplicaciones en carretera; el T300 para reparto urbano y recorridos medios y cortos por carretera; Aerocab T600 y T800; W90 tratocamión clásico con espacios más amplios, para recorridos largos; T2000 tenía con un concepto

tecnológico innovador y materiales compuestos y el T604 tractocamión para carga pesada con alto caballaje para recorridos largos.

El T2000 en su momento se consideró como el desarrollo más importante de Kenworth en los últimos años, en el se invirtió una cantidad de recursos humanos, materiales y económicos superiores a los 100 millones de dólares.

Por su diseño totalmente computarizado con este modelo convivían la modernidad, elegancia y funcionalidad para satisfacer las necesidades de transportistas exigentes, y asegurando la completa satisfacción en la compra. Llegó a México en 1998 pero no tuvo mucho éxito y a la fecha existen muy pocas unidades rodando en el país que se introdujeron en esos años.

Planta Mexicali

En 1970 se construyó la planta industrial en Mexicali, Baja California, que se convertiría en la más grande y moderna en su ramo en Latinoamérica que ha sido distinguida en cuatro ocasiones, de los últimos siete años, con la Copa Presidente a la calidad que otorga el corporativo entre las nueve plantas de manufactura en grupo.

Las obras de ampliación, terminadas en 2006, reportaron una inversión de 70 millones de dólares, con ella se generaron 600 nuevos empleos directos, que se sumaron los 1 mil 763 existentes.

En un espacio de 495 mil metros cuadrados se ubica la planta, de éstos 129 mil 500 se destinan al área de ensamble; 24 mil 800 a la fabricación; 17 mil 800 al área de plásticos donde se producen las unidades de las tres marcas. Kenworth, DAF y Peterbilt. En la actualidad cuenta con 54 estaciones y 540 procesos, los cuales hacen posible que cada 10 minutos salga de la línea de producción una unidad con clase mundial. Produce unidades para distintos niveles de emisiones EPA 98-04-13 y Euro III-IV-V-VI.

Durante los últimos diez años se han realizado inversiones en la planta en 120 millones de dólares para la adquisición de robots de alta precisión y modificaciones en la planta para producir sus nuevos modelos T680 y T880.

El compromiso ambiental de Kenworth lo ha llevado a obtener diversas certificaciones como la ISO 1400:2004, ISO 9001:2008 en plásticos, fábrica y Kenmex, así como de cero residuos a confinamiento, Industria Limpia, Safety Improvement Award y otros reconocimientos de alto desempeño ambiental.

3.3.2 Encuesta Ergonómica aplicada

Los trabajadores del área revisan el ajuste y alineación del chasis del camión Kenworth; esta área tiene una fosa que mide 1.55 m de profundidad lugar en donde se ubican de pie los trabajadores para revisar la parte de abajo (chasis) del camión. Debido a esta situación los operarios presentan cansancio, molestias y dolores por lo que se procedió a realizar un estudio aplicando una encuesta ergonómica y utilizando la escala de Likert como instrumento de medición del nivel de molestias y dolor que presentan los trabajadores donde:

1. Nada incómodo
2. Poco incómodo
3. Medio incómodo
4. Muy incómodo

Los resultados obtenidos de la encuesta ergonómica demuestran que los trabajadores del área de alineación presentan mayormente molestias y dolores en las áreas de:

- ✓ Piernas
- ✓ Pies
- ✓ Rodillas
- ✓ Brazo derecho
- ✓ Hombro derecho

También se encontró que presentan pequeñas molestias en:

- ✓ Hombro izq.
- ✓ Espalda alta-media
- ✓ Brazo izquierdo
- ✓ Antebrazo derecho
- ✓ Muñeca derecha
- ✓ Muñeca izquierda

Al obtener las dimensiones antropométricas en donde los trabajadores sentían más molestias y/o dolor se procedió a realizar un Diseño de Experimentos Factorial con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Hipótesis a probar:

Ho: No existe efecto debido al factor A (tipo de percentil).

H1: Sí existe efecto debido al factor A

Ho: No existe efecto debido al factor B (dimensiones antropométricas).

H1: Sí existe efecto debido al factor B

Ho: No existe efecto debido a la interacción entre factor A y B.

H1: Sí existe efecto debido a la interacción entre factor A y B.

Posteriormente se construyó una Tabla ANOVA con los datos de las encuestas ergonómicas aplicadas en Kenworth, la Tabla 3.3 se muestra en el Anexo 3.3.

3.3.3 Análisis de Varianza (DOE)

Presentación de la Tabla 3.4 de datos DOE.

Tabla 3.4. Nivel de molestias y dolor en trabajadores de Kenworth.

	José Sagún (1.65m, 1 año)	Iván Lara (1.71m, 6 meses)	Roberto Santillán (1.67m, 8 meses)	Jesús Ortiz (1.74m, 6 meses)	Adrián Castillo (1.73m, 7 meses)	Suma	Escala de Likert
1-Cuello/nuca	4	1	4	1	1	11	1
2-Hombro der	24	4	6	1	1	36	
3-Hombro izq	1	4	6	6	1	18	2
4-Espalda alta-media	12	1	1	1	1	16	2
5-Espalda lumbar	1	1	1	1	1	5	1
6-Cadera/trasero	1	1	1	1	1	5	1
7-Muslos	6	1	1	1	1	10	1
8-Rodillas	24	1	1	1	1	28	

9-Piernas	24	4	4	1	4	37	
10-Pies	24	4	1	6	4	39	
11-Brazo der	24	1	4	6	1	36	
12-Brazo izq	1	1	4	6	1	13	2
13-Antebrazo der	12	1	1	1	1	16	2
14-Antebrazo izq	1	1	1	1	1	5	1
15-Muñeca der	1	1	1	6	4	13	2
16-Muñeca izq	1	1	1	6	4	13	2

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística de que el tipo de percentil influye en el nivel de molestias en las dimensiones antropométricas (anexo 3.3).

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) donde:

El factor A (tipo de percentil) tiene un efecto significativo en la variable de respuesta, es decir, que en este caso el percentil <50 presenta mayormente cansancio y molestias durante su jornada laboral en comparación con los trabajadores del percentil >50.

3.3.4 Presentación de Estación de Trabajo

Kenworth: Área de alineación

Dentro del área los trabajadores tenían una postura no ergonómica cuando realizaban las actividades en el trabajo, tal como se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6. Percentil 5, situación actual.

Presentando flexión en cuello de 26.62° y un ángulo de flexión de brazos de 95.72° y en antebrazos 66.27° colocándolo en una categoría de media a severa.

Se muestra al trabajador con percentil 95 en la figura 3.7.



Figura 3.7. Percentil 95, situación actual.

Presentando flexión en cuello de 23.59° y un ángulo de flexión en brazos de 72.79° y en antebrazos 86.36° colocándolo en una categoría de media a severa.

Por estas razones se propone implementar la siguiente mejora:

Colocar un banco de trabajo de aproximadamente 26 cm para elevar la altura y que los trabajadores puedan manipular mejor el chasis del tracto camión y realizar apropiadamente la alineación en éste.

Obteniendo así las siguientes posturas como se muestra en la figura 3.8 para el percentil 5.



Figura 3.8. Percentil 5, mejora implementada.

Logrando minimizar de 26.62° a 6.82° reduciendo 74.3% el ángulo de flexión del cuello. Los brazos presentaban 95.72° reduciendo el ángulo a 66.56° con un 30.5% y los antebrazos de 66.27° a 87.19° , reduciendo así la categoría de grave y media a media y neutral.

Para el percentil 95 se muestra la figura 3.9.



Figura 3.9. Percentil 95, mejora implementada.


Logrando minimizar de 23.59° a 14.24° reduciendo 39.7% el ángulo de flexión del cuello. Los brazos presentaban 72.79° reduciendo el ángulo a 51.42° con un 29.4% y los antebrazos de 86.36° a 96.24° , reduciendo así la categoría de severa y media a media y neutral.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1 Metodología

Se realizó una investigación sobre las posturas y dimensiones críticas del cuerpo humano de forma sedente y de pie, para tener un adecuado nivel de comprensión del área de trabajo donde se simule el entorno virtual.

Se hicieron búsquedas de información relevante sobre ergonomía y antropometría, así como también información sobre medidas críticas antropométricas.

 Se buscó información general sobre ergonomía y antropometría.

- Se realizó una búsqueda de medidas antropométricas en diversos artículos científicos.
- Se hizo una investigación de medidas críticas antropométricas propuestas por diversos autores en casos de estudio.

Concluyendo como dimensiones críticas antropométricas para nuestro estudio las que se muestran a continuación:

Dimensiones críticas antropométricas para posición sedente

- (758) Altura sentado (a la cabeza)
- (678) Altura poplítea
- (856) Altura del muslo desde el asiento
- (312) Altura del codo desde el asiento
- (459) Anchura de caderas sentado
- (194) Distancia sacro-rótula
- (200) Distancia sacro-poplítea
- (80) Alcance máximo del brazo
- (330) Altura a los ojos desde el asiento
- (798) Anchura de codo a codo
- (381) Alcance mínimo del brazo

Dimensiones críticas para posición de pie

- (805) Estatura
- (309) Altura de codos
- (122) Anchura de hombro a hombro
- (328) Altura de ojos
- (23) Altura de hombros

Posteriormente se diseñó una encuesta ergonómica tomando en cuenta algunas de las dimensiones críticas anteriormente mencionadas ya que estas dimensiones varían un poco dependiendo las actividades que se realizan según la actividad de cada persona; en este caso está enfocado a las actividades realizadas en dos empresas en la ciudad de Mexicali una dedicada a ensamblar camiones y tracto-camiones y la segunda es de giro metalmecánica.

Se determinó el nivel de fatiga, molestias y dolor en el cuerpo de los trabajadores tomando como referencia la Figura 4.1.

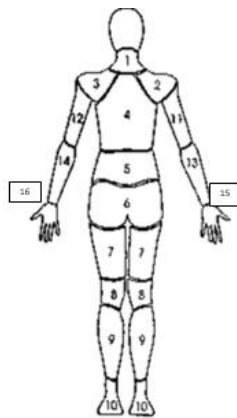


Figura 4.1. Dimensiones antropométricas

1-Cuello/nuca, 2-hombro derecho, 3-hombro izquierdo, 4-espalda alta-media, 5-espalda lumbar, 6-cadera, 7-muslos, 8-rodillas, 9-piernas, 10-pies, 11-brazo derecho, 12-brazo izquierdo, 13-antebrazo derecho, 14-antebrazo izquierdo, 15-muñeca derecha, 16-muñeca izquierda.

Para completar la encuesta ergonómica, se hicieron algunas preguntas para resaltar el nivel y la frecuencia de fatiga que presentan los trabajadores en cada una de las dimensiones del cuerpo.

Las preguntas se basaron en lo siguiente:

- Fatiga
- Molestias
- Dolor

Para la obtención de los resultados con datos que mostraron se tomaron en cuenta riesgos ergonómicos entre los cuales se destacaron los siguientes:

- 🌿 Lesiones musculo-esqueléticas en hombros, cuello, manos y muñecas
- 🌿 Problemas en espalda que pueden llegar a ser severos y crónicos
- 🌿 Dolor en cuello y espalda
- 🌿 Fatiga o dolor en hombros y piernas

Para determinar el nivel de fatiga en la encuesta que se aplicó a los trabajadores se utilizó la escala de Likert la cual fue usada como un instrumento de medición como se muestra en la tabla 10 donde se puede hacer referencia que va desde lo menos incómodo hasta lo más incómodo mediante colores donde:

- 🌿 1 (Verde) es cómodo
- 🌿 2 (Naranja) causa fatiga e incomodidad
- 🌿 3 (Rojo) causa dolor –riesgos musculo esqueléticos-
- 🌿 4 (Rojo) causa riesgos ergonómicos –lesiones en espalda-

Tabla 4.1. Calificaciones de fatiga.

para identificar el nivel de

Escala de Likert
1 Nada incómodo
2 Poco incómodo
3 Medio incómodo
4 Muy incómodo

Después se realizó trabajo en campo en ambas empresas donde se estudió un área de trabajo (soldadura de tob y área de alineación) para saber si las posturas que se tiene actualmente son ergonómicas o no y cómo podrían mejorarse, para esto se usó el software Blender para desarrollar maniqués virtuales como los que se muestran en la Figura 4.2.

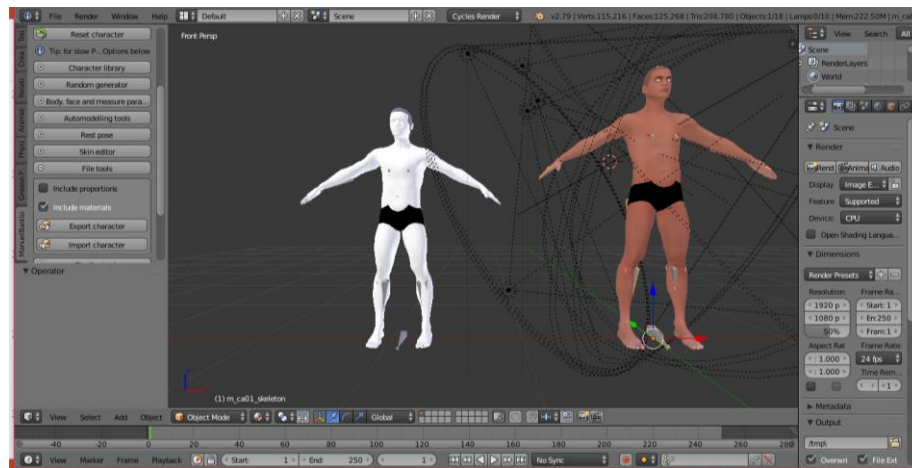


Figura 4.2. Maniqués antropométricos P5 y P95 en software Blender.

Adicionalmente se obtuvieron los resultados de trabajo en campo previamente realizado en Hirsh Industries en el área de soldadura de tob concluyendo que los trabajadores presentaban posiciones inadecuadas o no ergonómicas en la espalda y cuello principalmente lo que nos llevó a tomar medidas correctivas proponiendo mejoras en el área como la elevación de mesa de trabajo en el área; a continuación se muestra la disminución del ángulo de flexión o inclinación de espalda y cuello en la Figura 4.3.

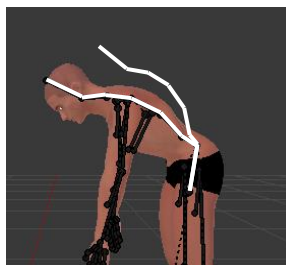


Figura 4.3. Disminución de ángulo de inclinación en espalda y cuello.

Por otro lado también se desarrollaron los maniqués antropométricos de los trabajadores de Kenworth para el área de alineación y de igual manera presentaron posiciones no ergonómicas en cuello y brazos por lo que se propusieron medidas correctivas para mejorar el área de trabajo como la colocación de un banco de 26 cm aproximadamente obteniendo reducción de ángulos de flexión en cuello y brazos como se muestra en la Figura 4.4.

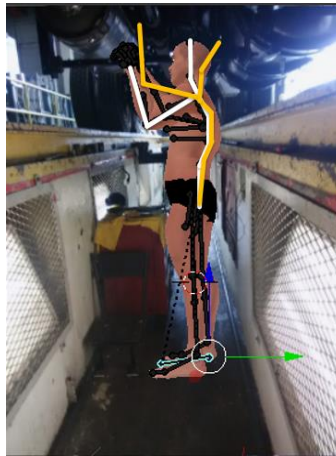


Figura 4.4. Disminución de ángulo de flexión en cuello y brazos.

Finalmente se llegó a la conclusión de que las encuestas ergonómicas aplicadas muestran información muy relevante sobre problemas ergonómicos ya existentes en los trabajadores lo cual convierte a éste método como un método reactivo mientras que la utilización de entornos virtuales como el software Blender se vuelve un método proactivo lo que lo convierte en un método más práctico y de mayor utilidad.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir el trabajo de tesis, éste capítulo se dedicará a mostrar las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del trabajo en éste proyecto. Lo anterior será con el fin de que se pueda dar continuidad al proyecto, así como mostrar los beneficios obtenidos.

5.1 Conclusiones

Este trabajo pretende poner en perspectiva esta situación que muestra una variación entre los percentiles de las dimensiones antropométricas, muchos estudios de trabajo podrían juzgar mal si no consideran la variación entre las mediciones antropométricas de los trabajadores, creando así un espacio de trabajo incómodo y no ergonómico.

Mediante el uso del software Blender, se propone analizar las posturas y posiciones de los trabajadores en el espacio de trabajo. Esto podría permitirnos evaluar los ángulos de inclinación de la espalda, el cuello y los brazos para determinar las posiciones inadecuadas (no ergonómicas) en los entornos de trabajo, corregir las posiciones no ergonómicas de los trabajadores y cambiar el entorno de trabajo.

Sin embargo, el análisis digital de las posturas de trabajo puede ser una herramienta de detección temprana de riesgos musculoesqueléticos, es decir, es una herramienta proactiva, mientras que la encuesta ergonómica es una herramienta reactiva ya que muestra los riesgos existentes una vez que los trabajadores ya los presentan; por lo que el método de análisis digital de las posturas de trabajo puede ser la mejor opción en este estudio.

Una vez definidas las dimensiones críticas antropométricas se obtuvo la información adecuada sobre los espacios de trabajo en las empresas Hirsh Industries y Kenworth (trabajo de campo) y se trabajó con entornos virtuales a través del software Blender, se pudo demostrar visualmente una propuesta de mejora en dichos ambientes laborales, mediante el uso del software se concluye que se logró realizar la mejora en posturas que sean ergonómicas cambiando así las posturas no ergonómicas en los trabajadores.

5.2 Recomendaciones

Dentro de un proyecto tan importante como éste, se desea que se le dé seguimiento (mejora continua) al mismo; por lo tanto se recomienda para futuros trabajos en el proyecto

que se continúe trabajando en los errores de perspectiva y de paralaje para minimizarlos o eliminarlos dentro de la medición de los maniqués antropométricos.

Otra recomendación sería mejorar el renderizado en el software Blender para desarrollar maniqués antropométricos con mejor calidad. También se podría trabajar en la exportación e importación de maniqués del software Blender a otro software como por ejemplo Make Human o Solidworks. Por último sería recomendable continuar trabajando en la opción de movimiento (animación) del maniquí antropométrico.

Referencias Bibliográficas

Abraira V., Pérez A. de Vargas. (1996). Métodos Multivariantes en Bioestadística. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. http://www.hrc.es/bioest/Anova_1.html.

Ares Cuétara Dulce M. (2006, septiembre 4). Ergonomía y problemas ergonómicos en el trabajo de oficina. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/ergonomia-problemas-ergonomicos-trabajo-oficina/>

Ávila, R., Prado, L., & González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. ISBN 978-970-27-1193-3

Baba Md Deros. (2011). An Ergonomics Study on Assembly Line Workstation Design. Faculty of Mechanical Engineering, University Malaysia Pahang.

Ballester, A., Valero, M., Nacher, B., Piérola, A., Piqueras, P., Sancho, M., Gargallo, G., González, J., & Alemany, S. (2015). 3D Body Databases of the Spanish Population and its Application to the Apparel Industry. 6th International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, 27-28 October 2015. DOI: 10.15221/15.232

Bastos S. (2008). Validez de la utilización del programa photoshop 8 en la obtención de medidas antropométricas. rio de janeiro.

Böcker M., Blohm W., Mühlbach L. (2006). Anthropometric data on horizontal head movements invideocommunications. Berlín.

Bracamonte F.(2012). “¿Que es la ergonomía?”, en <http://conociendolaergonomia.blogspot.mx/2012/10/concepto-objetivos-tipos.html>, con acceso en 5/Diciembre/2017.

Burguess-Limerick R., (2017). Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons. The University of Queensland, 4072, Australia.

Carmenate L., Moncada F.A., Borjas E.W.; (2014). Manual de medidas antropométricas. Costa Rica: SALTRA / IRET-UNA, 2014.

Carrasco, J. (2006). Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador - CAD/CAM. *Prospectiva*, 4 (1), 75-81. ISSN: 1692-8261

Chavarría R. (1998). NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas.

Chih-Hsing C. (2017). 3D parametric human face modeling for personalized product design: Eyeglasses frame design case. Taiwan.

Christine B. Timoteo-Afinidad. (2010). Workstation and workspace ergonomics in philippine libraries: an emerging priority.

- Cichočka, A., Bruniaux, P., & Frydrych, I. (2014), "3D Garment Modelling - Creation of a Virtual Mannequin of the Human Body", *fibres& textiles in Eastern Europe*. 22, 6(108): 123-131
- Constantinescu C., Popescub D., Muresan P., Stana S. (2015). Exoskeleton-centered process optimization in advanced factory environments. Cluj-Napoca 400114,Romania.
- García M., Sánchez-Lite A; (2013). Análisis de métodos de valoración postural en las herramientas de simulación virtual para la ingeniería de fabricación. Medellín, octubre, 2013.
- Gutiérrez H., De la vara R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. McGraw Hill/interamericana.
- Ismail W., Darshak A. Desai. (2017). Anthropometric measurements for ergonomic design of students furniture in India. Tanzania.
- Jay C., Andris F., Liza S. (2016). Utilizing anthropometric data to improve the usability of desk bikes, and influence of desk bikes on reading and typing performance he Pennsylvania State.
- Molenbroek J., Albin T., Vink P. (2017). Thirty years of anthropometric changes relevant to the width and depth of transportation seating spaces, present and future. Minneapolis.
- Kasap M., Magnenat-Thalmann N. (2010). Customizing & Populating Animated Digital Mannequins for Real-time Application International Conference on Cyberworlds.
- Kleinsorge, M., Krüger J. (2014). ErgoAssist: An assistance system to maintain ergonomic guidelines at workplaces. Technische Universität Berlin.
- Lin S., Chien S. (2011). Create a Virtual Mannequin Through the 2-D Imagebased Anthropometric Measurement and Radius Distance Free Form Deformation. National Chiao Tung University Hsinchu, Taiwan(ROC).
- Maradei, M., Espinel F., & Peña A. (2008). Estudio de valores antropométricos para la región nororiental colombiana. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. doi: 10.13140/RG.2.1.4816.0080
- Márquez, M. (2012). Los sistemas de producción y la ergonomía: reflexiones para el debate. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, III. Universidad de Carabobo Venezuela. (9), 49-60. ISSN: 1856-8327
- Martínez R., Aguilera A., Serratos Pérez, Nieves J., Negrete García, M. Carmen; (2002). Base de Datos antropométricos y maniquí parametrizado. *Herramientas para diseño con criterios ergonómicos. Acta Universitaria*, 12 (2), 40-47.

Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. ISSN: 1607-4041

Mitsunori T., Masaaki M. (2015). Estimation of Arbitrary Human Models from Anthropometric Dimensions.

Mohammad, N., Bin Mohamed, Y. (2007). Designing workspace for better performance, safety and health in manufacturing industry, an ergonomics case study. Retrieved June 11th, 2019, from: http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/2282/1/MOHAMMAD_NORHAFIZI_BIN_MOHAMED_YUSOF.PDF

Mondelo P. et al. (1999). *Ergonomía 3. Diseños de puesto de trabajo*. Barcelona.

Ntai A. (2017). Anthropometric parameters and leg power performance in fencing. Age, sex and discipline related differences. University of Athens.

Olabarria, I. (2014). Sistema de comercio electrónico para el sector textil: generar maniqués 3D a partir de imágenes del sensor Kinect. Universidad del país Vasco. Retrieved June 14th, 2019, from: <https://addi.ehu.es/handle/10810/13180>

Olivares, U., Ferreira, H., Vega, C., Cendejas, J., & Rosano, G. (2014). Diseño de clústeres computarizados con algoritmos de renderizado para la construcción de modelos tridimensionales a través del uso de herramientas open source. *Multiciencias*, 14 (1), 88-96.

Paquet E., Herna V. (2005). Anthropometric Calibration of Virtual Mannequins through Cluster Analysis and Content-based Retrieval of 3-D Body Scans. M50 Montreal Road, Ottawa, K1A 0R6, Canada.

Paquet E., Herna V. (2007). Adjustment of Virtual Mannequins Through Anthropometric Measurements, Cluster Analysis, and Content-Based Retrieval of 3-D Body Scans. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, vol. 56, no. 5, october 2007.

Pariente J. (2014). “Derivaciones a línea (Error de paralaje)” en http://academia.uat.edu.mx/pariente/Articulos/Fotografia/Derivaciones%20a%20linea_parte%20uno.pdf

Pérez J., Gardey A. (2012). “Definición de parámetro”, en <https://definicion.de/parametro/>, con acceso en 22/Julio/2019.

Pinto S., Taneja Wg. (2005). Use of digital anthropometric mannequins for human engineering evaluation of workstations in aviation. *Ind J Aerospace Med*.

Rodríguez R. (2013). Selección de operarios mediante análisis de posturas utilizando simulación computacional. *Memorias del XIX congreso internacional anual de la somim*.

Rojas, J., Almagia, A., & Ilardi, J. (2013). Estudio Antropométrico en Párvulos Atendidos por el Sistema Educativo Público Chileno para el Diseño de Mobiliario. Santiago, Chile. 31(1):189-196, 2013

Roldán D., Ángel B. (2012). Application of Experimental Design to an ergonomic evaluation in student environment. Universidad Pontificia Bolivariana.

Solano J., (2014). Ergonomía y productividad. Industrial data. 2 (1), 48-50.

Taliga M; Steiner H. (2012). Establishment of the database storing and evaluating anthropometric data. Kosice, slovakia.

Thomas J. (2017). Design with limited anthropometric data: A method of interpreting sums of percentiles in anthropometric design. USA.

Vergara Y Mondragón (2005-2006).

V.K. Spasojevic Brkica,, M.M. Klarin b, A.Dj. Brkic. 2014. Ergonomic design of crane cabin interior: The path to improved safety.

W.C.V. Liu et al. (2008). Anthropometry of female maquiladora workers. University of California.

Xiu-Jin S; Zhi-Jun W;Jia-Jin L. (2012). One New Method to Generate 3-Dimensional Virtual Mannequin. Shanghai, P.R. China.

Zhaoxin Li, Wenyan Jia, Zhi-Hong Mao, Jie Li, Hsin-Chen Chen, Wangmeng Zuo, Kuanquan Wang, and Mingui Sun; (2013). Anthropometric Body Measurements Based on Multi-View Stereo Image Reconstruction. Harbin Institute of Technology, Harbin, China.

Anexos

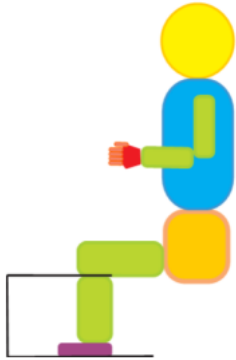
Anexo 2.1 Dimensiones antropométricas

Posición sedente

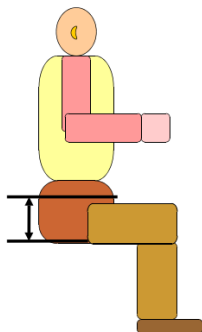
(758) Altura sentado (a la cabeza)



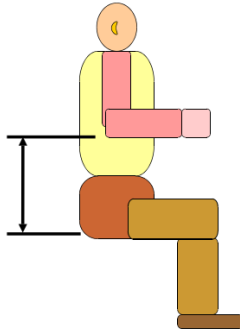
(678) Altura poplíteica



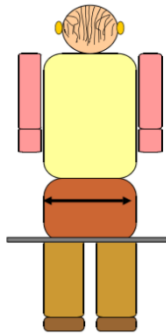
(856) Altura del muslo desde el asiento



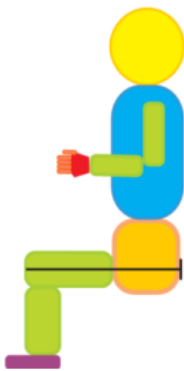
(312) Altura del codo desde el asiento



(459) Anchura de caderas sentado



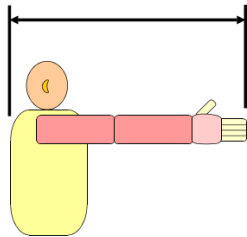
(194) Distancia sacro-rótula



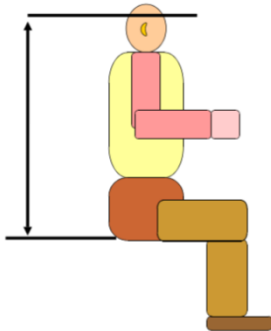
(200) Distancia sacro-poplítea



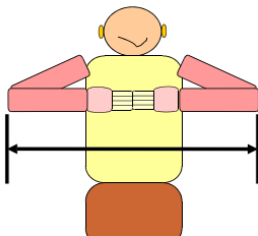
(80) Alcance máximo del brazo



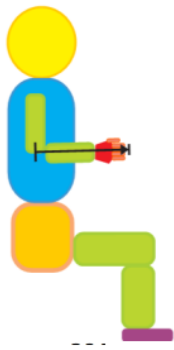
(330) Altura a los ojos desde el asiento



(798) Anchura de codo a codo

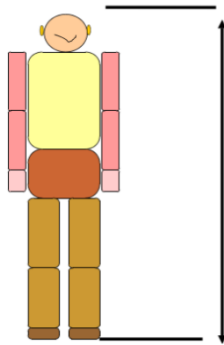


(381) Alcance mínimo del brazo

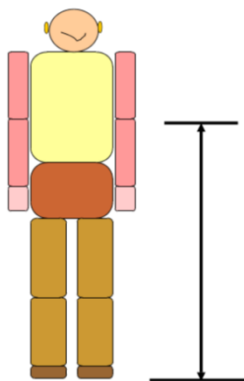


Posición de pie

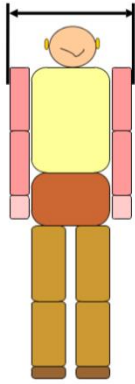
(805) Estatura



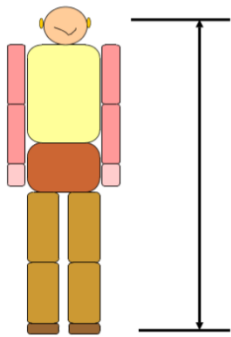
(309) Altura de codos



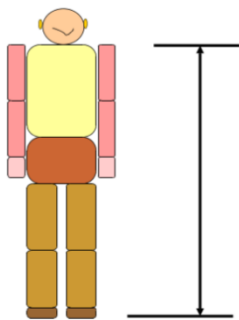
(122) Anchura de hombro a hombro



(328) Altura de ojos



(23) Altura de hombros



Anexo 2.2

Tabla 2.3. Comparación de rangos de ángulos por diversos autores.

Tabla comparativa								
Parte del cuerpo	Espalda	Cuello	Brazos					Piernas
			antebrazo		Hombros		Muñecas	
			Flexión y extensión	Pronación y supinación	Flexión y extensión	Abducción y aducción		
Punnett L., Buchholz B., Woskie S. 2008	Neutral (-20° a 20°)			Ambos codos hacia abajo (-20° a 90°)				Neutral: Parte superior de la pierna vertical (90° a 110°) y Parte inferior de la pierna vertical (90° a 75°)
	Flexión media (20° a 45°)			Un codo hacia arriba (90° a 180°)				
	Flexión severa (45° a 80°)			Dos codos hacia arriba (90° a 180°)				

								pierna vertical (171° a 180°) y Parte inferior de la pierna vertical (45° a 15°)
	Flexión lateral (20° a 35°)							
	Torcido (20° a 45°)							
Lowe B. 2014	(0° a 30°)		(0° a 30°)		(0° a 30°)			
	(30° a 60°)		(30° a 60°)		(30° a 60°)			
	(60° a 90°)		(60° a 90°)		(60° a 90°)			
			(90° a 120°)		(90° a 120°)			
					(> 120°)			
Diego-Mas, Jose Antonio. 2015.	(0°)	(>60°)	(60° a 100°)		(-20° a 20°)		(-15° a 15°)	(-60° a 30°)
	(-20° a 20°)	(0° a 20°)	(<60° a >100°)		(>-20°) y (20° a 45°)		(<-15° a >15°)	(>60°)
	(<-20°) y (20° a 60°)	(<0° a >20°)			(45° a 90°)			
					(>90°)			
Chung M et al. 1999	(0°, 20°, 40°)							
	(0°, 30°, 60°)							

Albin TJ1, McLoone HE2.		0°						
		34°						
		60°						
Taboada, Shimajuko, Blanco, 2010	Rango normal de movimiento (flexión de la cintura hacia adelante) 75°		Extensión 0°	Supinación 0° a 90°	Flexión 180°	Rotación externa e interna 90°	Inclinación radial 20°	
	Extensión hacia atrás de la cintura 30°		Flexión 145°	Pronación 0° a 90°	Extensión 45°	Abducción y adducción 180°	Inclinación cubital 45°	
	Flexión de cintura hacia los lados 35°						Flexión dorsal 70°	
							Flexión palmar 80°	
Nowakowski, Ochsner and Majewski. 2010		<30°						
		30*50°						
		>50°						
Castillo F., 2012						(0° a 60°)		
						(60° a 120°)		
						(120° a 180°)		

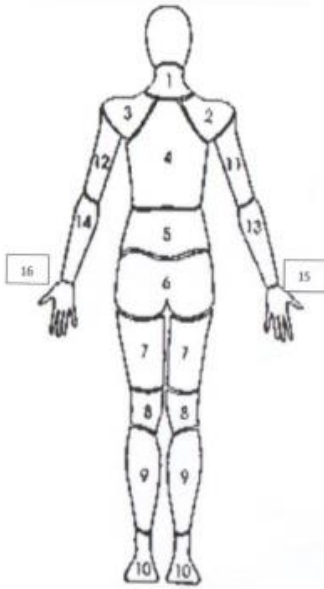
Villegas S., 2015				Pronación 0° a 80°			
				0° a 90°			
				Supinación 0° a 60°			
				0° a 80°			

Anexo 3.1

Encuestas ergonómicas aplicadas a los empleados de Hirsh Industries en el área de soldadura de tob.

ANEXO

El diagrama de abajo muestra la posición aproximada de las partes del cuerpo referidas en el cuestionario. Por favor, conteste marcando en el recuadro con una X.



Fuente: Vergara Y Mondragón (2005-2006)

Encuesta Ergonómica en Hirsh Industries

	Durante la jornada laboral que estuvo de pie realizando las actividades en su trabajo, ¿qué tan seguido sintió molestias o dolor?				Si sintió molestias o dolor, ¿qué tan incómodo fue?			Si sintió molestias o dolor, ¿cree que eso interfirió con su trabajo?		
	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	Más de 4 veces	Poco incómodo	Medio incómodo	Muy incómodo	No	Un poco	Bastante
1-Cuello/nuca		X				X				X
2-Hombro der	X				X			X		
3-Hombro izq	X				X			X		
4-Espalda alta-media		X				X			X	
5-Espalda lumbar		X				X			X	
6-Cadera/trasero	X				X			X		
7-Muslos	X				X			X		
8-Rodillas		X			X				X	
9-Piernas	X				X			X		
10-Pies	X				X			X		
11-Brazo der	X				X			X		
12-Brazo izq	X				X			X		
13-Antebrazo der	X				X			X		
14-Antebrazo izq	X				X			X		
15-Muñeca der	X				X			X		
16-Muñeca izq	X				X			X		

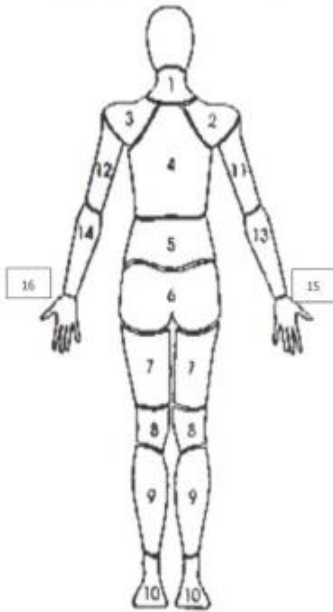
Nombre: Marco

Estatura: 1.69

Fuente: Vergara y Mondragón (2005-2006)

ANEXO

El diagrama de abajo muestra la posición aproximada de las partes del cuerpo referidas en el cuestionario. Por favor, conteste marcando en el recuadro con una X.



Fuente: Vergara Y Mondragón (2005-2006)

Nombre: Salvador

Estatura: 1.70

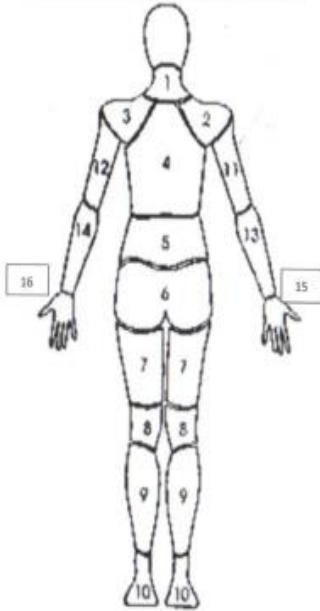
Encuesta Ergonómica en Hirsh Industries

	Durante la jornada laboral que estuvo de pie realizando las actividades en su trabajo, ¿qué tan seguido sintió molestias o dolor?				Si sintió molestias o dolor, ¿qué tan incómodo fue?			Si sintió molestias o dolor, ¿cree que eso interfirió con su trabajo?		
	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	Más de 4 veces	Poco incómodo	Medio incómodo	Muy incómodo	No	Un poco	Bastante
1-Cuello/nuca	X				X			X		
2-Hombro der	X				X			X		
3-Hombro izq		X				X		X		
4-Espalda alta-media		X				X		X		
5-Espalda lumbar		X			X			X		
6-Cadera/trasero	X				X			X		
7-Muslos			X			X		X		
8-Rodillas	X				X			X		
9-Piernas		X			X			X		
10-Pies			X		X			X		
11-Brazo der	X				X			X		
12-Brazo izq		X			X				X	
13-Antebrazo der	X				X			X		
14-Antebrazo izq	X				X			X		
15-Muñeca der	X				X			X		
16-Muñeca izq	X				X			X		

Fuente: Vergara y Mondragón (2005-2006)

ANEXO

El diagrama de abajo muestra la posición aproximada de las partes del cuerpo referidas en el cuestionario. Por favor, conteste marcando en el recuadro con una X.



Fuente: Vergara Y Mondragón (2005-2006)

Nombre: Rogelio
 Estatura: 1.78

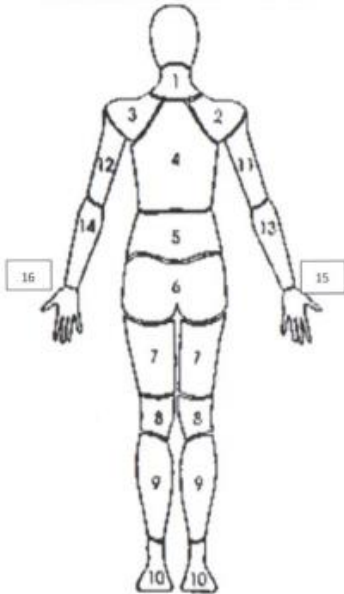
Encuesta Ergonómica en Hirsh Industries

	Durante la jornada laboral que estuvo de pie realizando las actividades en su trabajo, ¿qué tan seguido sintió molestias o dolor?				Si sintió molestias o dolor, ¿qué tan incómodo fue?			Si sintió molestias o dolor, ¿cree que eso interfirió con su trabajo?		
	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	Más de 4 veces	Poco incómodo	Medio incómodo	Muy incómodo	No	Un poco	Bastante
1-Cuello/nuca		X			X				X	
2-Hombro der	X				X				X	
3-Hombro izq	X				X	X			X	
4-Espalda alta-media	X				X	X			X	
5-Espalda lumbar	X				X				X	
6-Cadera/trasero		X			X				X	
7-Muslos	X				X			X		
8-Rodillas	X				X				X	
9-Piernas	X	X			X				X	
10-Pies	X				X				X	
11-Brazo der	X				X				X	
12-Brazo izq	X				X				X	
13-Antebrazo der	X				X				X	
14-Antebrazo izq	X				X				X	
15-Muñeca der	X					X			X	
16-Muñeca izq	X				X				X	

Fuente: Vergara y Mondragón (2005-2006)

ANEXO

El diagrama de abajo muestra la posición aproximada de las partes del cuerpo referidas en el cuestionario. Por favor, conteste marcando en el recuadro con una X.



Fuente: Vergara Y Mondragón (2005-2006)

Encuesta Ergonómica en Hirsh Industries

	Durante la jornada laboral que estuvo de pie realizando las actividades en su trabajo, ¿qué tan seguido sintió molestias o dolor?				Si sintió molestias o dolor, ¿qué tan incómodo fue?			Si sintió molestias o dolor, ¿cree que eso interfirió con su trabajo?		
	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	Más de 4 veces	Poco incómodo	Medio incómodo	Muy incómodo	No	Un poco	Bastante
1-Cuello/nuca		X				X		X		
2-Hombro der	X				X			X		
3-Hombro izq	X				X			X		
4-Espalda alta-media		X			X			X		
5-Espalda lumbar		X			X			X		
6-Cadera/trasero	X				X			X		
7-Muslos	X				X			X		
8-Rodillas	X				X			X		
9-Piernas	X				X			X		
10-Pies	X				X			X		
11-Brazo der	X				X			X		
12-Brazo izq	X				X			X		
13-Antebrazo der	X				X			X		
14-Antebrazo izq	X				X			X		
15-Muñeca der	X				X			X		
16-Muñeca izq	X				X			X		

Nombre: José
 Estatura: 1.85

Fuente: Vergara y Mondragón (2005-2006)

Anexo 3.2

Tabla 3.1 Datos de factores A (tipo de percentil) y B (Medidas antropométricas) para ANOVA.

Factor A		Factor B					
		Cuello	Espalda alta-media	Espalda lumbar	Hombro izquierdo	Rodillas	Piernas
P<50	1.69m	18	12	12	2	8	2
	1.70m	2	6	4	6	2	4
P>50	1.76m	8	6	4	12	4	8
	1.85m	6	4	4	2	2	2

Factor A: Tipo de Percentil

A1: Percentil <50

A2: Percentil >50

$\alpha=5\%$

95% confiabilidad

Factor B: Medidas antropométricas réplicas: 2

B1: Cuello

B2: Espalda alta-media

B3: Espalda lumbar

B4: Hombro izquierdo

B5: Rodillas

B6: Piernas

Corridas: 24

Análisis de Varianza obtenido

General Factorial Regression: Variable de respuesta versus Factor A, Factor B

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor A	2	A1, A2
Factor B	6	B1, B2, B3, B4, B5, B6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	11	119.33	10.848	0.46	0.892
Linear	6	72.00	12.000	0.51	0.787
Factor A	1	10.67	10.667	0.46	0.512
Factor B	5	61.33	12.267	0.53	0.753
2-Way Interactions	5	47.33	9.467	0.41	0.836
Factor A*Factor B	5	47.33	9.467	0.41	0.836
Error	12	280.00	23.333		
Total	23	399.33			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4.83046	29.88%	0.00%	0.00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	5.833	0.986	5.92	0.000	
Factor A					
A1	0.667	0.986	0.68	0.512	1.00
Factor B					
B1	2.67	2.20	1.21	0.250	1.67
B2	1.17	2.20	0.53	0.606	1.67
B3	0.17	2.20	0.08	0.941	1.67
B4	-0.33	2.20	-0.15	0.882	1.67
B5	-1.83	2.20	-0.83	0.422	1.67
Factor A*Factor B					
A1 B1	0.83	2.20	0.38	0.712	1.67
A1 B2	1.33	2.20	0.60	0.557	1.67
A1 B3	1.33	2.20	0.60	0.557	1.67
A1 B4	-2.17	2.20	-0.98	0.345	1.67
A1 B5	0.33	2.20	0.15	0.882	1.67

Regression Equation

Variable de respuesta = 5.833 + 0.667 Factor A_A1 - 0.667 Factor A_A2
+ 2.67 Factor B_B1
+ 1.17 Factor B_B2 + 0.17 Factor B_B3 - 0.33 Factor B_B4
- 1.83 Factor B_B5 - 1.83 Factor B_B6
+ 0.83 Factor A*Factor B_A1 B1
+ 1.33 Factor A*Factor B_A1 B2
+ 1.33 Factor A*Factor B_A1 B3
- 2.17 Factor A*Factor B_A1 B4
+ 0.33 Factor A*Factor B_A1 B5
- 1.67 Factor A*Factor B_A1 B6 -
0.83 Factor A*Factor B_A2 B1
- 1.33 Factor A*Factor B_A2 B2 -
1.33 Factor A*Factor B_A2 B3
+ 2.17 Factor A*Factor B_A2 B4 -
0.33 Factor A*Factor B_A2 B5
+ 1.67 Factor A*Factor B_A2 B6

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Variable de respuesta	Fit	Resid	Std Resid	
1	18.00	10.00	8.00	2.34	R
2	2.00	10.00	-8.00	-2.34	R

R Large residual

Anexo 3.3

Tabla 3.3 Datos de factores A (Tipo de percentil) y B (Medidas antropométricas) para ANOVA.

		Piernas	Pies	Rodillas	Brazo derecho	Hombro derecho
P<50	1.65m	24	24	24	24	24
	1.67m	4	1	1	4	6
P>50	1.71m	4	4	1	1	4
	1.73m	4	4	1	1	1
	1.74m	1	6	1	6	1

Factor A: Tipo de Percentil

A1: Percentil <50

A2: Percentil >50

$\alpha=5\%$

95% confiabilidad

Factor B: Medidas antropométricas réplicas: 2, 3

B1: Piernas

B2: Pies

B3: Rodillas

B4: Brazo derecho

B5: Hombro derecho

Corridas: 25

General Factorial Regression: Variable de respuesta versus Factor A, Factor B

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor A	2	A1, A2
Factor B	5	B1, B2, B3, B4, B5

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	748.63	83.181	1.11	0.411
Linear	5	728.87	145.773	1.95	0.146
Factor A	1	717.23	717.227	9.59	0.007
Factor B	4	11.64	2.910	0.04	0.997
2-Way Interactions	4	17.24	4.310	0.06	0.993
Factor A*Factor B	4	17.24	4.310	0.06	0.993
Error	15	1122.33	74.822		
Total	24	1870.96			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8.64998	40.01%	4.02%	0.00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	8.13	1.77	4.61	0.000	
Factor A					
A1	5.47	1.77	3.10	0.007	1.00
Factor B					
B1	0.37	3.53	0.10	0.919	1.67
B2	0.45	3.53	0.13	0.900	1.67
B3	-1.38	3.53	-0.39	0.701	1.67
B4	0.20	3.53	0.06	0.956	1.67
Factor A*Factor B					
A1 B1	0.03	3.53	0.01	0.993	1.67
A1 B2	-1.55	3.53	-0.44	0.667	1.67
A1 B3	0.28	3.53	0.08	0.937	1.67
A1 B4	0.20	3.53	0.06	0.956	1.67

Regression Equation

$$\begin{aligned}
 \text{Variable de respuesta} = & 8.13 + 5.47 \text{ Factor A_A1} - 5.47 \text{ Factor A_A2} \\
 & + 0.37 \text{ Factor B_B1} \\
 & \quad + 0.45 \text{ Factor B_B2} - 1.38 \text{ Factor B_B3} + 0.20 \text{ Factor B_B4} \\
 & \quad + 0.37 \text{ Factor B_B5} + 0.03 \text{ Factor A*Factor B_A1 B1} \\
 & \quad - 1.55 \text{ Factor A*Factor B_A1 B2} \\
 & + 0.28 \text{ Factor A*Factor B_A1 B3} \\
 & \quad + 0.20 \text{ Factor A*Factor B_A1 B4} \\
 & + 1.03 \text{ Factor A*Factor B_A1 B5} \\
 & \quad - 0.03 \text{ Factor A*Factor B_A2 B1} \\
 & + 1.55 \text{ Factor A*Factor B_A2 B2} \\
 & \quad - 0.28 \text{ Factor A*Factor B_A2 B3} - \\
 & 0.20 \text{ Factor A*Factor B_A2 B4} \\
 & \quad - 1.03 \text{ Factor A*Factor B_A2 B5}
 \end{aligned}$$