

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE MOBILIARIO ERGONÓMICO

**ANÁLISIS DE PARAMETROS Y FACTORES
ANTROPOMÉTRICOS EN LA MOVILIDAD DE LA CERVICAL
POR ACTIVIDAD DE TELETRABAJO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

FERNANDO JAVIER BOLAÑOS LÓPEZ

fernando.bolanos@epn.edu.ec

DIRECTOR: WILLIAM RICARDO VENEGAS TORO

william.venegas@epn.edu.ec

DMQ, 02 2022

CERTIFICACION

Yo, Fernando Javier Bolaños López declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

FERNANDO JAVIER BOLAÑOS LÓPEZ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Fernando Javier Bolaños López, bajo mi supervisión.

WILLIAM RICARDO VENEGAS TORO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Fernando Javier Bolaños López

William Ricardo Venegas Toro

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre y al recuerdo de mi padre que desde el cielo siempre me brinda su bendición. Al ser los pilares en mi vida, pues sin ellos, nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermano, por su cariño y apoyo incondicional durante todos estos estudios que he logrado realizar.

También, dedico a toda mi familia quienes han hecho posible que yo sea ahora una persona que ostenta un título profesional, de lo cual me enorgullezco al haber llegado a cumplir una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me ha guiado y me ha dado las fuerzas para seguir adelante.

A mi madre, por siempre buscar la manera de brindarme lo mejor posible, así también, por haberme inculcado valores y principios que me animan a seguir adelante en cada escalón que se presenta en la vida y por acompañarme en tan largo camino. Gracias por ser mi principal fuente de apoyo. A mi padre quien fue el principal precursor de este sueño, por desear siempre lo mejor para mí, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida. A mi hermano que me apoya incondicionalmente con sus consejos y sabidurías.

No puedo dejar de lado sin reconocer a toda mi familia, que siempre me brindó su fraterno apoyo durante todos mis estudios.

Un agradecimiento especial a mi director de tesis Dr. William Venegas y a todos mis profesores de la universidad que me impartieron sus conocimientos para cumplir uno de mis sueños, por la paciencia y guía en el transcurso de mi carrera universitaria.

A todos mis compañeros y amigos que he conocido en el transcurso de mi vida, con quienes he compartido tertulias, trabajos, experiencias. Gracias por su amistad y por todo lo que me han transmitido en todo este tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACION	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Definición de Ergonomía	3
1.4.2 Surgimiento de la Ergonomía.....	5
1.4.3 Alcance de la Ergonomía	5
1.4.4 Riesgo Ergonómico	6
1.4.5 Enfermedades relacionadas a los trastornos posturales.....	8
1.4.6 Antropometría	9
1.4.7 Definición de Fotogrametría	9
1.4.8 Tipos de Fotogrametría	10
1.4.9 Unidad de Medición Inercial	11
2 METODOLOGÍA	13
2.1 Movimientos críticos para la columna cervical en el teletrabajo	13
2.2 Protocolo para pruebas de movimiento en la columna cervical	14
2.2.1 Equipo de trabajo.....	14
2.2.2 Condiciones de lugar de trabajo.....	14
2.2.3 Marcadores	14
2.2.4 Sistema de Referencia	15

2.2.5 Ubicación del sujeto.....	16
2.2.6 Medidas antropométricas	16
2.4 Modelo de predicción de masa	17
2.5 Realización de pruebas.....	17
2.4 Tratamiento de datos y análisis estadístico.....	18
2.5 Elaboración de modelo cinemático	20
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21
3.1 Resultados.....	21
3.2 Conclusiones	26
3.3 Recomendaciones	26
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
5 ANEXOS	30
ANEXO I: PROTOCOLO DE PRUEBA PARA MOVIMIENTO DE COLUMNA CERVICAL EN TELETRABAJO	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Etapas del proyecto.....	3
Figura 1.2. Representación esquemática de ergonomía.....	5
Figura 1.3. Tipos de fotogrametría	11
Figura 2.1. Etapas de estudio.....	13
Figura 2.2. Posición y numeración marcadores parte frontal	15
Figura 2.3. Posición y numeración marcadores parte posterior	15
Figura 2.4. Manera de medición del perímetro del cuello.....	16
Figura 2.5. Manera de medición del perímetro de la cabeza	17
Figura 2.6. Sujeto de prueba en posición inicial	18
Figura 2.7. Etapas del tratamiento de datos	19
Figura 2.8. Análisis estadístico	20
Figura 2.9. Etapas del modelo cinemático	20
Figura 3.1. Variables funcionales de flexo-extensión	21
Figura 3.2. Movimiento en función del factor antropométrico longitud del cuello en flexo-extensión.....	22
Figura 3.3. Movimiento en función del factor antropométrico masa de la cabeza en flexo-extensión.....	22
Figura 3.4. Movimiento en función del factor antropométrico perímetro del cuello en flexo-extensión.....	23
Figura 3.5. Variables funcionales de rotación	23
Figura 3.6. Movimiento en función del factor antropométrico masa de la cabeza en rotación. 24	
Figura 3.7. Movimiento en función del factor antropométrico perímetro del cuello en rotación 24	
Figura 3.8. Movimiento en función del factor antropométrico longitud del cuello en rotación .. 24	
Figura 3.9. Velocidad angular obtenida con IMU.....	25
Figura 3.10. Aceleración angular obtenida con IMU.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipos de ergonomía.....	6
Tabla 1.2. Factores que influyen al ser humano	6
Tabla 1.3. Tipos de riesgos en trabajo de oficina	7
Tabla 2.1. Factores modelo de predicción de masas	17
Tabla 2.2. Mediciones antropométricas de los sujetos de prueba	18

RESUMEN

El estudio busca evaluar parámetros de postura y factores antropométricos que influyen en la cervical, relacionados con el teletrabajo. Los análisis de postura se basan en experimentos pilotos en el laboratorio de Bioingeniería dentro de la EPN, donde se define criterios de inclusión en los voluntarios de un grupo de estudiantes de la EPN.

Se identifican movimientos críticos de la cervical en la actividad del teletrabajo, definiendo ejercicios de movilidad relacionados con lesiones o dolencias, y normativas revisadas en el estado del arte. De manera que permita obtener variables cinemáticas estándar en sujetos sanos, que en un futuro permitan contrastar con grupos de sujetos patológicos en teletrabajo.

PALABRAS CLAVE: Ergonomía, Antropométricas, Fotogrametría, Cervical

ABSTRACT

The study seeks to evaluate posture parameters and anthropometric factors that influence the neck, related to teleworking. The posture analyzes are based on pilot experiments in the Bioengineering laboratory within the EPN, where inclusion criteria are defined in the volunteers of a group of EPN students.

Critical cervical movements are identified in the telework activity, defining mobility exercises related to injuries or ailments, and revised regulations in the state of the art. In such a way that it allows obtaining standard kinematic variables in healthy subjects, which in the future will allow contrasting with groups of pathological subjects in telework.

KEYWORDS: Ergonomics, Anthropometrics, Photogrammetry, Cervical

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El actual proyecto viene por la necesidad de implementar una solución viable a las lesiones músculo-esqueléticas provocados por el teletrabajo. El teletrabajo tuvo un incremento notable actualmente en el mundo debido a la aparición del COVID-19, por lo que netamente en Ecuador para julio de 2021 alrededor de 450000 empleados mantenían este tipo de trabajo. (Cámara de Comercio de Quito , 2021)

Por lo descrito anteriormente se ha propuesto evaluar los factores y parámetros antropométricos para evitar las lesiones músculo-esqueléticas que generan las malas posturas, cargas eventuales o hasta condiciones ambientales del puesto de trabajo. Para llevar a cabo este se realizará un banco de prueba en el laboratorio de Bioingeniería de la EPN, el cual tratara de asemejarse a un puesto de trabajo convencional y las pruebas a realizarse serán una serie cíclica de movimientos críticos para la columna cervical, al ya contar con este se llamará a un número determinado de sujetos para comenzar con experimentos pilotos. Estos sujetos de prueba serán estudiantes de la EPN que también se ven involucrado en este grupo de personas puesto que se encuentran en clases virtuales.

Al contar con los resultados de los experimentos pilotos se procede a realizar un análisis cinemático de tal manera que permita obtener variables cinemáticas estándar en sujetos sanos, que en un futuro permitan contrastar con grupos de sujetos patológicos en teletrabajo.

1.1 Objetivo general

Analizar parámetros y factores antropométricos en la movilidad de la cervical por actividad de teletrabajo

1.2 Objetivos específicos

1. Levantar un estudio del estado del arte referente a ergonomía.
2. Desarrollar un protocolo experimental de pruebas piloto de los movimientos críticos en teletrabajo revisados en el estado del arte.
3. Analizar los registros de fotogrametría y determinar los parámetros cinemáticos para establecer patrones funcionales de un grupo de sanos
4. Analizar factores que influyen en la cervical durante la actividad del teletrabajo

1.3 Alcance

El estudio del diseño de mobiliario ergonómico para teletrabajo se enfoca en la revisión de alternativas, considerando los resultados del proyecto de investigación PIS-20-04.

a) Revisión del estado de arte

Análisis de ergonomía, factores de riesgo relacionados con el teletrabajo, además se presentará información acerca de la fotogrametría puesto que será el método a usar para la obtención de datos.

b) Fase de implementación

Montaje del puesto de trabajo dentro del laboratorio de Bioingeniería. Uno usando un banco tipo taburete y una mesa, y el otro un puesto de trabajo con una silla y una mesa. Después de poseer el banco de prueba se realizará la adecuación de un protocolo que servirá para llevar a cabo las pruebas en la siguiente etapa.

c) Fase experimental

Ejercicio de postura para la columna cervical y lumbar basado en respetabilidad cíclica y evaluar parámetros y factores antropométricos.

d) Análisis de resultados y conclusiones

Se presentará las gráficas con los factores de posición angular, velocidad angular y ángulos. Con ello podremos evaluar la factibilidad del estudio para implementación a escalas mayores.

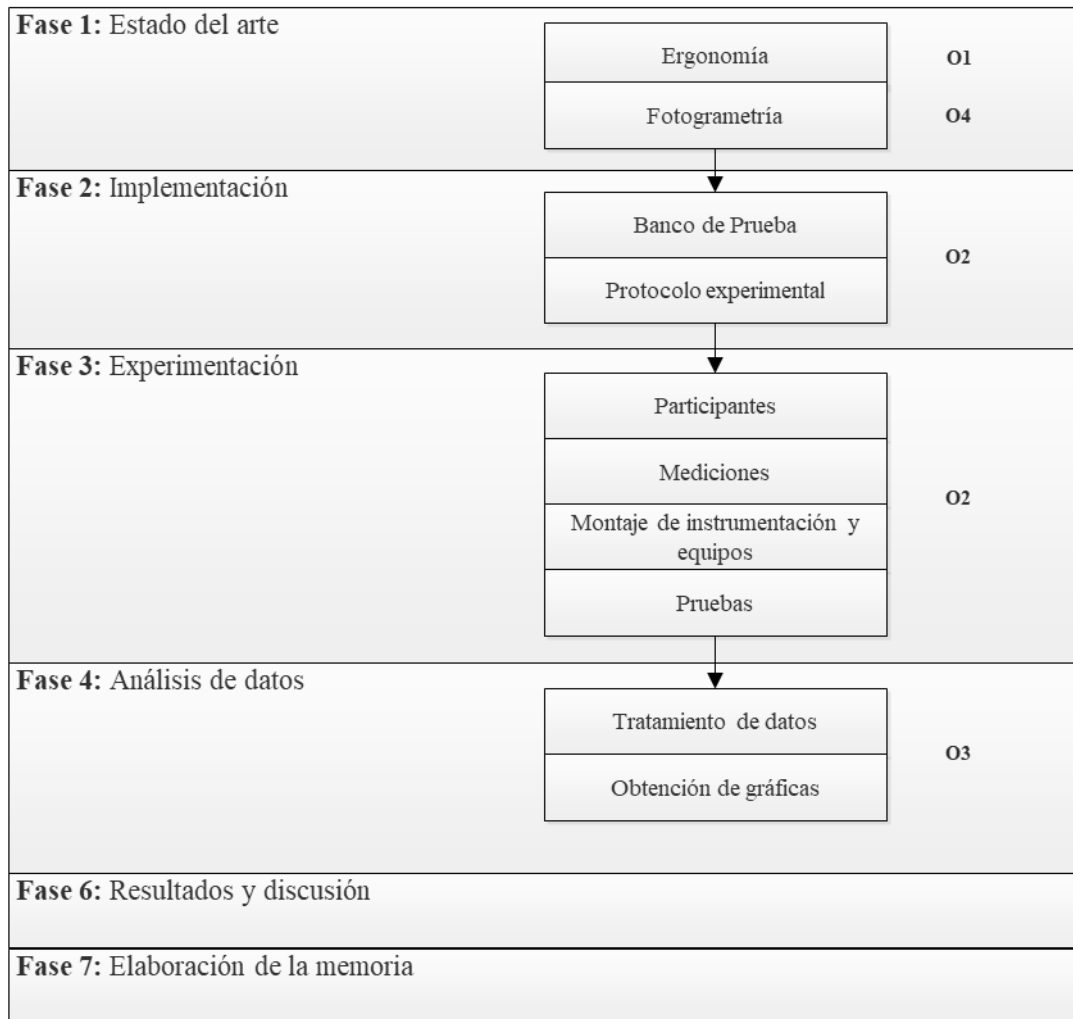


Figura 1.1. Etapas del proyecto

(Fuente: Propia)

1.4 Marco teórico

1.4.1 Definición de Ergonomía

La ergonomía es una ciencia que se ha implementado hace ya varios años, debido a que el ser humano fabricaba herramientas de trabajo que se apeguen a las distintas necesidades que se posee.

La procedencia de ergonomía es del griego “ergo” cuyo significado es trabajo, actividad y “nomos” que significa normas, principios. Por lo que se puede decir que ergonomía es el estudio del trabajo, el cual se encarga de elaborar normas en las cuales se rige el mismo. (González, 2008)

En el año de 1961 Carpenter da una de las primeras definiciones de ergonomía: “la aplicación conjunta de algunas ciencias biológicas y ciencias de la ingeniería para asegurar una adaptación óptima entre el hombre y el trabajo con el fin de incrementar el rendimiento del trabajador y contribuir a su propio bienestar” (González, 2008). Esta definición es una de las más acertadas debido a que cuenta con aspectos esenciales de la ergonomía que hasta la actualidad se mantienen.

Se pueden citar otras definiciones de distintos autores, recopiladas por González (2008, p.37), las cuales facilitarían la obtención de objetivos, límites y contenidos de la ergonomía:

“La ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral. (Murrell, 1965)”.

“Es el análisis de los procesos industriales centrado en los hombres que aseguran su funcionamiento. (Faverge, 1970)”.

“Es una tecnología de las comunicaciones dentro de los sistemas hombres-máquinas. (Montmollin, 1970)”.

“La ergonomía es el estudio multidisciplinar del trabajo humano que pretende descubrir sus leyes para formular mejor sus reglas. (Cazamian, 1973)”.

“El análisis de las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico del trabajo, ambiente térmico, ruidos, iluminación, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo y todo aquello que puede poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso. (Guelaud, Beauchesne, Gautrat, & Roustang, 1975)”.

El principal objetivo de la ergonomía es contar con armonía entre el ser humano y el ámbito laboral y a la vez desea conseguir eficacia productiva, confort y seguridad. A continuación, en la figura 1.1. se presenta la forma esquemática del concepto de ergonomía.

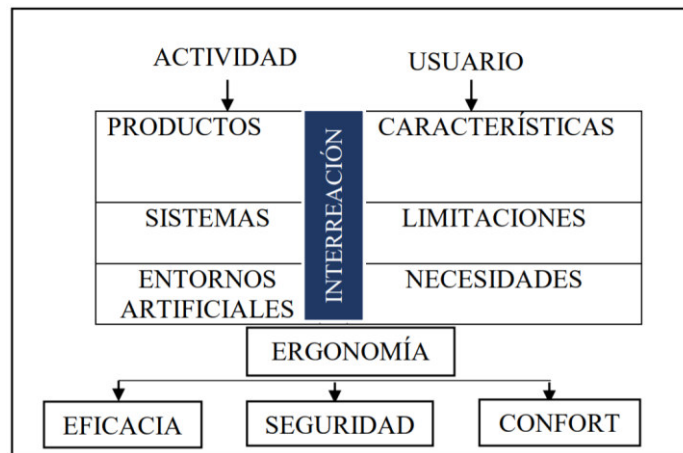


Figura 1.2. Representación esquemática de ergonomía

Fuente: (González, 2008)

1.4.2 Surgimiento de la Ergonomía

Actualmente, la ergonomía no posee una historia concreta. Su origen se da debido a la recopilación de conocimientos de forma sistemática relativos al hombre en su trabajo y a la filosofía de humanización del trabajo. (Llaneza, 2009)

Debido a la necesidad de adaptación que se da a las herramientas hacia el hombre ha existido a lo largo de los años. Por lo que ciertos profesionales como ingenieros, médicos y organizadores del trabajo han realizado las primeras medidas y observaciones de interrelación entre el hombre y su equipo y herramientas de trabajo. (Llaneza, 2009)

1.4.3 Alcance de la Ergonomía

Después, de haber expuesto las distintas definiciones y cómo surgió la ergonomía, se determina como la ergonomía logra combinar las anatomía, psicología e ingeniería, esto se ve reflejado en la Tabla 1.1.

Además, en la ergonomía se establecen distintitos lineamientos, pero se nota que cuando se habla de la práctica de la ergonomía todos coinciden en los factores que afectan los cuales se observan en la Tabla 1.2.

Tabla 1.1. Tipos de ergonomía

Tipo	Ciencia	Campos de intervención
Ergonomía física	Anatomía	Características humanas Aspectos anatómicos, antropométricos, fisiológicos y biomecánicos Posturas de trabajo Manipulación de objetos Movimientos repetitivos Trastornos musculoesqueléticos
Ergonomía cognoscitiva	Psicología	Procesos mentales: percepción, memoria, razonamiento, respuestas motrices Carga mental
Ergonomía organizacional	Ingeniería	Optimización de sistemas socio técnicos Estructura organizativa, política y procesos Temas asociados a la comunicación, gestión de recursos colectivos, diseño de tareas y horarios de trabajo, ergonomía comunitaria, cooperación, nuevas formas de trabajo, ergonomía comunitaria, gestión para la calidad

Fuente: (González, 2008)

Tabla 1.2. Factores que influyen al ser humano

Categoría	Alcance	Incluye
Ergonomía física	Carga física	Postura de trabajo Demanda energética Fuerzas aplicadas, incluida manipulación de pesos
	Condiciones ambientales	Ruido Temperatura Humedad Velocidad de aire Iluminación Vibraciones
Ergonomía cognoscitiva	Carga mental	Nivel de atención Cantidad de información requerida Tiempo de atención Forma de presentación de la información
Ergonomía organizacional	Aspectos organizativos	Horario Descanso Turnos Sistema de promoción Salarios

Fuente: (González, 2008)

1.4.4 Riesgo Ergonómico

Al momento de mantenerse en desarrollo de actividades existe la posibilidad de que se presenten sucesos desfavorables que son restringidos por factores de riesgo

ergonómico. Estos son rasgos propios de cada actividad cuyo acontecimiento aumenta el desarrollo de lesiones o daño, la cual aumentara dependiendo del grado de exposición.

Este estudio está dirigido a personas que han implementado teletrabajo. Por ello, los factores referentes al trabajo en oficina o casa se pueden determinar de la siguiente manera:

- Riesgos relacionados con la carga postural.
- Riesgos relacionados con las condiciones ambientales.
- Riesgos relacionados con aspectos psicosociales.

En la tabla 1.3. se presenta más a profundidad las categorías de los riesgos con las características de trabajo, elementos de trabajo y las lesiones que se pueden presentar.

Tabla 1.3. Tipos de riesgos en trabajo de oficina

Categoría	Características del trabajo	Elementos de trabajo	Posibles daños para la salud
Carga postural	Movilidad restringida	Espacio en el entorno	Incomodidad
	Posturas inadecuadas	Silla de trabajo Mesa de trabajo Ubicación de la computadora	Molestias y lesiones musculares Trastornos circulatorios
Condiciones ambientales	Iluminación	Reflejos y deslumbramientos Mala iluminación Fuentes contrastes	Alteraciones visuales Fatiga visual
	Climatización	Regulación temperatura Excesiva velocidad del aire Falta de limpieza	Incomodidad y malestar Trastornos respiratorios Molestias circulares
	Ruido	Existencia de fuentes de ruido Acondicionamiento acústico	Dificultades para concentrarse
Aspectos psicosociales	Tipo de tarea Organización de trabajo Políticas de RR. HH	Programas informáticos Procedimientos de trabajo Tipo de organización	Insatisfacción Alteraciones físicas Disminución del rendimiento

Fuente: (Confederación Regional de organizaciones empresariales de Murcia, 2011)

Los riesgos posturales en oficina se pueden clasificar en:

- Riesgos por trastornos musculo esqueléticos.
- Riesgos por posturas forzadas.
- Riesgos originados por movimientos repetitivos.

La sobrecarga física llega a ocasionar fatiga física. Por lo que estos esfuerzos dan a lugar trastornos musculo esqueléticos. Este tipo de lesiones es de las más frecuentes en los trabajadores de oficina actualmente.

El ser humano al adoptar posturas forzadas en las distintas partes del cuerpo humano genera lesiones que se presentan con mayor frecuencia a lo largo del tiempo. Algunos de los factores que se presentan en este riesgo son: frecuencia de movimientos, duración de la postura, postura de cuello, postura de tronco, postura de las extremidades superiores e inferiores.

Los riesgos que se presentan por movimientos repetitivos se dan por consecuencias de ciclos de trabajo cortos con un elevado ritmo de trabajo. En este tipo de riesgos las lesiones más comunes se dan en la espalda y miembros superiores. Los factores influyentes en este caso son: frecuencia de movimientos, uso de fuerza, adopción de posturas y movimientos forzados.

1.4.5 Enfermedades relacionadas a los trastornos posturales

Existen varias enfermedades ocasionadas por trastornos posturales, las partes del cuerpo que rápidamente son identificados por dichas enfermedades son los miembros superiores, espalda y miembros inferiores, por motivos de estudio se tratara sobre la cervical y la lumbar (Diego-Mas, Poveda-Bautista, & Garzon-Leal, 2015):

- a) Lumbalgia: es una contractura de los músculos que se encuentran en la región lumbar, se da debido a que los vasos sanguíneos se comprimen por lo que se impide el paso de sangre por lo tanto el proceso de recuperación se ve detenido.
- b) Síndrome Cervical por tensión: es una contractura muscular que se presenta de manera permanente en la región cervical posterior, se da por la compresión de vasos sanguíneos.

En este estudio se centrará en la definición de factores y parámetros del mobiliario en

el teletrabajo. Por lo que para ello se necesita la aplicación de antropometría que será lo siguiente que se detalle.

1.4.6 Antropometría

Antropometría hace referencia al estudio de las dimensiones físicas del cuerpo humano. Algunos ejemplos de elementos que toma en cuenta esta ciencia son: peso, volumen, centro de gravedad, dimensiones, etc. (González, 2008)

Tener conocimiento de las medidas antropométricas de las personas que van a realizar las distintas actividades es fundamental para el diseño de los sistemas de trabajo, puesto que en el proceso de diseño se involucran varios componentes relacionados a las medidas antropométricas que afectan a: malas posturas, esfuerzos, movimientos repetitivos, etc. (González, 2008)

Las medidas antropométricas afectan directamente a la ergonomía en el diseño de:

- Espacios de trabajo.
- Medios de trabajo: equipos, útiles, máquinas, herramientas, disposición de los mandos.
- Equipos de protección individual

La aplicación antropométrica está estructurada en dos etapas: antropometría estática y antropometría dinámica.

La antropometría estática es aquella que se base en medidas realizadas al cuerpo las cuales pueden ser: talla, peso, sexo, edad, país de origen, ropa, validez de medidas, etc. La antropometría dinámica es la que se basa en los movimientos corporales que permitirán definir las posturas en las que las distintas partes del cuerpo humano se encuentran en un estado de confort y está relacionada con la biomecánica. (Llaneza, 2009)

1.4.7 Definición de Fotogrametría

Etimológicamente, el termino fotogrametría proviene del griego “fotograma” (de los vocablos “photós” que significa luz y “gramma” que significa dibujo) y “metrón” que significa medir. Por lo que se define como “medición sobre fotos”.

Actualmente, la definición de fotogrametría que nos ofrece la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) es la siguiente: "Es el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos" (Sánchez, 2007)

Se puede definir a la fotogrametría como la ciencia que mediante varios métodos y procedimientos con los cuales se puede determinar la forma y dimensiones a partir de una fotografía de un objeto. (Santamaría & Sanz, 2011)

Entre las distintas definiciones del concepto de fotogrametría entre las cuales cabe destacar las siguientes (Otero, Ezquerro, Rodríguez-Solano, Martín, & Bachiller, 2010)

"Arte, ciencia y tecnología orientada a obtener información relevante de diversos objetos físicos de la corteza terrestre y de su medio ambiente, a través de procesos de medición e interpretación de imágenes fotográficas y de patrones de energía electromagnética radiante" (Herrera, 1987)

"Técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto" (Clavo, 1982).

1.4.8 Tipos de Fotogrametría

La siguiente clasificación que se presenta en la figura 1.2. se da por el tipo de fotografía y por el tipo de tratamiento que se da a la fotografía.

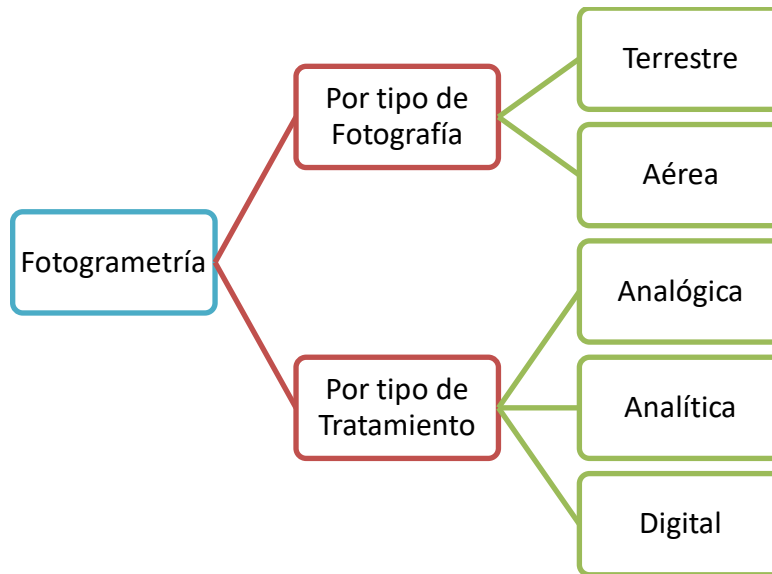


Figura 1.3. Tipos de fotogrametría

Fuente: (Universidad Nacional del Nordeste, 1981)

- Fotogrametría Terrestre: este tipo de fotogrametría se da cuando el eje óptico de la cámara fotográfica se encuentra paralelo al terreno.
- Fotogrametría Aérea: son fotografías que se obtienen por medio de vehículos aéreos, el eje óptico de la cámara se encuentra perpendicular al terreno.
- Fotogrametría analógica: en este tipo de fotogrametría, se usan aparatos ópticos o mecánicos, donde se forman modelos estereoscópicos.
- Fotogrametría analítica: esta fotogrametría el modelo espacial se da mediante el uso de programas informáticos que representan la geometría del objeto fotografiado anteriormente.
- Fotogrametría digital: dicha fotogrametría utiliza como dato de entrada las fotografías tomadas anticipadamente transformadas a formato digital, con lo cual el modelo espacial se da de forma numérica o digital.

1.4.9 Unidad de Medición Inercial

Una unidad de medición inercial o IMU es un equipo que nos entrega mediciones de velocidad, orientación y gravedad de una herramienta, haciendo uso de un acelerómetro y un giroscopio. (SmartDreams, 2010)

El término IMU hace referencia a una caja que posee tres giroscopios y tres

acelerómetros. Los acelerómetros están dispuestos de tal manera que sus ejes de medición son ortogonales entre sí, tal que estos realizan la medición de aceleración inercial. Mientras que los giroscopios se encuentran en un patrón ortogonal similar, así que logra medir la posición rotacional referenciándose a un sistema de coordenadas seleccionado arbitrariamente. (Colin, 2011)

2 METODOLOGÍA

En el presente capítulo se definirá el proceso con el cual se llevará a cabo el estudio de los parámetros y factores antropométrico que influyen en la columna cervical en el teletrabajo. Por lo cual se precisará las siguientes etapas como se muestra en la figura 2.1.

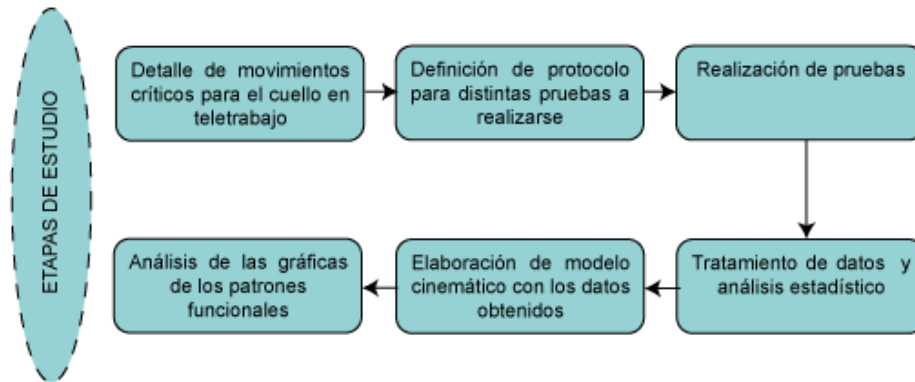


Figura 2.1. Etapas de estudio

(Fuente: Propia)

2.1 Movimientos críticos para la columna cervical en el teletrabajo

Como se menciona anteriormente, las circunstancias de trabajo ocasionan un sin número de lesiones músculo-esqueléticas, entre las principales causas se encuentran las siguientes: postura de trabajo, esfuerzos, manejo de carga, etc.

Por lo general, existe una confusión entre fatiga con las lesiones músculo-esqueléticas. La fatiga se presenta debido a la intensidad y prolongación que posea el trabajo y esta aparece de manera esporádicamente, mientras que las lesiones músculo-esqueléticas son progresivas. Además, la sintomatología que estas presentan es de otra manera y a la vez se presenta en varias fases. (Secretaría de Salud Laboral y de Medio Ambiente, 2008)

La primera fase de las lesiones músculo-esqueléticas es aquella que se presenta en el momento que se encuentra en el horario laboral, se ven afectadas muñecas, hombros, brazos o cuello, pero el dolor suele controlarse con el descanso diario. Mientras que en la segunda etapa las muestras de dolor comienzan desde muy temprano en la mañana y ya es necesario de medicación para tolerar el dolor. Cuando ya el ser humano no puede efectuar con normalidad sus actividades diarias es cuando se presenta la tercera fase de las lesiones. (Secretaría de Salud Laboral y de Medio Ambiente, 2008)

Después, de mantener claro cuales son las afectaciones que puede sufrir el cuerpo humano nos centraremos en el sector de estudio. Los movimientos que causan este tipo de lesiones en la

columna cervical son los siguientes:

- Posturas forzadas: cabeza girada, cabeza con inclinación hacia atrás o hacia adelante.
- Movimientos repetitivos de la cabeza y de los brazos.

Por lo expuesto anteriormente, se define dos movimientos críticos para este proyecto. El primero sería una serie de 10 repeticiones en las cuales la cabeza tendrá una inclinación hacia adelante y volverá a su postura original. Para complementar con este movimiento se realizará otra serie de 10 repeticiones, pero esta vez se girará la cabeza hacia la izquierda y se regresará a la posición inicial.

2.2 Protocolo para pruebas de movimiento en la columna cervical

En este punto se dará a conocer los pasos que se deberán tener en cuenta para realizar las pruebas de movimientos de la columna cervical y a la vez se presentará un formato que será usado como guía Anexo I.

2.2.1 Equipo de trabajo

El equipo de fotogrametría cuenta con 10 cámaras que están distribuidas en todo el laboratorio, esta disposición se da para evitar pérdida de datos al momento de realizar experimentos. El tipo de fotogrametría que usa el equipo del laboratorio es digital por lo que posee un computador para el almacenamiento de los datos numéricos de posición.

El equipo IMU posee una serie de sensores recargables, estos poseen conectividad LAN y un computador que será la fuente de almacenamiento de los datos obtenidos.

2.2.2 Condiciones de lugar de trabajo

El lugar en el cual se desarrolla el proyecto es en el laboratorio de Bioingeniería contando con todos los equipos de fotogrametría, equipo IMU y entre otros. Para el análisis de los resultados obtenidos del proyecto se utiliza un computador el cual será el medio de conexión de obtención de datos.

2.2.3 Marcadores

La localización de los marcadores es de vital importancia para obtener una eficacia y fiabilidad de la señal recibida. Para este proyecto, se involucró la columna cervical. Por lo que se cuenta con 10 marcadores, los cuales se agrupan en técnicos y anatómicos. Para los marcadores técnicos su ubicación será en un cintillo que se encuentra en la frente, mientras que los

anatómicos están dispuestos de la siguiente manera: dos en las orejas uno de cada lado, uno en la sien del lado derecho, uno en la séptima vértebra cervical (C4), uno en la parte posterior del cuello y el último en la vértebra L4. Ya que se realiza pruebas a distintas personas se debe numerar los marcadores de tal manera que se tenga los mismos datos por cada persona que sea sometido a la prueba, de igual manera el software de almacenamiento de datos solicita incorporar la numeración de marcadores. Debido a todo esto la posición y numeración de los marcadores se mostrarán en la figura 2.2 parte frontal y 2.3 parte posterior.

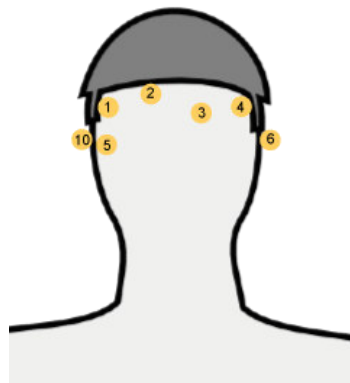


Figura 2.2. Posición y numeración marcadores parte frontal

(Fuente: Propia)

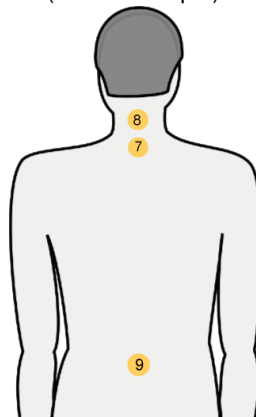


Figura 2.3. Posición y numeración marcadores parte posterior

(Fuente: Propia)

2.2.4 Sistema de Referencia

Se utilizará tres sistemas de referencia los cuales están dispuestos de la siguiente manera. El primer sistema de referencia con el que se cuenta es el que está situado a nivel del suelo del laboratorio de bioingeniería para asegurar que la posición de referencia sea adecuada, además este será como un sistema global puesto que el equipo tiene configurado este sistema como el punto 0 o de referencia. El siguiente será dado por los dos marcadores ubicados en las orejas con los cuales se hallará un eje que será de gran ayuda en el análisis cinemático. Por último, el marcador situado en la mitad del cuello que de igual manera que el anterior será de importancia al momento de realizar el análisis cinemático de los datos obtenidos.

2.2.5 Ubicación del sujeto

Las posiciones iniciales de los sujetos de prueba tanto para el primer experimento como para el segundo, será permanecer sentado de manera erguida en el banco o asiento dependiendo del experimento que será entregado por el personal del laboratorio, teniendo en cuenta la posición de referencia del suelo.

Al momento de contar definidos todos los apartados del protocolo se empieza con las pruebas pilotos para poder desarrollar el análisis cinemático de los datos obtenidos en dichas pruebas.

2.2.6 Medidas antropométricas

Las medidas necesarias en este experimento son el perímetro del cuello y de la cabeza. Para el perímetro del cuello el procedimiento que se debe mantener se detallara a continuación, el sujeto debe mantenerse de pie erguidamente verificando que su peso se encuentre distribuido de forma equitativa en ambos pies, los miembros superiores deben estar colocados a ambos lados del cuerpo. Al estar en esta posición se utiliza una cinta métrica para envolver el cuello sin obviar el cartílago tiroideo como se muestra en la figura 2.4. (Borjas, Carmenate, & Moncada, 2014)

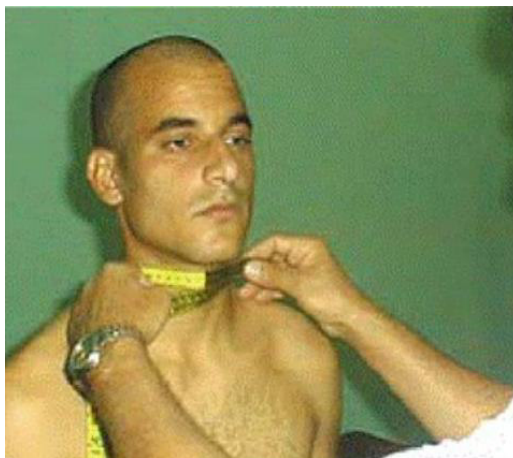


Figura 2.4. Manera de medición del perímetro del cuello

(Fuente: Contreras J., Medidas antropométricas, 2019)

La siguiente medida que se solicita es la medición del perímetro de la cabeza y el protocolo para esta medida es la siguiente, la posición que se debe mantener es de pie erguido equilibrado y con la mirada hacia el frente, la herramienta de medición será la cinta métrica la cual se pasará en forma de una línea horizontal nivelado con el occipucio verificar que se encuentre por encima de las cejas, la forma correcta de la medida se muestra en la figura 2.5. (Borjas, Carmenate, & Moncada, 2014)

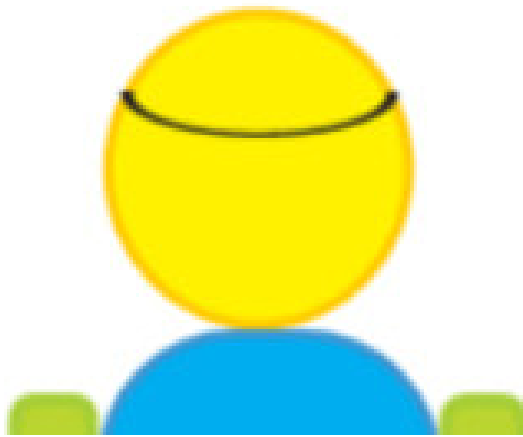


Figura 2.5. Manera de medición del perímetro de la cabeza

(Fuente: Borjas E., Carmenate L., Moncada F., Manual de medidas antropométricas, 2014)

Para la medida antropométrica conocida como peso, se utiliza una balanza electrónica o digital. Se debe tener en cuenta que para esta medida no se cuente con elementos externos que afecte la realidad de la medida. Mientras que para la altura se puede usar la cinta métrica, tallímetro, etc. Para esta medida únicamente se debe retirar los zapatos. La posición para ambas medidas es mantenerse de pie erguidamente.

2.4 Modelo de predicción de masa

En este estudio se aplicará como factor antropométrico la masa de la cabeza. Por lo que se aplicará un modelo basado en estudios de tres autores, Dempster 1955, Becker 1972 y Fard 2004.

Para la aplicación de este modelo se utiliza la siguiente fórmula.

$$m_{\text{cuello_cabeza}} = a \cdot \text{Talla} + b \cdot \text{Peso} + c + \text{error} \quad (1)$$

Donde:

Tabla 2.1. Factores modelo de predicción de masas

Segmento	a (kg/cm)	b ()	c (kg)	CMC	Error σ (Kg)
Cuello cabeza	0.0137	0.0504	-0.2896	0.647	0.637

Nota: CMC es el coeficiente correlación múltiple del modelo de regresión, σ es el error estándar.

Fuente: (Dempster, 1955) (Becker, 1972) (Fard, Ishihara, & Inooka, 2004)

2.5 Realización de pruebas

Para este experimento la muestra que se manejó son seis personas, los cuales son estudiantes universitarios de la escuela politécnica nacional debido a que este tipo de personas también

sufren de lesiones músculo-esqueléticas debido a que por la pandemia se han tenido que regir a clases virtuales.

Las medidas antropométricas obtenidas de las personas que fueron sujetas a este experimento son las que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.2. Mediciones antropométricas de los sujetos de prueba

# Sujeto	Perímetro cuello [cm]	Perímetro cabeza [cm]	Peso [kg]	Altura [cm]
1	43	58	95	180
2	44	56	66	172
3	39	57	75	169
4	42	55	66	160
5	43	57	110	173
6	39	55	70	168

(Fuente: Propia)

Prosiguiendo con el experimento se realiza los dos movimientos que fueron solicitados por el equipo de laboratorio, en la figura 2.6 se observa a un sujeto de prueba con los marcadores y en la posición inicial para el experimento, al ya contar con el total de pruebas se desarrollara un tratamiento a los datos obtenidos.

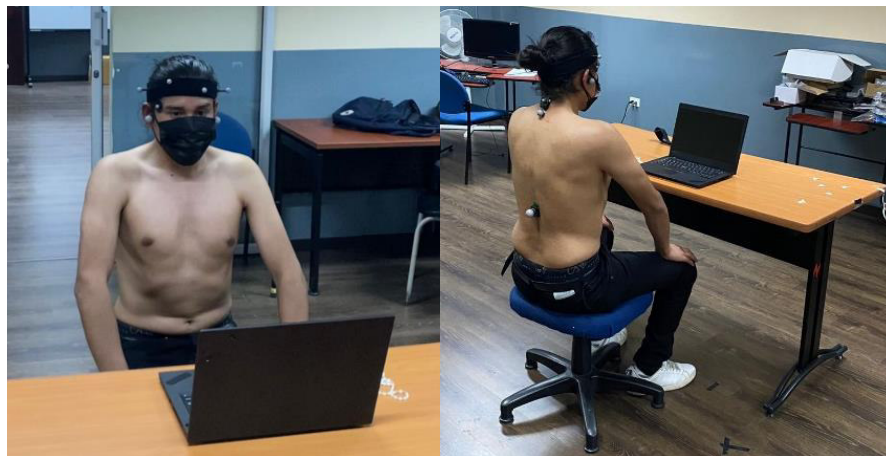


Figura 2.6. Sujeto de prueba en posición inicial

(Fuente: Propia)

2.4 Tratamiento de datos y análisis estadístico

Ya finalizadas las pruebas al obtener los datos del equipo de almacenamiento de fotogrametría, se procede a realizar un análisis funcional y un análisis estadístico de estos.

El análisis funcional que se lleva a cabo es de segmentación de las curvas, mediante el uso del

método de superposición ya que con esto se logra normalizar las curvas a una escala de tiempo total. Esta escala de tiempo pasa de segundos a porcentaje debido a que cada prueba tiene distinto tiempo de realización y se necesita que posean una misma escala para proceder a compararlos. Todo esto se lo realiza con la ayuda del software Matlab, la figura 2.7. nos indica resume el tratamiento de datos que se realizó en el experimento.

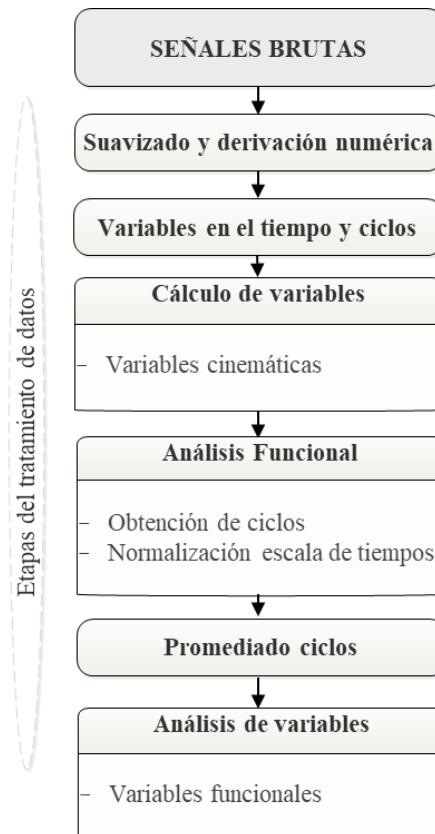


Figura 2.7. Etapas del tratamiento de datos

(Fuente: Propia)

Mientras que para el análisis estadístico se aplicó la técnica de estadística de la media y desviación estándar, debido a que nos basaremos en el número de significancia (menores a 0.05) para detectar los momentos en los cuales los movimientos llegan a presentar anomalías. El procedimiento del análisis estadístico se detalla en la figura 2.8.

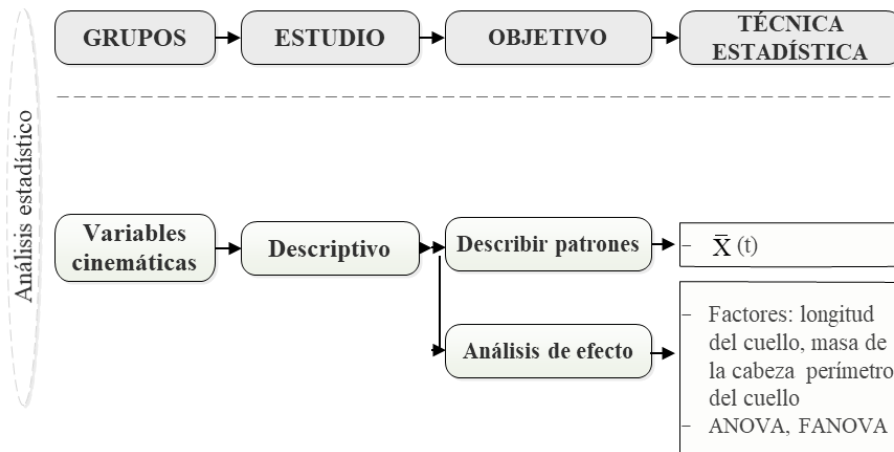


Figura 2.8. Análisis estadístico

(Fuente: Propia)

2.5 Elaboración de modelo cinemático

Al finalizar el tratamiento adecuado de datos se procede a diseñar el modelo cinemático, para lo cual se implementará el software Matlab. Lo que nos entregara el algoritmo realizado será una serie de imágenes que se presentaran más adelante, estas funcionaran como patrones de funcionalidad en nuestro proyecto. El algoritmo desarrollado se basó en uno presentado por el Instituto de Biomecánica de Valencia en conjunto con la EPN. Por lo que se presenta la figura 2.9. con las etapas de dicho modelo cinemático.

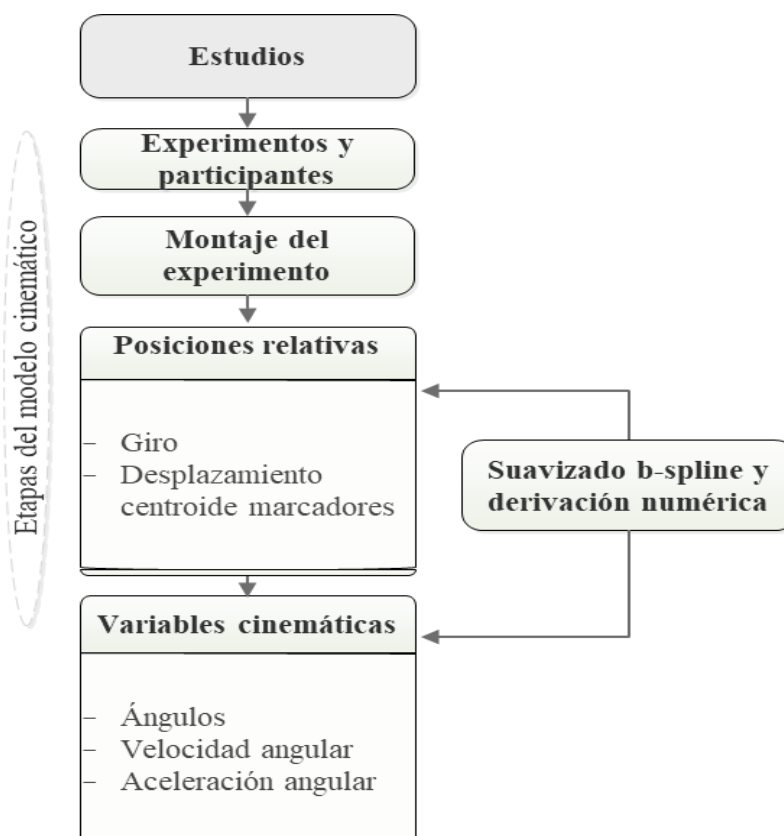


Figura 2.9. Etapas del modelo cinemático

(Fuente: Propia)

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

El primer resultado de nuestro análisis cinemático se presenta en la figura 3.1. Esta figura nos da una banda de funcionalidad la cual se encuentra coloreada de color celeste, dicha banda se encuentra entre la variable de límite superior, este es el resultado de la media más la desviación estándar la cual se encuentra representada por la línea de trazo (_ _) y la variable de límite inferior que se simboliza con la línea de trazo y punto (_ . _), y es el resultado de la media menos la desviación estándar. La variable funcional se describe por la media que viene dado por la línea continua.

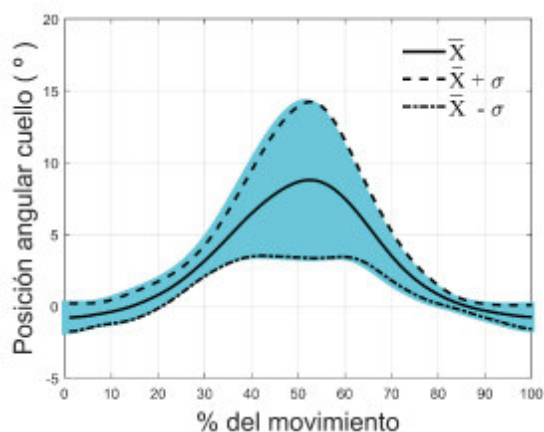


Figura 3.1. Variables funcionales de flexo-extensión

(Fuente: Propia)

La banda de funcionalidad nos describe un patrón funcional, la cual es la zona pintada. Esto sirve para cuando se realicen pruebas a distintas personas nos indique si presenta problemas o lesiones en la zona de la columna cervical o se encuentra bien.

Los siguientes resultados son figuras que muestran la influencia de los factores antropométricos descritos previamente.

Para la figura 3.2 se presenta el caso del factor longitud del cuello, para este factor se tomo como referencia el eje auricular y la posición de la cervical C7. Como se observa el movimiento va de 0% a 50% de manera creciente puesto que en este trayecto el movimiento de la cabeza es de inclinación hacia delante, por lo que el ángulo notablemente aumentará. Pero al momento de llegar a 50% existe un pico que es cuando la cabeza llega a su punto máximo de flexión y por lo tanto esta vuelve a su posición inicial. Pero se observa que esta figura presenta una anomalía al momento de que el movimiento se encuentra en el tramo de 70% a 75% debido al

factor antropométrico definido para este caso.

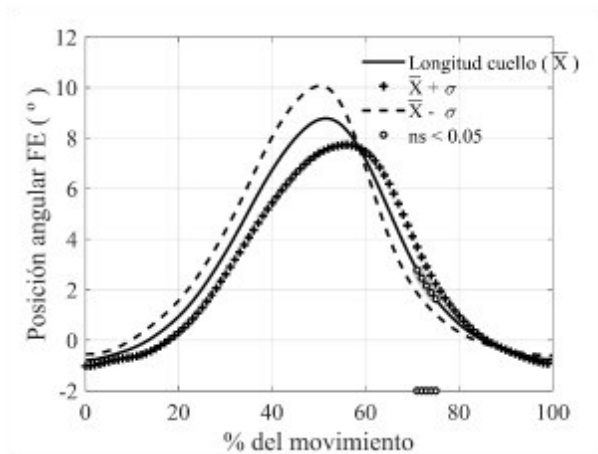


Figura 3.2. Movimiento en función del factor antropométrico longitud del cuello en flexo-extensión
(Fuente: Propia)

El siguiente caso es la afectación del factor antropométrico masa de la cabeza, este factor se determinó con un algoritmo previamente desarrollado en función de las medidas antropométricas peso, talla, perímetro del cuello y de la cabeza del sujeto de prueba. Para el estudio de este caso se presenta la figura 3.3., en la cual se observa que las anomalías comienzan cuando el movimiento se encuentra al 70% y terminan en 78%.

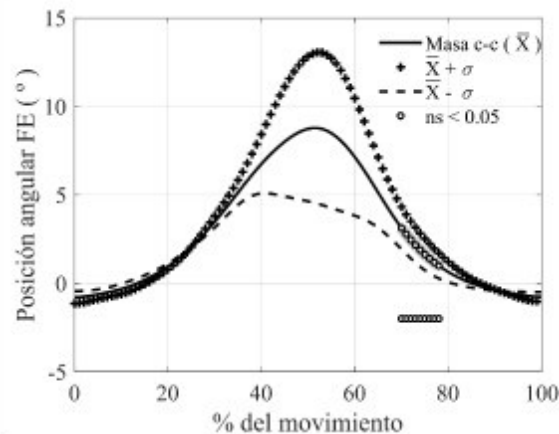


Figura 3.3. Movimiento en función del factor antropométrico masa de la cabeza en flexo-extensión
(Fuente: Propia)

Como resultado final se obtuvo la figura 3.4. en el cual interviene el factor perímetro del cuello, como se observa a lo largo del movimiento no existen anomalías por lo que se puede deducir que el movimiento no se ve afectado por este factor.

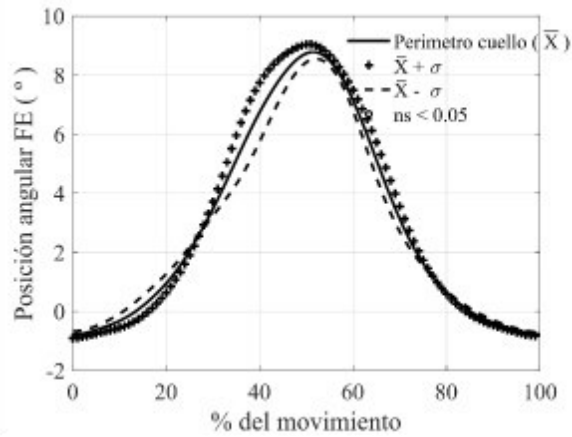


Figura 3.4. Movimiento en función del factor antropométrico perímetro del cuello en flexo-extensión
(Fuente: Propia)

Las graficas presentadas anteriormente son los resultados obtenidos de las pruebas del primer movimiento, este movimiento es el de inclinación de la cabeza o de flexo-extensión. Al analizar detenidamente se observa que las anomalías que se dan para este tipo de factores antropométricos son al momento de que la cabeza regresa a su posición original.

Mientras que las gráficas resultantes para el segundo movimiento el cual involucra girar la cabeza hacia el lado izquierdo se detallaran a continuación. Como primer punto se da a conocer una banda de funcionalidad de color celeste para el movimiento de rotación de la cabeza el cual se puede identificar en la figura 3.5. En esta figura se encuentran tres variables la media de línea continua, la variable del límite superior de línea de trazo y el limite inferior compuesta por la línea de trazo y puntos. Mientras que las figuras 3.6, 3.7 y 3.8, muestran los factores masa de la cabeza, perímetro del cuello y longitud del cuello respectivamente vs movimiento, estas figuras tienen en común que no presentan anomalías en el movimiento de la columna cervical.

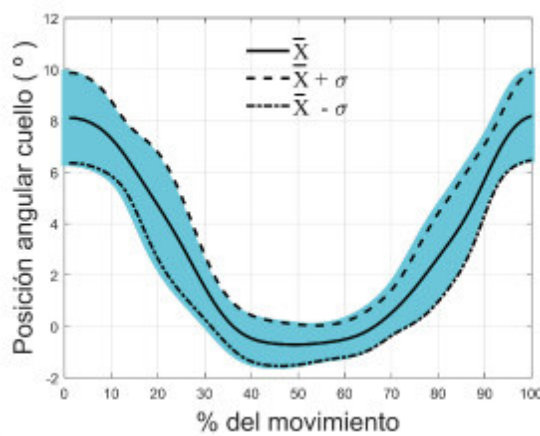


Figura 3.5. Variables funcionales de rotación
(Fuente: Propia)

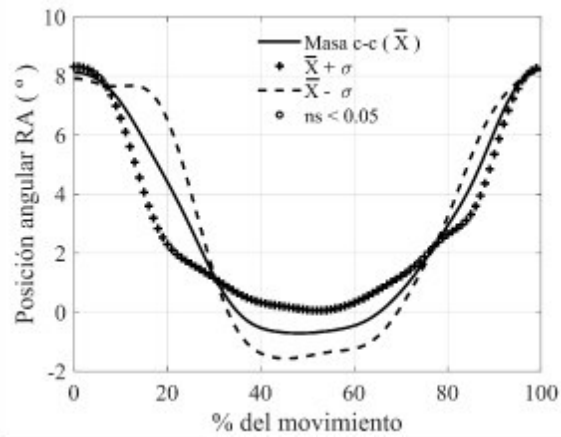


Figura 3.6. Movimiento en función del factor antropométrico masa de la cabeza en rotación
(Fuente: Propia)

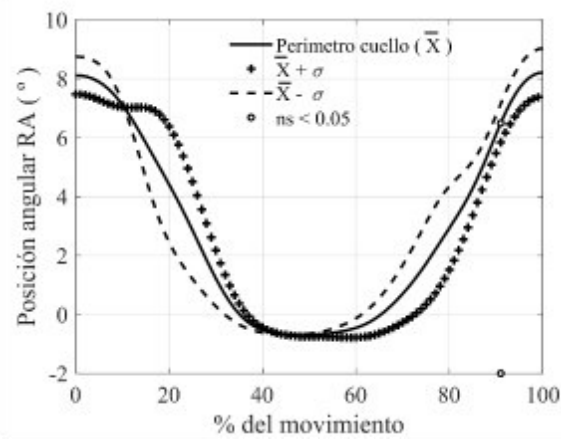


Figura 3.7. Movimiento en función del factor antropométrico perímetro del cuello en rotación
(Fuente: Propia)

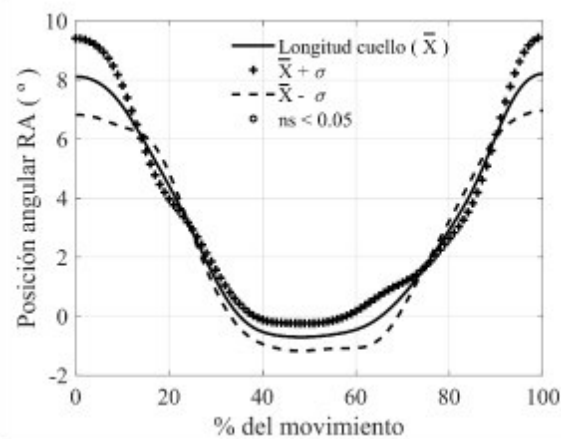


Figura 3.8. Movimiento en función del factor antropométrico longitud del cuello en rotación
(Fuente: Propia)

Al tener ya los resultados de los movimientos se determina que los factores antropométricos seleccionados en este estudio influyen en los ejercicios de flexo-extensión. Pero eso no quiere decir que no exista anomalías en ejercicios de rotación de la columna cervical, para hallar las anomalías se deberían determinar otro tipo de factores los cuales sean más concluyentes.

Para los resultados presentados por el equipo IMU se realizó la figura 3.9 y 3.10. Estas figuras no son determinantes puesto que no siguen movimientos cíclicos similares a los resultados obtenidos de la fotogrametría por lo que no se puede obtener una comparación adecuada. A la vez se observa que en la presentación de los datos posee bastante ruido y esto se ve afectado directamente a la manera de instrumentación de los mismos. Se recomienda este tipo de experimentación para trabajos futuros, pero con una correcta instrumentación.

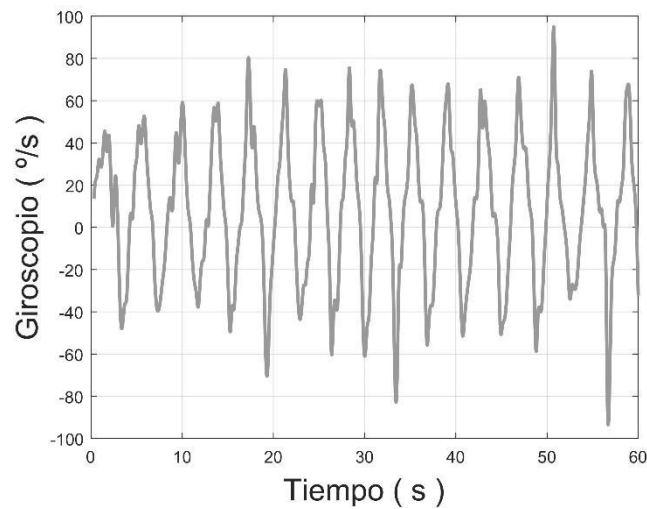


Figura 3.9. Velocidad angular obtenida con IMU
(Fuente: Propia)

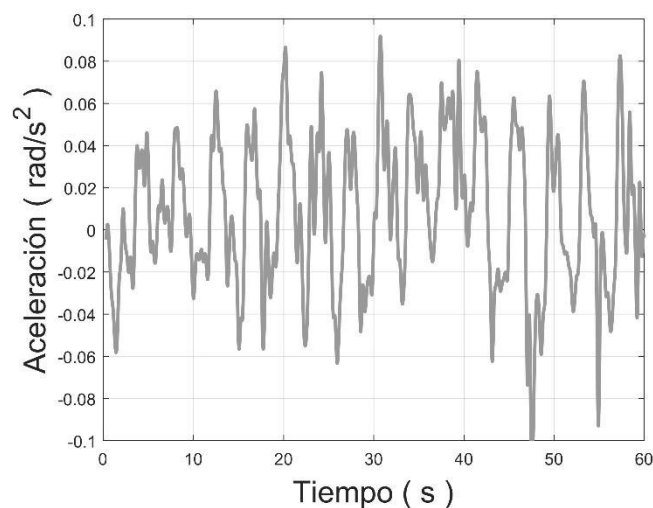


Figura 3.10. Aceleración angular obtenida con IMU
(Fuente: Propia)

3.2 Conclusiones

Al concluir el análisis de parámetros y factores antropométricos en la movilidad de la cervical por actividad de teletrabajo, se evidenció que, con ayuda de los parámetros antropométricos, se logra definir una banda de funcionalidad que permite la verificación del estado de las personas inmersas en el teletrabajo que evitan lesiones a largo plazo que, a su vez, si presentan patologías, se logran controlar a tiempo.

Al analizar las figuras 3.2., 3.3. y 3.4. referentes a la relación entre los factores antropométricos vs movimiento, se define que, de los tres factores seleccionados, solamente dos afectan al movimiento de la columna cervical: el de masa craneal y la longitud del cuello. Así pues, se evidencia que entre ambos resultados existen anomalías de un rango entre el 70% al 75% de movimiento. Se concluye que con estos factores antropométricos los momentos críticos para la columna cervical es al momento del regreso a la posición inicial.

El implementar un protocolo de la realización de las pruebas del presente estudio, ayudará a visualizar un panorama investigativo más amplio de los procesos a llevar a cabo. Debido a que dicho protocolo presenta indicaciones del número de marcadores a usar, posición de los marcadores, los sistemas de referencia a tomar en cuenta, ubicación del sujeto de prueba, movimientos a realizar, equipo a emplear, indumentaria adecuada para el experimento y los pasos a seguir para tomar medidas y ubicación del sujeto a prueba. Al cumplir este protocolo, a cabalidad se aumentará la eficiencia y eficacia de los resultados obtenidos.

Se concluye que, por el teletrabajo, existe una alta tasa de lesiones músculo-esqueléticas, las cuales afectan a todo el cuerpo. El estudio se centró en la columna cervical por lo que se determinó, que lo que más afecta a su funcionamiento, son los movimientos repetitivos de rotación parcial hacia adelante o hacia atrás de la cabeza o movimientos giratorios hacia ambos lados.

3.3 Recomendaciones

Se recomienda aumentar el muestreo de la presente investigación con el propósito de mantener una investigación más fina y con mayor alcance para su posterior análisis.

Para obtener medidas antropométricas correctas se recomienda el uso de instrumentos o equipos con una precisión mayor. O a su vez tomar varias medidas y hallar un promedio entre estas. Para así evitar errores de medición o información errada.

Realizar una ingeniería más a detalle que permita obtener una serie de documentos técnicos necesarios para la planificación y ejecución de este tipo de pruebas.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becker, E. (1972). Measurement of Mass Distribution Parameters of Anatomical Segments (Vol. 81). SAE International.
- Borjas, E., Carmenate, L., & Moncada, F. (2014). Manual de medidas antropométricas. Cartago: Z Servicios Gráficos.
- Cámara de Comercio de Quito . (2021). Informe Mercado Laboral. Quito.
- Cazamian, P. (1973). Leçons de Ergonomie industrielle: Une approche globale. Francia: Editions Cujas.
- Colin, R. (2011). GPS system with IMUs tracks first responders. Obtenido de http://www.eetimes.com/documen.asp?doc_id=1259727
- Confederación Regional de organizaciones empresariales de Murcia. (2011). CROEM. Obtenido de <http://www.croem.es/prevergo/formativo/5.pdf>
- Dempster, W. (1955). The Anthropometry of body action . Ohio.
- Diego-Mas, J. A., Poveda-Bautista, R., & Garzon-Leal, D. C. (2015). Influences on the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. Ergonomics. Valencia: Taylor & Francis.
- Fard, M., Ishihara, T., & Inooka, H. (2004). Identification of the head-neck complex in response to trunk horizontal vibration. Sendai: Biological cybernetics.
- Faverge, J.-M. (1970). L'homme agent d'infiabilité et de la fiabilité du processus industriel. (Vol. 13). Londres.
- González, D. (2008). Ergonomía y Psicosociología. Madrid: FC Editorial.
- Guelaud, F., Beauchesne, M.-N., Gautrat, J., & Roustang, G. (1975). Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise. Paris: Librairie Armand Colin.
- Llaneza, J. (2009). Ergonomía y psicosociología aplicada. Valladolid: Lex Nova.

Montmollin, M. (1970). Introducción a la ergonomía. Madrid: Aguijar.

Murrell, K. H. (1965). Ergonomics. Man in his working environment. Londres: Chapman an Hall.

Otero, I., Ezquerro, A., Rodríguez-Solano, R., Martín, L., & Bachiller, I. (2010). Fotogrametría.

Sánchez, J. (2007). Introducción a la Fotogrametría. Granada: ETS.

Santamaría, J., & Sanz, T. (2011). Fundamentos de Fotogrametría. Logroño: Universidad de la Rioja.

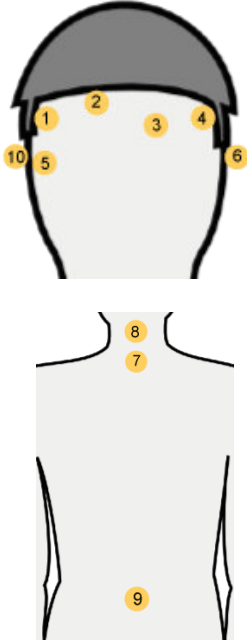
Secretaria de Salud Laboral y de Medio Ambiente. (2008). Lesiones músculo-esqueléticas. Asturias: Gráficas Careaga.

SmartDreams. (2010). Unidad de Medición Inercial (IMU). Obtenido de <http://smartdreams.cl/unidad-de-medicion-inercial-imu/>

Universidad Nacional del Nordeste. (1981). Principios de fotogrametría. Argentina: Centro de Geociencia Aplicadas.

5 ANEXOS

ANEXO I: PROTOCOLO DE PRUEBA PARA MOVIMIENTO DE COLUMNA CERVICAL EN TELETRABAJO

Marcadores	Localización	Imagen
<p>Marcadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnicos (4) • Anatómico (6) 	<p>Cuatro de los marcadores técnicos se ubican en un cintillo que se colocara en la frente.</p> <p>Y los seis marcadores anatómicos restantes se dispondrán de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dos en las orejas uno en cada lado • Uno en la C7 • Uno en L4 • Uno en la cien del lado derecho • Uno en la mitad del cuello por la parte posterior 	
Sistemas de referencia		
<p>Se utilizará tres sistemas de referencia uno dado por el marcado anatómico situado en la mitad del cuello, otro será dado por los dos marcadores ubicados en las orejas, por último, uno que se encuentra a nivel del suelo del laboratorio de bioingeniería para asegurar que la posición de referencia sea adecuada.</p>		
Ubicación del Sujeto		
<p>El sujeto deberá ubicarse sentado en el banco o asiento que será entregado por la gente de laboratorio, teniendo en cuenta la posición de referencia del suelo.</p>	<p>El sujeto deberá de realizar una serie de 10 repeticiones de los movimientos de columna cervical, estos movimientos son los críticos en el teletrabajo.</p> <p>El primer movimiento es inclinar la cabeza de atrás hacia adelante y regresar a la posición inicial.</p> <p>El segundo movimiento es girar la cabeza hacia el lado izquierdo y regresar a su posición central.</p>	
Cámara de Grabación		
<p>Se utilizará el sistema de fotogrametría disponible en el laboratorio de bioingeniería de la Escuela Politécnica Nacional, además de una webcam que servirá para la memoria videográfica del experimento.</p>		

Indumentaria:

El sujeto deberá contar con indumentaria apropiada para realizar el movimiento de flexo-extensión, además de que brinde un acople a los marcadores y no exista movimiento de dichos marcadores.

Protocolo de Medición:

1. El sujeto debe ser informado el objetivo del estudio y estar de acuerdo con el mismo.
2. Se procede a explicar el tipo de experimento a realizar y la instrumentación a ser utilizada.
3. Se medirá el perímetro de la cabeza y del cuello, así como peso y talla.
4. Se colocará el sistema de marcadores.
5. El sujeto se ubicará en el banco o asiento que será entregado por el personal del laboratorio y mantenerse sentado erguidamente con la mirada hacia el frente.
6. Se informa el tipo de movimiento a realizar y deberá practicar unas dos veces para evitar confusiones.
7. El sujeto deberá permanecer quieto por cinco segundos en la posición de referencia.
8. Se empezará la grabación en dicha posición durante un tiempo determinado.
9. El sujeto deberá realizar por lo menos 10 ciclos completos de los movimientos indicados.
10. La velocidad deberá ser la que sea cómoda para el sujeto.