

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO

“Rediseño de una silla ergonómica para estudiantes universitarios que reduzca las lesiones musculoesqueléticas por malas posturas en una institución educativa”

Tesis

PRESENTA:

Jesus Abdías Cruz Tlacopancho

MATRICULA:

202024125

NOMBRE PROFESOR

Mtra. María del Carmen López Hernández

Mtro. Victor Manuel Ferreyra Coroy

Tianguistenco, Estado de México, enero de 2025

Agradecimientos

A mi familia, por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante todo este tiempo. Sin su apoyo emocional y sacrificio, esta tesis no habría sido posible.

A mis amigos y seres queridos, por su aliento, motivación y comprensión en los momentos difíciles. Su ánimo y consejos fueron fundamentales para mantenerme enfocado.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco por brindarme la oportunidad de formarme como profesional. Su compromiso con la excelencia académica y el apoyo constante de sus docentes y personal administrativo han sido fundamentales

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Mtra. María del Carmen López Hernández, quien, con su guía, conocimiento y paciencia, ha sido una pieza clave en la realización de este trabajo.

Extiendo mi más sincero agradecimiento al Mtro. Víctor Manuel Ferreyra Coroy por su invaluable apoyo y orientación durante el desarrollo de este trabajo. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para superar los retos que este proyecto presentó, así como para enriquecer mis aprendizajes a lo largo del camino.

Resumen

La ergonomía se ha convertido en un factor clave para el diseño de mobiliario escolar, especialmente en entornos universitarios, donde los estudiantes pasan largas horas sentados. La falta de adecuación del mobiliario a las diferentes complexiones y necesidades de los estudiantes ha incrementado los problemas musculoesqueléticos, impactando su salud y bienestar. En las instituciones educativas de nivel superior, el mobiliario suele diseñarse bajo estándares que no consideran la diversidad corporal de los estudiantes, lo que resulta en posturas inadecuadas y molestias físicas prolongadas.

Este documento aborda el rediseño de una silla ergonómica orientada a estudiantes universitarios, con el fin de minimizar las lesiones musculoesqueléticas provocadas por malas posturas. Para ello, se realizó una investigación exhaustiva que incluyó encuestas a estudiantes, análisis de resultados y la elaboración de cartas antropométricas. Adicionalmente, se estudiaron técnicas ergonómicas aplicadas en el diseño de mobiliario y se implementó el método REBA para evaluar los riesgos ergonómicos.

El rediseño de la silla se llevó a cabo mediante el uso del software SolidWorks, permitiendo crear un modelo digital que integra las mejoras ergonómicas propuestas. La propuesta final busca ofrecer un mueble que se adapte a la diversidad de los estudiantes y que fomente un entorno de aprendizaje más saludable y eficiente.

Palabras clave: ergonomía, rediseño de sillas, lesiones musculoesqueléticas, estudiantes universitarios, cartas antropométricas, método REBA, SolidWorks, diseño ergonómico.

Abstract

Ergonomics has become a key factor for the design of school furniture, especially in university environments, where students spend long hours sitting. The lack of adaptation of furniture to the different complexions and needs of students has increased musculoskeletal problems, impacting their health and well-being. In higher educational institutions, furniture is often designed to standards that do not consider the body diversity of students, resulting in inadequate postures and prolonged physical discomfort.

This document addresses the redesign of an ergonomic chair aimed at university students, in order to minimize musculoskeletal injuries caused by poor posture. To achieve this, an exhaustive investigation was carried out that included student surveys, analysis of results and the preparation of anthropometric charts. Additionally, ergonomic techniques applied in furniture design were studied and the REBA method was implemented to evaluate ergonomic risks.

The redesign of the chair was carried out through the use of SolidWorks software, allowing the creation of a digital model that integrates the proposed ergonomic improvements. The final proposal seeks to offer furniture that adapts to the diversity of students and that promotes a healthier and more efficient learning environment.

Keywords: ergonomics, chair redesign, musculoskeletal injuries, university students, anthropometric charts, REBA method, SolidWorks, ergonomic design.

Indicé

Capítulo 1. Generalidades	9
1.1 Introducción	10
1.2 Problemas a resolver	13
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivo general	17
1.4.1 Objetivos específicos.....	17
1.6 Alcances	18
Capítulo 2 Marco teórico.....	19
2.1 Antecedentes	20
2.2 Marco conceptual	23
2.2.1 Ergonomía.....	23
2.2.2 La Intervención de la ergonomía en las sillas de estudio.....	23
2.2.3 Las MDS (Lesiones musculoesqueléticas) y TME (Trastornos musculoesqueléticos)	24
2.2.4 Los factores de riesgo ergonómico más importantes asociados con los trastornos musculoesqueléticos se clasifican en las siguientes categorías.	25
2.2.5 RULA.....	25
2.3 Manual detallado para evaluar una silla educativa universitaria utilizando la técnica RULA (Rapid Upper Limb Assessment).	27
2.3.1 Introducción	27
2.3.2 Materiales Necesarios	27
2.3.3 Procedimiento de Evaluación	29
2.3.4 Interpretación de los Resultados y Niveles de Riesgo	30
2.3.5 Recomendaciones para Mejorar la Ergonomía	31
2.4 REBA	32
2.5 Manual para Evaluación Ergonómica de una Silla Educativa Universitaria con Técnica REBA.....	33
2.6 Antropometría.....	37
2.7 Cartas antropométricas.....	38
2.8 Cinta métrica	38
2.9 Flexómetro	39
2.10 Percentiles	40

2.11 Arteria Poplítea.....	41
2.12 Ergodroi.....	41
3. Método de los 5 Porqués	42
4. Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado)	43
Capítulo 3. Estado del arte	46
3.1 Estudio del arte.....	47
Capítulo 4. Metodología.....	53
4.1 Metodología	54
Capítulo 5 Resultados y discusión.....	56
5.1 Resultados de la encuesta sobre la silla actual	57
5.1.1 Elaboración de 5W.....	64
5.1.2 Elaboración del Ishikawa	66
5.1.3 Resultados del estudio del arte	68
5.1. 4 cartas antropométricas de un grupo de 35 Alumnos	71
5.1.5 Formulario REBA con la aplicación Ergodroi	76
5.1.6 Dimensiones de la silla actual	91
5.1.7 Propuestas de las medidas para el rediseño de la silla.....	94
5.2. Dimensiones de la silla con los ajustes realizados	102
5.2.1 Sillas actuales en el mercado.....	104
5.2.2 Explosión de materiales.....	108
Conclusión.....	114
Competencias desarrolladas	116

Índice Ilustraciones

Ilustración 1.	Método RULA Wibowo et al., (2021)	27
Ilustración 2.	Formulario RULA (Atamney et al., 1993)	28
Ilustración 3.	Formulario REBA (Atamney et al., 1995)	34
Ilustración 4.	5 porques (Toyota 1975).....	43
Ilustración 5.	Diagrama de Ishikawa, Wikipedia. (2024).	44
Ilustración 6.	La solución probada para el diseño y desarrollo de productos en 3D. (2024)	45
Ilustración 7.	Metodología (Elaboración propia)	54
Ilustración 8.	Frecuencia de molestias físicas (Elaboración propia)	57
Ilustración 9.	Partes del cuerpo donde presentan molestias (Elaboración propia)	58
Ilustración 10.	Tiempo sentado sin molestias (Elaboración propia).....	59
Ilustración 11.	Soporte adecuado de la silla (Elaboración propia)	59
Ilustración 12.	Presencia de tensión en piernas (Elaboración propia)	60
Ilustración 13.	Hormigueo en partes del cuerpo (Elaboración propia)	61
Ilustración 14.	Altura de la silla y escritorio (Elaboración propia)	61
Ilustración 15.	Mejora al utilizar silla diferente (Elaboración propia)	62
Ilustración 16.	Molestias o dolores más frecuentes (Elaboración propia)	63
Ilustración 17.	Ajustes recomendados (Elaboración propia).....	63
Ilustración 18.	5 porques (elaboración propia)	65
Ilustración 19.	Ishikawa (elaboración propia).....	67
Ilustración 20.	Frecuencia de uso del método (Elaboración propia).....	68
Ilustración 21.	Frecuencia de uso de software (Elaboración propia)	69
Ilustración 22.	Incidencia de problemas (Elaboración propia)	70
Ilustración 23.	Porcentaje de alumno (Elaboración propia)	71
Ilustración 24.	Cartas antropométricas 1	72
Ilustración 25.	Cartas antropométricas 2	73
Ilustración 26.	Cartas antropométricas 3	74
Ilustración 27.	Encuesta 1 método REBA (elaboración propia)	83
Ilustración 28.	Encuesta 2 método REBA (elaboración propia)	84
Ilustración 29.	Encuesta 3 método REBA (elaboración propia)	85
Ilustración 30.	Encuesta 4 método REBA (elaboración propia)	86

Ilustración 31.	Encuesta 5 método REBA (elaboración propia)	87
Ilustración 32.	Encuesta 6 método REBA (elaboración propia)	88
Ilustración 33.	Resultados de Ergodroi	90
Ilustración 34.	Explosión de materiales 1 (elaboración propia)	109
Ilustración 35.	Explosión de materiales 1 (elaboración propia)	110
Ilustración 36.	Explosión de materiales 3 (elaboración propia)	111
Ilustración 37.	Explosión de materiales 4 (elaboración propia)	112

Índice tablas

Tabla 1.	Niveles de riesgo (Anderson., 1999).....	30
Tabla 2.	Puntuación del riesgo (Straker et al., 2009)	36
Tabla 3.	Fuentes de información (Elaboración propia).....	47
Tabla 4.	Medidas importantes (elaboración propia)	75
Tabla 5.	Formulario REBA (elaboración propia)	76
Tabla 6.	Resultados método REBA (elaboración propia).....	89
Tabla 7.	Medidas de la silla actual (elaboración propia)	92
Tabla 8.	Comparación de la altura del asiento (elaboración propia)	96
Tabla 9.	Comparación de la Profundidad del asiento (elaboración propia).....	97
Tabla 10.	Comparación de la Altura del respaldo (elaboración propia)	98
Tabla 11.	Comparación del Ancho del asiento (elaboración propia).....	99
Tabla 12.	Comparación del Ancho del respaldo (elaboracion propia)	100
Tabla 13.	Comparación de la Altura de la paleta (elaboración propia)	101
Tabla 14.	Propuesta de la mejora de las medidas (elaboración propia).....	102
Tabla 15.	Comparación de sillas actuales en el mercado.....	104
Tabla 16.	Competencias desarrolladas.....	116

Capítulo 1.

Generalidades

1.1 Introducción

La ergonomía es la ciencia que busca optimizar la interacción entre las personas y su entorno, diseñando herramientas y espacios que promuevan el confort y la seguridad. En el contexto de la educación superior, donde los estudiantes pasan largas horas sentados en clases y actividades de estudio, el diseño ergonómico de las sillas juega un papel crucial en el bienestar y desempeño de los usuarios. (Gajšek et al., 2022).

Una postura adecuada mientras se está sentado puede prevenir problemas de salud a corto y largo plazo, como los problemas musculoesqueléticos. Por otro lado, mantener una mala postura durante períodos prolongados puede acarrear consecuencias negativas, lo que afecta el estado físico general.

En este estudio se realizó el rediseño de una silla estudiantil del Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco.

El objetivo es rediseñar una silla estudiantil, a través de un análisis ergonómico, las características más relevantes en el diseño de sillas que influyen en la prevención de lesiones musculoesqueléticas entre estudiantes universitarios. Se busca determinar, cómo un diseño adecuado puede mejorar la salud de los alumnos durante sus actividades académicas.

Se pretende conocer cuáles son las principales molestias y disconformidades que presentan los alumnos con respecto a las sillas tradicionales otorgadas por la universidad.

Indagar sobre las principales lesiones musculoesqueléticas presente en los estudiantes universitarios derivado de las sillas y las posturas adoptadas en las jornadas de clase.

Este proyecto analiza cómo la relación entre la ergonomía y la postura afecta el bienestar de los estudiantes y establece los factores clave que intervienen tanto en el corto como en el largo plazo en la mejora de las condiciones ergonómicas en las aulas universitarias.

Así como que técnicas y herramientas se pueden implementar para el rediseño de una silla que se adapte a las necesidades de los estudiantes mejorando el confort y la salud.

En el capítulo uno se realizó el problema que queríamos resolver y nuestra justificación de nuestro proyecto, se definió el objetivo general y nuestros objetivos específicos a los que se deben llegar y la metrología la que incluía los pasos para poder realizar nuestro trabajo.

En el capítulo dos se realizó el marco teórico, lo que nos permitió fundamentar la investigación sobre el rediseño de una silla ergonómica. En esta sección se analizaron conceptos clave, estudios previos y teorías relacionadas con la ergonomía, el diseño industrial y su impacto en la mejora de la productividad mediante soluciones de mobiliario. Se abordaron aspectos como la postura, la reducción de la fatiga y el bienestar del usuario, proporcionando una base sólida para justificar la relevancia del proyecto, así como para definir los criterios y metodologías aplicadas en el proceso de rediseño

En el capítulo tres se establece el estado del arte, que permitió un análisis detallado de las tendencias actuales, innovaciones y soluciones existentes en el diseño de sillas ergonómicas. Se examinaron distintos modelos, tecnologías aplicadas y materiales utilizados, así como estudios de casos relevantes. Este análisis sirvió para identificar fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora, aportando una perspectiva clara para orientar el proceso de rediseño y asegurar que nuestra propuesta sea competitiva, funcional y adecuada a las necesidades del usuario.

En el capítulo cuatro se comenzó con la metodología, definiendo los pasos y procedimientos a seguir para el desarrollo del proyecto de rediseño de la silla ergonómica. Se detallaron las técnicas de recolección de datos, los criterios de evaluación, así como las herramientas y enfoques utilizados para llevar a cabo el análisis y las mejoras propuestas. Este capítulo estableció un marco estructurado que garantizó un proceso riguroso y orientado a cumplir con los objetivos del proyecto, asegurando la calidad y efectividad de cada etapa.

Posteriormente, en el capítulo cinco, se llevó a cabo el desarrollo del rediseño propuesto para la silla ergonómica. En esta etapa, se presentaron las especificaciones técnicas, bocetos, modelos y mejoras planteadas con base en los análisis previos. Se incluyeron aspectos relacionados con la estética, funcionalidad, materiales y ergonomía, buscando satisfacer las necesidades del usuario y superar las limitaciones identificadas en modelos existentes. El diseño se fundamentó en criterios de sostenibilidad, eficiencia y confort, con un enfoque en incrementar la productividad y bienestar del usuario.

1.2 Problemas a resolver

En cada una de las instituciones educativas, el mobiliario se elabora bajo especificaciones para estudiantes promedio, esto es a nivel básico, nivel medio superior y nivel superior. De esta manera dentro de la institución educativa donde se desarrolla el proyecto de investigación el mobiliario cumple con los estándares para un estudiante promedio en México. Estatura promedio corresponde a 165 cm y 170 cm para hombres, y entre 155 cm y 160 cm para mujeres, la circunferencia del pecho es de 90 cm y 95 cm para hombres, y entre 85 cm y 90 cm para mujeres, se sabe que la largura del brazo: Desde el hombro hasta la punta de los dedos, varía entre 70 cm y 75 cm para hombres, y entre 65 cm y 70 cm para mujeres, se conoce que la largura del muslo sentado: Desde la cadera hasta la rodilla, entre 50 cm y 55 cm para hombres, y entre 45 cm y 50 cm para mujeres. (Instituto Mexicano de Ergonomía, 2020).

Sin embargo, dado que existen estudiantes con otras complexiones, incluyendo zurdos, se identifican y aumentan los problemas musculoesqueléticos en estos estudiantes, impactando tanto su salud como su rendimiento académico.

Otro factor que influye en las posturas correctas de un estudiante dentro que debe mantener un estudiante dentro aula, la cual supera las cantidades establecidas de acuerdo las dimensiones del aula se relacionan con la cantidad de alumnos en la clase. Es decir, existen materias que superan la cantidad recomendada de estudiantes, lo que genera problemas relacionados con el bienestar físico, como el soporte adecuado para la columna y la postura durante largas sesiones de estudio. Por lo tanto, un gran número de estudiantes sufre lesiones musculoesqueléticas debido a un diseño inadecuado de las sillas, lo que plantea la duda de si este tipo de mobiliario es realmente adecuado para fomentar un ambiente de aprendizaje saludable y eficiente en la actualidad.

Actualmente, los alumnos permanecen horas sentados en sus sillas. Esto expone a las personas a importantes riesgos ergonómicos, haciéndolas más susceptibles a lesiones musculoesqueléticas a corto plazo. Ahí es donde entra la ergonomía, que es una ciencia que nos permite buscar soluciones a estos problemas.

Las lesiones musculoesqueléticas presentes en universitarios es uno de los principales problemas derivado del uso de sillas, por esto se necesita evaluar sus hábitos posturales mientras estudian. durante las horas de estudio. Las actividades en el aula exponen a los alumnos a riesgos ergonómicos diarios, debido a la prolongada duración de las horas de clase, lo que podría contribuir al desarrollo de problemas musculoesqueléticos.

El mal diseño de las sillas universitarias provoca enfermedades a corto y largo plazo en las aulas de trabajo, por lo que se deben buscar propuestas ergonómicas que ayuden a mitigar las lesiones musculoesqueléticas mediante la implementación de distintas técnicas y el uso de cartas antropométricas. Además, es esencial considerar un rediseño que contemple las necesidades de los estudiantes zurdos, asegurando que el mobiliario permita una correcta postura y mayor comodidad, sin importar la lateralidad del usuario.

¿Cómo puede ayudar la ergonomía a minimizar el mal diseño de las sillas y las enfermedades que estas provocan en los estudiantes?

1.3 Justificación

La ergonomía es una ciencia que se enfoca en diseñar entornos de trabajo que se adapten a las necesidades físicas y cognitivas de los alumnos. El rediseño de una silla ergonómica promueve una postura saludable que disminuya el riesgo de fatiga y lesiones musculoesqueléticas.

Dando que las jornadas dentro del aula para estudiantes del nivel superior llevan a tener largas horas sentados con posiciones inadecuadas en algunos intervalos de tiempo. Sin embargo, las sillas convencionales no están diseñadas para soportar de manera adecuada la postura y la ergonomía, lo que contribuye al desarrollo de lesiones musculoesqueléticas y malestar general entre los estudiantes.

La ergonomía en el rediseño es de suma importancia para prevención de problemas musculoesqueléticos entre los estudiantes. Las largas horas de estudio y el uso prolongado de sillas inadecuadas pueden causar tensiones en la espalda, cuello y hombros, lo que impacta negativamente en la salud física.

La implementación de la ergonomía en las sillas universitarias, como lo ha hecho la Universidad de Stanford, ha contribuido significativamente a la reducción de lesiones musculoesqueléticas entre los estudiantes. Al rediseñar con principios ergonómicos, la universidad ha generado cambios positivos en la salud y bienestar de su comunidad

El tema de la ergonomía en los entornos universitarios es novedoso, ya que los problemas musculoesqueléticos, son cada vez más comunes entre los estudiantes debido a las malas condiciones de las sillas. Al implementar el rediseño de estas sillas para largas horas de estudio, se puede no solo mejorar el bienestar físico, sino también reducir la fatiga.

La implementación de un rediseño de sillas ergonómicas en las instalaciones de la carrera de Ingeniería Industrial tiene como propósito mejorar la calidad de vida estudiantil, ofreciendo un

entorno más saludable. Al diseñar y proporcionar sillas que promuevan una postura correcta, se espera minimizar la incidencia lesiones musculoesqueléticas.

Este proyecto permitirá que los estudiantes tengan una silla personalizada que se adapte a sus necesidades.

Objetivo general y específicos

1.4 Objetivo general

Rediseñar una silla ergonómica para estudiantes universitarios que minimice las lesiones ocasionadas por malas posturas y que, además, se adapte a las necesidades de estudiantes zurdos.

1.4.1 Objetivos específicos

- a) Indagar cuales son las principales causas de riesgos ergonómicos por malas posturas presentes en los alumnos
- b) Diseñar una encuesta que permita recolectar datos por medio de encuestas a los alumnos sobre las sillas que usan diariamente.
- c) Analizar los datos obtenidos por las encuestas realizadas
- d) Elaborar cartas antropométricas para obtener las medidas aptas para la silla ergonómica
- e) Investigar principios y técnicas ergonómicos para el rediseño de sillas
- f) Rediseñar la silla para que cumpla con los principios ergonómicos y se adapte a los estudiantes zurdos.
- g) Presentar propuesta del rediseño de una silla ergonómica

1.6 Alcances

Identificar los problemas más recurrentes en los estudiantes, como la incomodidad general, problemas musculoesqueléticos, tensión en ciertas zonas del cuerpo o falta de apoyo adecuado. Particularmente, se buscará identificar las áreas específicas del cuerpo que presentan mayores niveles de incomodidad o fatiga, como la espalda baja, el cuello, los hombros o las piernas, tras períodos prolongados de uso.

Conocer y analizar las medidas corporales más representativas de los estudiantes universitarios mediante el uso de cartas antropométricas. Se evaluarán dimensiones clave como la altura al estar sentado, el ancho de cadera, la profundidad del asiento y la altura del respaldo, entre otras.

El nuevo diseño que proporcione un soporte adecuado para las diferentes posturas que adoptan los estudiantes durante largas horas de clases. Además, se busca asegurar un equilibrio entre confort y funcionalidad, minimizando tensiones musculares, favoreciendo una postura saludable y reduciendo el riesgo de incomodidades o lesiones a largo plazo. Este enfoque integral permite adaptar el mobiliario no solo a las necesidades generales, sino también a la diversidad de tallas, alturas y proporciones de los estudiantes, con el fin de ofrecer una experiencia de uso cómoda, eficiente y alineada con los principios ergonómicos más modernos.

Capítulo 2 Marco teórico

2.1 Antecedentes

La ergonomía es una ciencia moderna. Cerca del final del siglo XIX y principios del XX se creía que la gente tenía que adaptarse a su área de trabajo, y con este criterio llegó el taylorismo en la disposición científica del trabajo con la Segunda Guerra Mundial y con un propósito nació en Estados Unidos para mejorar la productividad laboral combinado con la llamada ingeniería humana.

La Asociación Española de Ergonomía (AEE), fundada en 1964, define la ergonomía como ciencia aplicada de carácter multidisciplinar que tiene como finalidad la adecuación de los productos sistemas y entornos artificiales a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios para optimizar su eficacia, seguridad y confort.

La ergonomía, originalmente concebida como un estudio de la racionalización de Taylor, se convirtió en una ciencia en el siglo XX. Hasta el final de la Segunda Guerra Mundial, los diseñadores de sistemas consideraron los aspectos fisiológicos y psicológicos del comportamiento humano y su adaptación a su área de trabajo.

Casi al mismo tiempo, a mediados del siglo XX, con el mismo objetivo (aumentar la productividad, pero aún sin tener en cuenta los estándares de bienestar social), se creó en Inglaterra la Ergonomía, cuyo enfoque general fue adaptar el trabajo a la persona. (Gómez et al.,2010)

El actual enfoque de la ergonomía es analizar las relaciones entre el trabajador y su entorno ya que ambos son componentes fundamentales del sistema. Se ha pasado de estudiar únicamente la interacción entre el hombre y la máquina, que antes no resultaba especialmente relevante a evaluar todas las interacciones del trabajador con su entorno laboral. Por lo tanto,

tanto en el diseño inicial del puesto de trabajo como en su evaluación durante la fase de producción, es esencial considerar todas las variables que definen las condiciones laborales, junto con las características de la población que ocupará esos puestos. Esto implica no solo examinar el espacio y los medios de trabajo, así como los elementos de control y señalización, sino también concebir las posturas, esfuerzos y movimientos que el trabajador realizará. Además, es importante recordar que todo esto se encuentra enmarcado en un entorno físico y organizacional específico, según los distintos procesos. No obstante, nada de esto sería útil si no se tiene en cuenta que los trabajadores que ocuparán esos espacios tienen características antropométricas propias, las cuales deben ser un factor clave para cumplir con el objetivo principal de la ergonomía: adaptar el puesto de trabajo a la persona que lo desempeñará. (cevallos., 2018)

Un estudio de los efectos de una ergonomía cognitiva que interviene en el lugar de trabajo (CognErg) en tensión cognitiva y bienestar comenzó en octubre de 2017, cuando se pidió a las organizaciones participantes que compartieran información general. Los investigadores asistieron a reuniones ejecutivas para proporcionar brevemente información básica y discutir el estudio.

En el que los resultados publicados en el 2020 dicen que la intervención de la ergonomía según los datos recabados tiene una gran importancia debido a la disminución de lesiones musculoesqueléticas a corto plazo y esperando que también sean a largo plazo es por eso por lo que el estudio sigue abierto hasta los próximos años. (Kalakoski et al., 2020)

En el 2022 se realizó la implementación del vínculo entre la sostenibilidad social en el lugar de trabajo de los estudiantes el concepto de ergonomía que se proporciona a través de 17 indicadores subyacentes del marco de sostenibilidad del lugar de trabajo, implementando 7 pasos cruciales para lograr su cometido.

En el Paso 1, realizamos la revisión de la literatura y, con base en ella, decidimos utilizar el marco de sostenibilidad social existente para el lugar de trabajo.

En el Paso 2, se seleccionó una herramienta ergonómica.

En el Paso 3, elegimos un lugar de trabajo. La elección fue intencionada, ya que esta aún no estaba pensando en el desarrollo sostenible y no mejora sistemáticamente su ergonomía

En el paso 4, un grupo de trabajo multicultural formado por personas con diferentes antecedentes y experiencias la experiencia profesional se forma en la 8ª escuela internacional de verano en agosto de 2021 en la Escuela de Logística de la Universidad de Maribor.

En el paso 5, el grupo mencionado anteriormente observó y registró las cuatro obras seleccionadas lugar de trabajo con teléfonos inteligentes siguen las instrucciones para una entrada adecuada. Proporcionado por el proveedor de soluciones de software.

En el paso 6, los resultados se utilizan para seleccionar aquellos factores del marco de sostenibilidad social del lugar de trabajo que se ven directamente afectados por la implementación de las recomendaciones obtenidas a través de OWAS, REBA

En el paso 7, el método se describe y considera en un marco más amplio aspectos éticos e implementación de tecnologías Industria 4.0.

Logrando obtener posibles soluciones a los problemas que podemos encontrar en el area de trbajo donde se realizó el estudio. (Gajšek et al.,2022)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Ergonomía

Según la definición de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA), la ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión fundamental de la interacción entre las personas y los elementos de un sistema y la aplicación de métodos, teorías y datos relevantes, para mejorar la salud humana y el rendimiento general del sistema.

Mejorar la salud y el rendimiento general del sistema es el objetivo final de la ergonomía, que se logra mediante intervenciones ergonómicas. Para dar una definición original de intervención, simplemente significa la acción deliberada de los agentes humanos para generar un cambio.

2.2.2 La Intervención de la ergonomía en las sillas de estudio

La mayoría de las intervenciones en el lugar de trabajo se implementan utilizando estrategias de arriba hacia abajo, intermedias o de abajo hacia arriba.

Muy a menudo, una intervención ergonómica en realidad implica las tres estrategias. El proceso de diseño ergonómico suele ser no lineal, aleatorio e interactivo y a menudo implica una amplia participación de las personas.

Por lo tanto, estas intervenciones incluyen la gestión del tiempo (intervalos) se debe considerar de la misma manera la ergonomía participativa, entrega de programas, círculo de calidad, diseño organizacional (organización plana y jerárquica, desarrollo de un sistema electrónico de monitoreo del desempeño, gestión de calidad total, organización saludable), administración y formación en ergonomía, sin duda la implementación de esta ciencia genera grandes resultados. (Heidarimoghadam et al., 2020)

2.2.3 Las MDS (Lesiones musculoesqueléticas) y TME (Trastornos musculoesqueléticos)

Se ha investigado mucho sobre la interacción hombre-máquina y el medio ambiente para no subestimar la importancia de los factores humanos en comparación con las máquinas y los métodos de desarrollo, y para aumentar la productividad de los trabajadores en un campo en rápido crecimiento, como resultado encontramos las MSD y TME

Las MSD (lesiones musculo esqueléticas) es un problema potencial cuando se trabaja en posiciones incómodas en tareas de alto impacto pueden ocurrir en trabajadores expuestos a factores de riesgo físico, como posiciones de trabajo incómodas, entornos de trabajo o carga excesiva.

Los TME (trastornos musculo esqueléticos) son causados por posturas estáticas o movimientos repetitivos-rápidos, posturas forzadas que fuerzan el cuerpo, tareas que no permiten el movimiento adecuado esto conduce a pérdidas materiales y moral de los empleados se han llevado a cabo muchos métodos científicos y se han desarrollado estudios académicos para evaluar los riesgos ergonómicos de los TME.

Sin embargo, durante y después del proceso de aplicación real en los estudios sobre el impacto de los riesgos ergonómicos en las áreas de trabajo, la selección de métodos, las etapas de observación, análisis e interpretación siguen siendo muchos problemas que hacen que el evaluador sea confuso y difícil en muchos aspectos.

El paso más importante para reducir y prevenir los TME es la determinación y evaluación de los riesgos ergonómicos, esto de suma importancia porque teniendo en cuenta esto tenemos que utilizar algún método para implementar, uno que sea el más adecuado al problema con el cual

nos encontramos en las estaciones de trabajo entre los más usuales podemos encontrar entre los más usados encontramos RULA, REBA. (ÖZCAN., 2021)

El diseño del mobiliario educativo, en especial de las sillas, tiene un impacto significativo en la comodidad y salud postural de los estudiantes. Estudios previos han demostrado que el uso de mobiliario que no se adapta a las dimensiones antropométricas de los usuarios puede generar malestar y posturas incorrectas, lo que a su vez aumenta el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. Además, la postura tradicional con un ángulo de 90° entre el tronco y las piernas ha sido superada por investigaciones más recientes, que sugieren que posturas más abiertas son beneficiosas para la columna lumbar, lo que reduce la incomodidad y mejora el bienestar físico (Cevallos, 2018).

2.2.4 Los factores de riesgo ergonómico más importantes asociados con los trastornos musculoesqueléticos se clasifican en las siguientes categorías.

Factores biomecánicos, que incluyen movimientos repetitivos, posturas incómodas, manipulación manual de objetos pesados, así como actividades de empuje y arrastre de cargas.

Los factores psicosociales relacionados con la organización del trabajo, condiciones ambientales, características del entorno laboral y factores individuales. (Oramas., 2023)

2.2.5 RULA

Rapid Upper Limb Assessment es un método desarrollado en el campo de la ergonomía cuyo propósito es examinar y evaluar las posturas de trabajo de la parte superior del cuerpo. Este no requiere herramientas especiales para medir la postura del cuello, la espalda y la parte superior del cuerpo, la función muscular y las cargas corporales externas.

RULA completa y generaliza rápidamente la lista de operaciones identificadas para minimizar el riesgo de elevación física del operador está especializado para el campo de la ergonomía con una amplia cobertura.

Al no necesitar herramientas especiales, los investigadores pueden ganar experiencia fácilmente en la realización de procesos de verificación y medición sin costo adicional, el método se puede realizar en espacios confinados sin molestar al personal.

El desarrollo de RULA se lleva a cabo en tres etapas. La primera etapa es el desarrollo de registro y descripción de puestos de trabajo, la segunda etapa es el desarrollo de un sistema de evaluación y la tercera es el desarrollo de una escala de nivel de acción que sirva como guía para el nivel de riesgo y acciones importantes para tomar acciones más detalladas

Para aplicar rápidamente el método RULA, se divide el cuerpo en 2 secciones, denominadas conjunto A y conjunto B el conjunto A incluye hombro, antebrazo y muñeca, el conjunto B incluye hombro, cuello, cuerpo y muñeca. Esto es para asegurar que todas las poses se registren con una mayor precisión para identificar las posiciones restringidas de piernas, cuerpo y cuello que pueden afectar la posición de la parte superior del cuerpo.

La identificación o medición se tiene que iniciar observando a los operarios en varios ciclos de trabajo, la selección se tiene que realizar en la postura de mayor ciclo de trabajo donde se presenta la mayor carga. Dado que RULA se puede hacer rápidamente, las mediciones se pueden realizar en cada postura en el ciclo de trabajo. (Wibowo et al.,2021)



Ilustración 1. Método RULA Wibowo et al., (2021)

2.3 Manual detallado para evaluar una silla educativa universitaria utilizando la técnica RULA (Rapid Upper Limb Assessment).

2.3.1 Introducción

La técnica RULA (Rapid Upper Limb Assessment) es una herramienta ergonómica utilizada para evaluar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos, específicamente en el cuello, el tronco y las extremidades superiores, asociados con posturas de trabajo. En este manual, aplicaremos RULA para evaluar la postura adoptada por un estudiante al utilizar una silla educativa universitaria tradicional (Atamney et al., 1993).

2.3.2 Materiales Necesarios

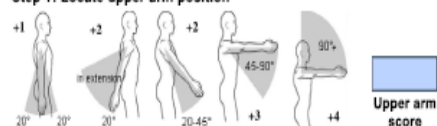
Formulario de Evaluación RULA: Para registrar las puntuaciones de cada postura

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Patient name: _____ Age: _____ Medical history: _____ Medical professional in-charge: _____

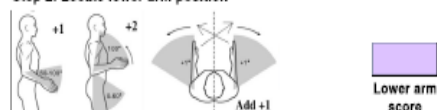
A. Arm and wrist analysis

Step 1: Locate upper arm position



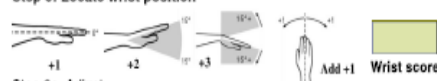
Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate lower arm position



Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate wrist position



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist twist

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up posture score in Table A

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add muscle use score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add force/load score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist posture score

Upper arm	Lower arm	Wrist twist				Wrist twist			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	5	5	5	5
5	1	5	5	5	5	5	6	6	6
	2	5	5	5	5	5	6	6	6
6	1	6	6	6	6	6	7	7	7
	2	6	6	6	6	6	7	7	7

Table C: Neck, trunk, and leg score

Wrist and arm score	Neck, trunk, and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8	8	9	10	11	12	13	14

Scoring: (final score from Table C)

1 or 2 = acceptable posture
3 or 4 = further investigation, change may be needed
5 or 6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

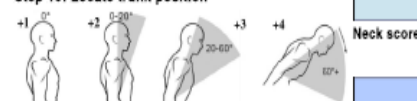
B. Neck, trunk, and leg analysis

Step 9: Locate neck position



Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate trunk position



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs

If legs and feet are supported: +1; If not: +2

Table B: Trunk posture score

Neck posture score	1		2		3		4		5		6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7
4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8
5	5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
6	6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Step 12: Look-up posture score in Table B

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add muscle use score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +0
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add force/load score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find column in Table C

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Ilustración 2.

Formulario RULA (Atamney et al., 1993)

El Formulario RULA (Rapid Upper Limb Assessment) sirve para evaluar el riesgo ergonómico asociado a las extremidades superiores, como brazos, muñecas y hombros, en tareas laborales. Su objetivo es identificar movimientos repetitivos, posturas incómodas y esfuerzos físicos que puedan provocar trastornos musculoesqueléticos. También permite clasificar el nivel de riesgo en categorías para priorizar las acciones correctivas necesarias.

Además, ayuda a diseñar estrategias de mejora ergonómica en los puestos de trabajo, optimizando las condiciones laborales y previniendo lesiones. Es una herramienta clave para incrementar la seguridad, la salud ocupacional y el bienestar de los trabajadores, al mismo tiempo que contribuye a cumplir normativas de ergonomía y productividad.

Guía de Aplicación de RULA: Manual que explica cómo evaluar cada segmento corporal

Herramienta de Medición de Ángulos: Goniómetro o inclinómetro para medir ángulos del cuerpo

Cámara o Dispositivo de Grabación (opcional): Para capturar las posturas y realizar un análisis posterior (Atamney et al., 1993).

2.3.3 Procedimiento de Evaluación

Paso 1: Observación de la Actividad

Observar al estudiante durante actividades típicas como escribir, leer y usar dispositivos electrónicos. Se debe prestar especial atención al tiempo prolongado en estas posiciones, lo que puede incrementar el riesgo de molestias o lesiones musculoesqueléticas.

Paso 2: Evaluación de los Segmentos Corporales con RULA

La técnica RULA evalúa los siguientes segmentos corporales, que se dividen en dos grupos principales:

Grupo A (Brazo, Antebrazo, Muñeca):

Evaluar la posición de los brazos, el ángulo del codo y la flexión/extensión de las muñecas mientras el estudiante escribe o lee.

Grupo B (Cuello, Tronco, Piernas):

Observar la inclinación del cuello, la postura del tronco y el soporte de las piernas. Registrar las posturas en la tabla RULA y asignar puntuaciones basadas en la posición y el esfuerzo físico.

Paso 3: Asignación de Puntuaciones para el Grupo A

Brazo, Antebrazo, Muñeca

Sumar los valores y aplicar ajustes adicionales si hay rotación de la muñeca o desvío del codo.

Paso 4: Asignación de Puntuaciones para el Grupo B

Cuello, tronco, piernas

Combinar las puntuaciones de los Grupos A y B para obtener un puntaje global y determinar el nivel de riesgo según la escala de RULA (Straker et al., 2009).

2.3.4 Interpretación de los Resultados y Niveles de Riesgo

Los niveles de riesgo se interpretan de la siguiente manera:

Los niveles de riesgo se obtienen después de evaluar las posturas del grupo A y el grupo B, estas se evalúan tomando en cuenta las posiciones que adoptan mediante el periodo de uso de la silla esto permite puntuar individualmente el grupo A y el grupo B para finalmente sumar los 2 grupos y determinar en qué riesgo esta la actividad que se está realizando, si no requiere acción, se recomienda tomar acción, es requerido tomar acción y si se requiere la acción inmediata.

Tabla 1. Niveles de riesgo (Anderson., 1999)

Puntos obtenidos	Significado
------------------	-------------

1-2 puntos: Riesgo bajo	no se requiere acción.
3-4 puntos: Riesgo medio	se recomienda acción.
5-6 puntos: Riesgo alto	se requiere acción.
7 puntos: Riesgo muy alto	se requiere acción inmediata.

2.3.5 Recomendaciones para Mejorar la Ergonomía

1. Sillas con Apoyo Lumbar

Usar sillas que proporcionen soporte lumbar para mejorar la postura del tronco (Anderson., 1999).

2. Ajuste de Altura de la Mesa

Hay que asegurar que la altura de la mesa sea adecuada para mantener una posición cómoda del brazo y del antebrazo.

3. Apoyabrazos

Los apoyabrazos pueden reducir la tensión en los hombros y mejorar la estabilidad de la postura

4. Capacitación en Posturas Saludables

Educar a los estudiantes sobre las mejores prácticas posturales durante las actividades de estudio. (Keir et al., 2004).

2.4 REBA

REBA (Rapid Entire Body Assessment) es una herramienta de evaluación postural fue desarrollado por Sue Hignett y Lynn Atamney como una herramienta de análisis de postura en la industria.

El estrés postural es una de las principales causas de lesiones musculoesqueléticas, por lo que existe una manera de evaluar su postura para conocer su riesgo de lesión para que sepas cómo actuar, para reducir este riesgo, existen distintos métodos el método REBA es uno de ellos este método tiene muchas similitudes con RULA ya que se basaron en él durante el desarrollo, siendo la principal diferencia que el método REBA incluye el análisis de las extremidades inferiores.

Este método también incluye otros aspectos no posturales importantes, como el ejercicio, el agarre y la acción muscular de la misma manera otros aspectos como cambios bruscos, posturas inestables o posiciones de las manos que favorecen la gravedad, se realiza por posición es decir de manera individual y no es efectivo para evaluar movimientos repetitivos. Sin embargo, es uno de los métodos más utilizados para el análisis de posición forzada.

El primer paso que se considera es visitar el puesto que desea evaluar y recopilar los datos que necesita para la evaluación. Es recomendable tomar fotos o videos en diferentes poses siempre que sea posible a continuación, se seleccionarán poses que por sus características estén asociadas a altas cargas posturales.

Cuando se ha seleccionado una postura el método REBA divide en dos conjuntos el análisis del cuerpo. (Pérez., 2021)

El conjunto A lo conforman: el tronco, el cuello y las piernas.

El conjunto B lo conforman: los brazos, antebrazos y muñecas.

Se debe evaluar la posición o el movimiento de cada componente, y se deben hacer

correcciones adicionales si es necesario. (Pérez., 2021)

Existen aplicaciones que nos permiten generar un análisis del método REBA con ayuda de un cuestionario como es el caso

2.5 Manual para Evaluación Ergonómica de una Silla Educativa Universitaria con Técnica REBA

1.- Introducción

La técnica REBA (Rapid Entire Body Assessment) es una herramienta de análisis ergonómico utilizada para evaluar posturas laborales y determinar el nivel de riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Hignett et al., 2000). En este manual, aplicaremos REBA para evaluar una silla educativa universitaria tradicional. Este tipo de evaluación es especialmente útil para identificar mejoras en el diseño y uso del mobiliario en entornos educativos.

2. Materiales Necesarios

- Formulario REBA: Para registrar las puntuaciones de cada postura.

Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Patient name: _____

Age: _____

Medical history: _____

Medical professional name: _____

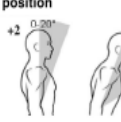
A. Neck, trunk, and leg analysis

Step 1: Locate neck position



Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate trunk position



Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Step 4: Look-up posture score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A.

Step 5: Add force/load score
 If load < 11 lbs.: +0
 If load 11 to 22 lbs.: +1
 If load > 22 lbs.: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A, find row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain score A. Find row in Table C.

Scoring:

1 = negligible risk

2 or 3 = low risk, change may be needed

4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon

8 to 10 = high risk, investigate and implement change

11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A		Neck											
		1				2				3			
Neck posture score	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Table B		Lower arm					
		1			2		
Upper arm score	Wrist	1	2	3	1	2	3
	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	6	7	
	5	6	7	8	8		
6	7	8	8	9			

Score A (score from Table A + load/force score)	Table C											
	Score B, (Table B value + coupling score)											
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

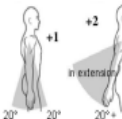
+

Table C score

Activity score

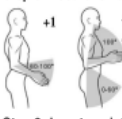
B. Arm and wrist analysis

Step 7: Locate upper arm position



Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate lower arm position



Step 9: Locate wrist position



Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look up posture score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add coupling score

- Well fitting Handle and mid range power grip, good: +0
- Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
- Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
- No handles, awkward, unsafe with any body part, unacceptable: +3

Step 12: Score B, find column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain score B. Find column in Table B and match with score A in row from step 6 to obtain Table C score.

Step 13: Activity score

- +1 + 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
- +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
- +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Neck score

Trunk score

Leg score

Posture score A

Force/load score

Score A

Upper arm score

Lower arm score

Wrist score

Posture score B

Ilustración 3. Formulario REBA (Atamney et al., 1995)

El Formulario REBA sirve para evaluar los riesgos posturales en el trabajo, identificando aquellas posturas que pueden causar lesiones musculoesqueléticas debido a movimientos forzados, posiciones incómodas o cargas excesivas. Permite clasificar el nivel de riesgo en categorías como bajo, moderado, alto o muy alto, lo que facilita priorizar las intervenciones necesarias. Además, proporciona información para rediseñar herramientas, estaciones de trabajo o procesos, con el objetivo de reducir riesgos ergonómicos y prevenir trastornos musculoesqueléticos. Esto no solo mejora la salud física de los trabajadores, sino que también incrementa la productividad al reducir molestias físicas y optimizar el desempeño. Por último,

ayuda a cumplir con las normativas de seguridad y salud ocupacional, promoviendo entornos laborales más seguros y eficientes.

- Guía REBA: Instrucciones detalladas para evaluar cada parte del cuerpo (Atamney et al., 1995).
- Herramienta de Medición de Ángulos: Goniómetro o cualquier herramienta que permita medir la inclinación de diferentes segmentos corporales.
- Cámara o Dispositivo de Grabación (opcional): Para documentar la postura y realizar un análisis posterior (Martin et al., 1997).

Paso 3: Clasificación de las Posturas en la Tabla REBA

Asignar una puntuación para cada postura utilizando el formulario REBA:

Tronco, cuello, brazos, muñecas, piernas.

Paso 4: Evaluación de Factores Adicionales de Carga y Actividad

Carga o esfuerzo: Aunque no hay cargas pesadas, el tiempo prolongado en una postura estática es un factor de riesgo.

Actividad repetitiva: Escribir y tomar notas es una actividad continua durante la jornada académica.

Puntuación adicional por carga y repetitividad: 1 punto. (Rainoldi et al., 2004).

Paso 5: Cálculo de la Puntuación Final

Sumar los puntos obtenidos para cada segmento y el factor de carga:

4. Interpretación de los Resultados y Niveles de Riesgo

Según el puntaje obtenido, se determinan niveles de riesgo y urgencia de intervención (Hignett et al., 2000):

Tabla 2. Puntuación del riesgo (Straker et al., 2009)

Puntos obtenidos	Significado
1-3 puntos:	Riesgo bajo; no se requiere intervención inmediata.
4-7 puntos:	Riesgo medio; intervención recomendada.
8-10 puntos:	Riesgo alto; intervención sugerida.
11-15 puntos:	Riesgo muy alto; se requiere intervención inmediata.

La puntuación de 11 indica que la postura adoptada en la silla presenta un riesgo ergonómico muy alto para el estudiante, lo que sugiere que deben implementarse cambios en el mobiliario o la postura de trabajo (Straker et al., 2009).

5. Recomendaciones para Mejorar la Ergonomía

1. Rediseño de sillas educativas

Usar sillas con ajuste de altura y soporte lumbar para mejorar la postura del tronco y reducir la inclinación hacia adelante.

2. Mesas de altura regulable

Permitir que los estudiantes ajusten la altura de la mesa para mantener una posición ergonómica adecuada en los brazos y evitar la inclinación del tronco.

3. Apoyabrazos

Las sillas con apoyabrazos ayudarán a reducir la tensión en hombros y brazos durante el tiempo de escritura.

4. Descansa pies

Proveer un descansa pies para mejorar la estabilidad y comodidad de las piernas.

5. Capacitación en Posturas Correctas

Capacitar a los estudiantes en la adopción de posturas saludables para reducir el riesgo de tensión y fatiga. (Hignett et al.,2000).

2.6 Antropometría

La antropometría permite medir las dimensiones del operario y del mobiliario, tanto en una posición estática como en movimiento, tomando en cuenta las dimensiones dinámicas que se obtienen al realizar actividades específicas. Esto es fundamental para rediseñar el mobiliario en función de las actividades críticas que se deben realizar.

Para llevar a cabo este proceso, es necesario conocer varias medidas antropométricas del operario, como la altura del piso al codo, la estatura, el alcance del brazo, la altura de la mano y el campo visual. Además, se deben evaluar algunas dimensiones del mobiliario, como el ancho, largo, altura de la mesa y el ángulo de inclinación.

Asimismo, para optimizar las dimensiones del mobiliario y hacer que su uso sea más accesible para la mayoría de las personas, se recomienda utilizar el percentil 95 para los hombres

y el percentil 5 para las mujeres, apoyándose en distribuciones estadísticas y percentiles dentro de esta técnica existen diferentes técnicas como las cartas antropométricas que podemos usar para el proyecto. (Valverde et al.,2023)

2.7 Cartas antropométricas.

Las Cartas Antropométricas se utilizan principalmente en el diseño de diversos productos, desde herramientas como pinzas hasta grandes tableros de control. También se aplican en la confección de ropa, ya sea laboral, deportiva o de uso cotidiano, así como en el diseño de muebles de oficina, talleres, hogares y en los asientos o tableros de los vehículos que usamos para transportarnos. Estas cartas son tablas que contienen información antropométrica de una población específica.

El campo del diseño es extenso, y para obtener los mejores resultados es esencial considerar al usuario final del producto. Esto hace que las Cartas Antropométricas sean una herramienta fundamental para los diseñadores. Algunas empresas, especialmente en el sector industrial, están empezando a reconocer su utilidad. En la región, compañías como SIVESA están descubriendo el valor de la ergonomía, aunque sigue siendo un área poco explorada. La incorporación de las Cartas Antropométricas podría beneficiar a estas empresas, optimizando métodos y procesos industriales y ajustando las estaciones de trabajo a las características físicas de los trabajadores mexicanos. (Ruiz., 2020)

2.8 Cinta métrica

Se utilizo la cinta métrica para obtener medidas de un grupo de estudiantes para realizar las cartas antropométricas, es una herramienta de medición que consiste en una banda flexible marcada con graduaciones en unidades métricas (milímetros y centímetros) y, a menudo, en

pulgadas. Es utilizada para medir longitudes, distancias o perímetros de objetos, tanto en superficies planas como curvas.

Características principales:

Materiales: Puede estar hecha de plástico, fibra de vidrio, tela o metal, dependiendo del uso.

Graduaciones: Incluye medidas en sistemas métricos y/o imperiales.

Portabilidad: Compacta y fácil de llevar, lo que la hace práctica para uso en campo o en interiores. (Gómez et al., 2024)

2.9 Flexómetro

Se utilizo un flexómetro para tomar medidas de la silla que utilizan los estudiantes diariamente, es un instrumento de medición portátil que consiste en una cinta metálica flexible y retráctil con graduaciones en milímetros, centímetros y pulgadas. Es comúnmente conocido como "cinta métrica" y se utiliza principalmente para medir longitudes, distancias o dimensiones de objetos de manera rápida y precisa.

Partes principales del flexómetro:

Carcasa: Protege la cinta y suele estar hecha de plástico o metal.

Cinta: Una banda metálica o de material flexible que contiene las unidades de medida.

Gancho: Una pequeña pieza metálica en el extremo de la cinta para sujetarla al objeto a medir.

Mecanismo de bloqueo: Permite fijar la cinta en una posición específica para facilitar la lectura.

Resorte retráctil: Devuelve automáticamente la cinta a la carcasa cuando se suelta.
(Assistant, 2024)

2.10 Percentiles

Se tomaron en cuenta los percentiles para ajustar las medidas de la silla actual a las necesidades de todos los estudiantes, son medidas estadísticas que dividen un conjunto de datos ordenados en 100 partes iguales, indicando la posición relativa de un dato respecto al conjunto. Cada percentil representa un porcentaje de valores que se encuentran por debajo de un punto específico. Por ejemplo, el percentil 50 (P50) equivale a la mediana, indicando que el 50% de los datos están por debajo de ese valor.

Educación: Evaluar el rendimiento de estudiantes comparado con un grupo de referencia.

Salud: Analizar crecimiento infantil (peso, altura) o parámetros clínicos en relación con la población general.

Estadística descriptiva: Resumir y analizar distribuciones de datos en estudios.

Negocios y economía: Identificar patrones en ingresos, ventas, o desempeño de productos.
(Pérez et al., 2024)

Percentil 95 (hombre) y 5 (mujer)

Los percentiles que se tomaron en cuenta para obtener las nuevas medidas son el percentil 95 y el percentil 5 ya que son indicadores específicos dentro de una distribución de datos. En el

contexto de hombres y mujeres, estos percentiles pueden representar valores extremos dentro de una población.

Percentil 95 en hombres: Indica que el 95% de los hombres tienen un valor menor o igual al que define este percentil. Por ejemplo, en un estudio de altura, si el percentil 95 está en 190 cm, esto significa que solo el 5% de los hombres son más altos que 190 cm.

Percentil 5 en mujeres: Indica que solo el 5% de las mujeres tienen un valor igual o menor al de este percentil. Por ejemplo, si el percentil 5 en peso es 45 kg, significa que el 95% de las mujeres pesan más que 45 kg. (Gómez et al., 2024)

2.11 Arteria Poplítea

Se toma en cuenta la altura de la arteria poplítea para el ajuste del alto del asiento esta es una arteria importante ubicada en la región posterior de la rodilla. Es una continuación de la arteria femoral, que pasa por el hiato aductor en el muslo, y se convierte en la arteria tibial anterior y posterior al nivel inferior de la rodilla. (Gómez et al., 2024)

2.12 Ergodroid

ErgoDroid es una aplicación móvil diseñada para el análisis ergonómico y evaluaciones laborales, ofreciendo 11 herramientas que mejoran las condiciones laborales al reducir riesgos y aumentar la productividad. Entre estas herramientas se encuentran evaluaciones de la carga biomecánica y análisis de posturas como RULA y REBA, así como la evaluación de la carga mental usando NASA TLX. La aplicación genera informes en formatos como PDF, Excel y Word, siendo útil para profesionales como ergonomistas, fisioterapeutas y especialistas en seguridad laboral (APKPure, 2024)

3. Método de los 5 Porqués

El Método de los 5 Porqués es una técnica de análisis desarrollada por Taiichi Ohno, creador del Sistema de Producción de Toyota. Este método consiste en formular consecutivamente la pregunta “¿Por qué?” hasta llegar a la causa raíz del problema. Aunque el nombre sugiere hacer cinco preguntas, el número puede variar dependiendo de la complejidad del problema (Ohno, 1997).

Objetivo

El objetivo del método es profundizar en el análisis del problema para encontrar su causa raíz y eliminarla, evitando que el problema vuelva a ocurrir.

Aplicación en el caso de estudio

El método se utilizó para profundizar en la causa principal de la baja productividad, identificada previamente como la falta de conocimiento técnico y de manejo adecuado. A continuación, se presentan las preguntas formuladas y sus respuestas (Costa et al, 2018):

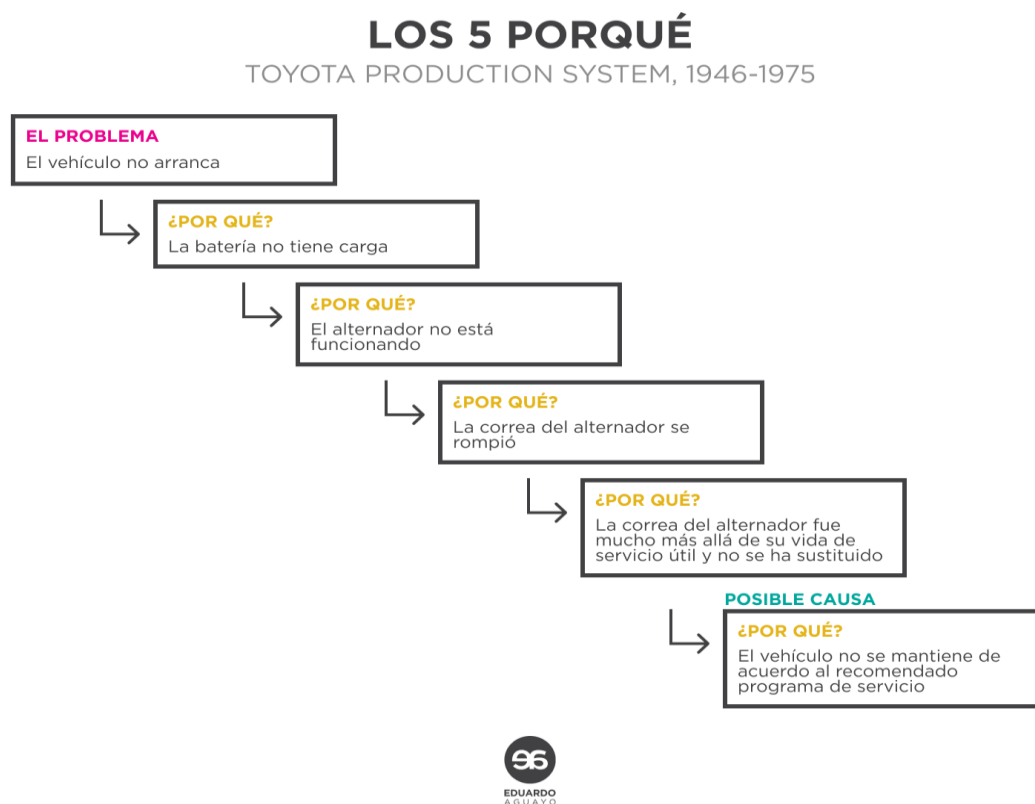


Ilustración 4. 5 porques (Toyota 1975)

4. Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado)

Su utilizo el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto o espina de pescado, ya que es una herramienta gráfica que permite identificar y organizar de manera sistemática las causas potenciales de un problema. Este diagrama fue desarrollado por Kaoru Ishikawa en la década de 1960 y forma parte del Método de Análisis y Solución de Problemas (MASP) (Ishikawa, 1993).

Objetivo

El principal objetivo del diagrama de Ishikawa es representar todas las posibles causas de un problema agrupándolas en categorías principales, lo que facilita su comprensión y permite identificar las áreas críticas que deben ser atendidas.

Aplicación en el caso de estudio

En el documento, el diagrama fue aplicado para analizar el problema de baja productividad en la producción de cacao en la comunidad de Nova Jutáí, Breu Branco, en el estado de Pará, Brasil. Mediante sesiones de brainstorming realizadas con los productores locales, se identificaron las siguientes causas principales (Costa & Mendes, 2018):

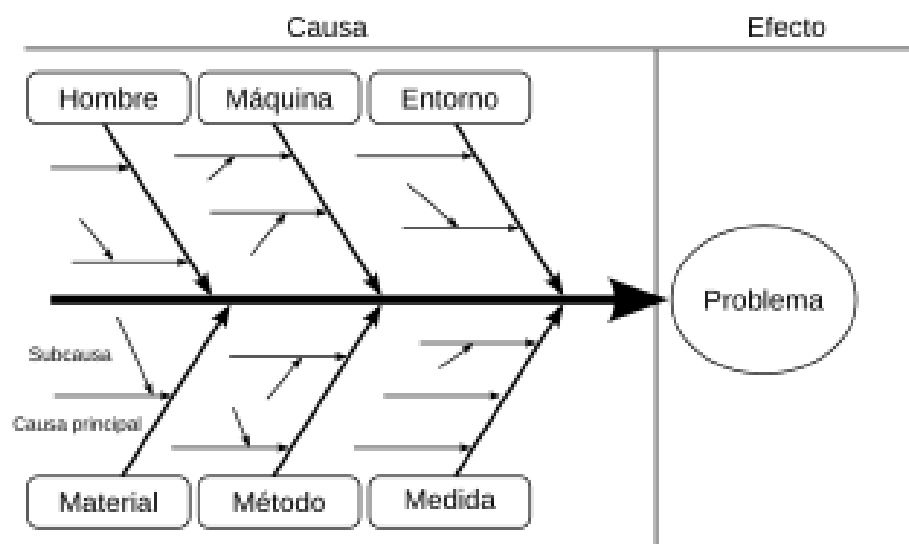


Ilustración 5. Diagrama de Ishikawa, Wikipedia. (2024).

5. SolidWorks

Se utilizó SolidWorks para generar la propuesta del rediseño de la silla porque este es un software de diseño asistido por computadora (CAD) que permite a los usuarios crear modelos paramétricos tridimensionales (3D) y planos técnicos bidimensionales (2D). Fue desarrollado originalmente por Dassault Systèmes y es ampliamente utilizado en sectores como la ingeniería

mecánica, el diseño de productos y la manufactura. Su principal ventaja radica en la capacidad de realizar diseños detallados y análisis estructurales de componentes antes de ser fabricados, lo que mejora la eficiencia del proceso productivo. (Patterson, 2021).

SolidWorks utiliza un enfoque basado en el modelado paramétrico, lo que significa que cada diseño está compuesto por parámetros definidos por el usuario, como dimensiones, restricciones y relaciones geométricas. A través de un entorno gráfico intuitivo, el usuario puede dibujar bocetos bidimensionales que se extruyen o revolucionan para formar cuerpos tridimensionales (Jiménez et al., 2022).

El software también incluye herramientas avanzadas para el análisis de elementos finitos (FEA), lo que permite simular la resistencia de materiales, los flujos de fluidos y otros factores críticos en el diseño industrial. Esto reduce significativamente la necesidad de prototipos físicos y minimiza errores de diseño (Martínez et al., 2020).

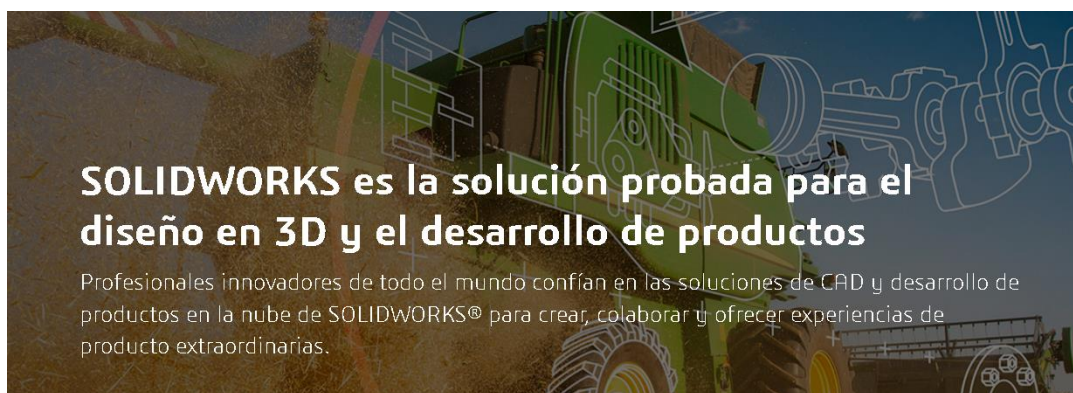


Ilustración 6. La solución probada para el diseño y desarrollo de productos en 3D. (Solid Works2024)

Capítulo 3. Estado del arte

3.1 Estudio del arte

La Tabla 3 muestra un comparativo de artículos, revistas, tesis, estudios de caso para obtener información de los métodos y las deficiencias que presentan.

Revisión bibliográfica de los artículos científicos

Tabla 3. Fuentes de información (Elaboración propia)

Referencias	Aportaciones	Deficiencias	Comentarios
(Rodríguez et al.,2020) Método Ergonómico para el Rediseño de Estaciones de Trabajo para Reducir los TME.	El resultado de las investigaciones dio como resultado las evaluaciones ergonómicas tanto de miembros superiores como de cuerpo completo utilizando herramientas como RULA Y REBA respectivamente e, obteniendo como mayores incidencias de síntomas musculoesqueléticos las zonas de la: rodilla, pie, muslo y pierna, es decir, los miembros inferiores.	Las deficiencias s identificada s en la evaluación es ergonómica as de los miembros inferiores (rodilla, pie, muslo y pierna) indican áreas críticas que necesitan atención. Altura de Mesas y Superficie s de Trabajo.	La identificación de deficiencias en las evaluaciones ergonómicas, especialmente en los miembros inferiores, es crucial para mejorar las condiciones laborales y prevenir problemas musculoesqueléticos.
(Cevallos., 2018) Diseño de una silla ergonómica para una población estudiantil en una universidad de quito	El resultado del diseño fue que el mobiliario actual no se es apto para las dimensiones de la a las diferencias dimensionales que son:	Si bien el estudio analiza las medidas antropométricas, falta una evaluación más profunda de los aspectos psicosociales y biomecánicos, como el estrés relacionado	Sería interesante analizar cómo el rediseño de las sillas afecta no solo el confort, sino también la productividad de los estudiantes durante largas jornadas.

	La altura del mobiliario actual es menor 0.10 m con respecto al mobiliario ergonómico que se propone. La profundidad de la silla actual es la indicada para la población académica. Con el método REBA se encontró que el ancho del respaldo de la silla actual presenta similitud con el valor del ancho para respaldo de la silla ergonómica propuesta.	con el trabajo prolongado en estas sillas.	
(Ansari et al., 2018) Design and Development of an Ergonomic Chair for Students in Educational Settings	Se realizó un análisis detallado de los datos antropométricos de 207 estudiantes para ajustar las dimensiones de la silla. Esto asegura que la silla sea ergonómicamente adecuada para estudiantes con diferentes tamaños corporales. La silla incluye elementos ajustables como el reposapiés,	Aunque la silla incluye múltiples partes ajustables, la altura del asiento no es regulable, lo que podría ser un inconveniente para estudiantes de estaturas extremas. El escritorio no permite ajustar el ángulo, lo cual podría ser un problema para estudiantes que prefieren diferentes inclinaciones para leer o escribir.	La adición de un reposapiés ajustable y un respaldo con soporte lumbar ajustable garantiza una mejor postura y reduce la presión en áreas clave del cuerpo, como las piernas y la espalda. El diseño apunta a reducir los problemas de salud derivados de posturas inadecuadas, como el dolor de espalda, hombros y cuello. Esto contribuye a un

	el respaldo y los reposabrazos, lo que mejora el confort y reduce el riesgo de trastornos musculoesqueléticos (TME) en estudiantes de diferentes estaturas y posturas. El diseño se realizó en el software CATIA y se imprimió en 3D, lo que permitió una modelación precisa del producto antes de su desarrollo físico		ambiente de estudio más saludable y productivo
(Naddeo et al., 2015) Ergonomic analysis and comfort driven redesign of student classroom combo desks at university of salerno (italy)	El rediseño del escritorio con silla incorporada se enfocó en optimizar la comodidad postural durante las clases. A través del método OCRA y REBA para evaluar el riesgo biomecánico y el software CaMAN para medir el confort, se logró una notable mejora en las posturas al utilizar el mobiliario durante largos periodos. Se utilizó modelado digital mediante los programas CATIA y Kinovea para simular	A pesar de que el rediseño aumentó el confort general, ciertos movimientos, como apoyar el "codo en el escritorio", mostraron una disminución en la comodidad debido a la cercanía entre el asiento y el escritorio, lo que provocó una postura incómoda para algunos estudiantes. La ampliación del escritorio redujo el número total de asientos en el aula, lo cual podría ser un inconveniente en	El empleo de herramientas como el análisis postural no invasivo y la simulación digital proporcionó datos precisos que resultaron clave para respaldar los ajustes realizados en el diseño. Las mejoras ergonómicas podrían ayudar a disminuir los problemas musculoesqueléticos en los estudiantes, especialmente durante clases prolongadas, y promover hábitos

	y analizar las posturas, lo que facilitó ajustar los ángulos del cuerpo y evaluar con precisión tanto el confort como la fatiga.	entornos con alta densidad de estudiantes	posturales más saludables.
(Rodríguez et al., 2017) Rediseño de una estación de trabajo considerando la ergonomía para incrementar la productividad	Se obtuvo como resultado un 12.5% de reducción en el tiempo de respuesta mediante el rediseño de la tarea del método NIOSH	La tarea original pudo haber carecido de un diseño ergonómico adecuado, lo que contribuyó a una mayor fatiga y tiempos de respuesta más lentos por parte de los trabajadores. Problemas como la disposición inadecuada de herramientas, sillas poco cómodas o posturas forzadas podrían haber afectado negativamente el rendimiento.	La reducción del 12.5% en el tiempo de respuesta mediante el rediseño de la tarea utilizando el método NIOSH refleja un enfoque efectivo para mejorar la eficiencia operativa.
(Rengifo et al.,2020) Identificación de los factores de riesgo ergonómico en los trabajadores	La Aplicación del método OWAS permitió identificar los niveles de exposición y de riesgos más representativos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, arrojando resultados claros para tener en	Sin embargo, en el proceso de evaluación, se ha identificado una deficiencia significativa que requiere atención: Deficiencia en el Diseño del Puesto de Trabajo: Puede haber una falta de adaptación	La aplicación del método OWAS para evaluar la exposición y riesgos laborales ha proporcionado una valiosa perspectiva sobre los trastornos musculoesqueléticos relacionados con la repetición, posturas y movimientos

	cuenta cuales son los trastornos musculoesqueléticos que se dan	ergonómica en el diseño del puesto de trabajo, lo que contribuye a la exposición de los trabajadores a riesgos significativos.	repetitivos en el entorno de trabajo.
(Fernández., 2018) Diseño de una silla de las aulas del campus de Parma	En este proyecto se llevó a cabo la toma de medidas para poder realizar una silla en 3D con ayuda del software CATIA. Los métodos que se utilizaron fueron RULA, REBA, y OWAS para poder analizar las sillas actuales en donde se obtuvo las puntuaciones de 5,4 y 1,2 respectivamente. Por los datos obtenidos con el método RULA y REBA se necesita realizar más indagación y rediseñar la silla lo más pronto que se pueda. Sin embargo, el método OWAS nos arroja que la posición que tienen los usuarios es la correcta y que no se necesita	La muestra se centró en estudiantes de una universidad específica, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Es necesario considerar una muestra más diversa que incluya diferentes contextos académicos y laborales para obtener datos más representativos.	Incluir un análisis más amplio de los factores psicosociales y biomecánicos sería clave para identificar riesgos como el estrés y las tensiones musculares derivadas del uso prolongado de las sillas.

	realizar ningún cambio, lo que nos indica que este método no es adecuado para este trabajo.		
--	---	--	--

Capítulo 4.

Metodología

4.1 Metodología

La Ilustración 7 muestra la metodología empleada en el desarrollo del proyecto

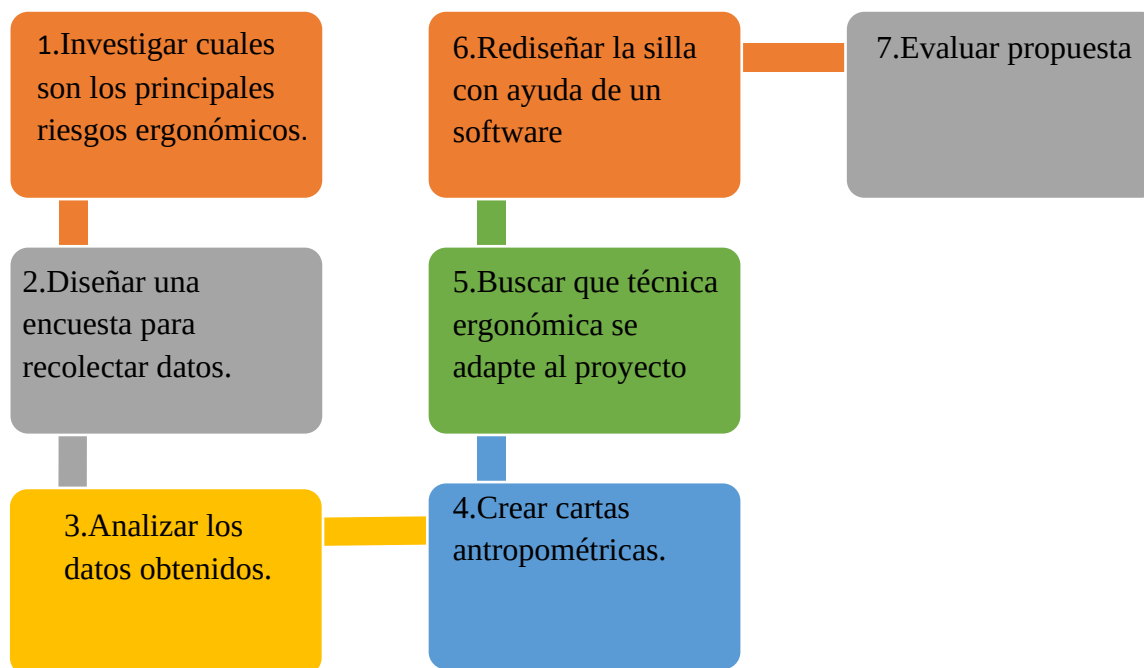


Ilustración 7. Metodología (Elaboración propia)

A continuación, se presenta los pasos con la explicación de lo que se va a realizar en estos para poder entenderlos mejor.

1. Investigar cuáles son los principales riesgos ergonómicos a los que los estudiantes están expuestos
2. Encuestas: Diseñar encuestas que se aplicaran a los estudiantes para obtener datos que nos permita saber si podemos hacer un rediseño de una silla ergonómica.
3. Análisis de los resultados de las encuestas aplicadas: Saber cuáles son los principales problemas que presentan los estudiantes con las sillas que usan diariamente

4. Carta antropométrica: Uso de cartas antropométricas para conocer las medidas que tiene la población universitaria, para poder implementar un rediseño de una silla ergonómica
5. Buscar técnicas ergonómicas que puedan ser utilizadas en el rediseño, y buscar la que más se adapte a el proyecto
6. Crear el prototipo en software con las medidas obtenidas por las cartas antropométricas mejorando la comodidad de la silla.
7. Presentar que propuestas se quieren hacer para la silla y compararla con la silla actual.

Capítulo 5

Resultados y discusión

5.1 Resultados de la encuesta sobre la silla actual

Se aplico una encuesta a 119 estudiantes con el fin de recopilar datos sobre la experiencia de los estudiantes en relación con el uso de sus sillas actuales durante sus actividades académicas. Mediante este instrumento, se busca identificar las molestias físicas, el nivel de comodidad, y la percepción del soporte ergonómico brindado por las sillas. La información recopilada permitirá realizar un análisis detallado sobre la eficacia de las sillas en cuanto a ergonomía y su impacto en la postura y el bienestar físico de los usuarios. Estos hallazgos serán fundamentales para proponer mejoras en el diseño de sillas, contribuyendo a un entorno de aprendizaje más saludable y eficiente.

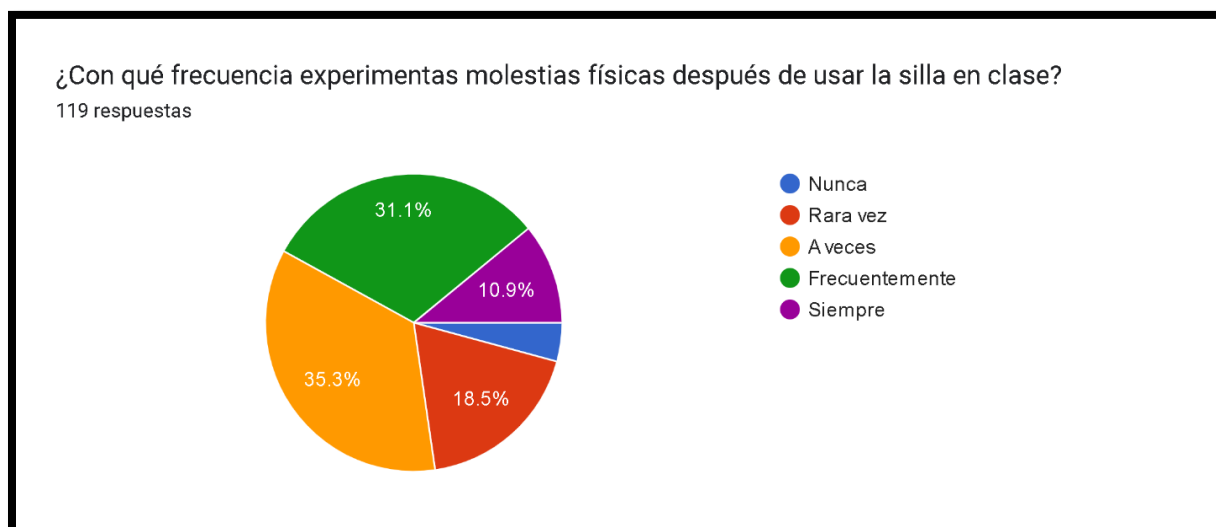


Ilustración 8. Frecuencia de molestias físicas (Elaboración propia).

Según la ilustración 8, al preguntarles a los alumnos sobre la frecuencia con la que experimentan molestias físicas después de usar la silla obtuvimos que un 35.3% dice que a veces

presentan molestias, mientras que un 31.1% menciono que frecuentemente esto indica que la mayoría de los estudiantes si presentan molestias físicas después de usar la silla en clase.

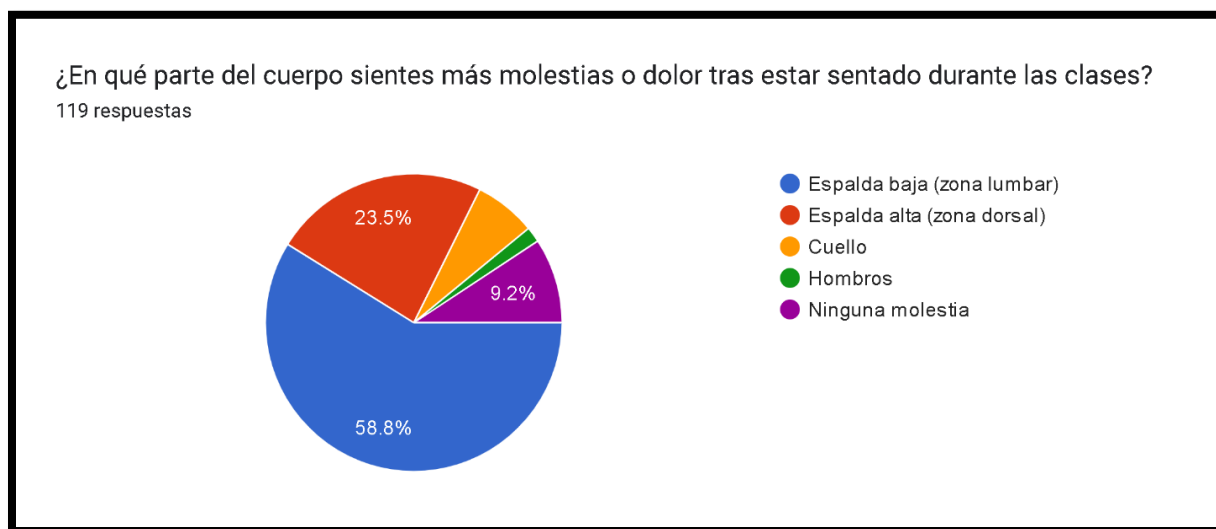


Ilustración 9. Partes del cuerpo donde presentan molestias (Elaboración propia).

La ilustración 9, nos dice que al consultar cual es la parte del cuerpo en la que sienten más molestia con el uso de la silla encontramos que más de la mitad con un 58.8% dijeron que la espalda baja (zona lumbar), mientras que un 23.5% la espalda alta (zona dorsal), podemos notar que la espalda baja es donde los estudiantes presentan molestias tras estar sentados en la silla durante las clases, seguido de la espalda alta esto indica que en donde se encuentra mayor molestia después de usar la silla es en la espalda (baja y alta).

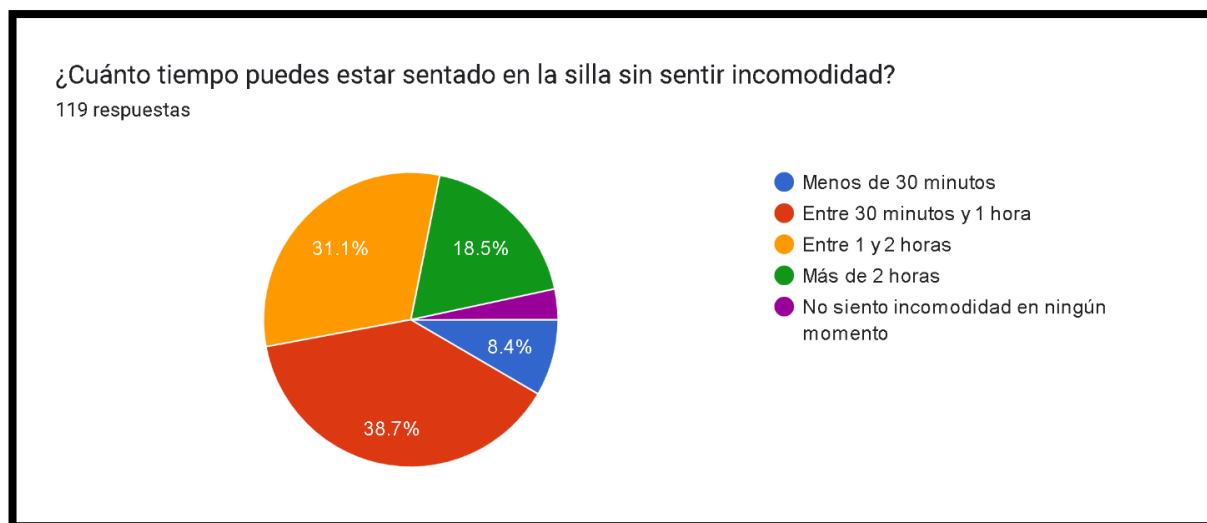


Ilustración 10. Tiempo sentado sin molestias (Elaboración propia).

Al cuestionarlos sobre el tiempo la ilustración 10 recalca que pueden estar sentados sin sentir incomodidad el 38.7% menciona que entre 30 minutos y 1 hora y un 31.1% dijo que entre 1 y 2 horas lo que nos dice que en lapsos cortos de tiempo comienzan a sentirse incómodos con la silla actual lo que nos indica que las sillas no están preparadas para largas jornadas de estudio, lo que nos da un área de oportunidad en el rediseño de las sillas universitarias.

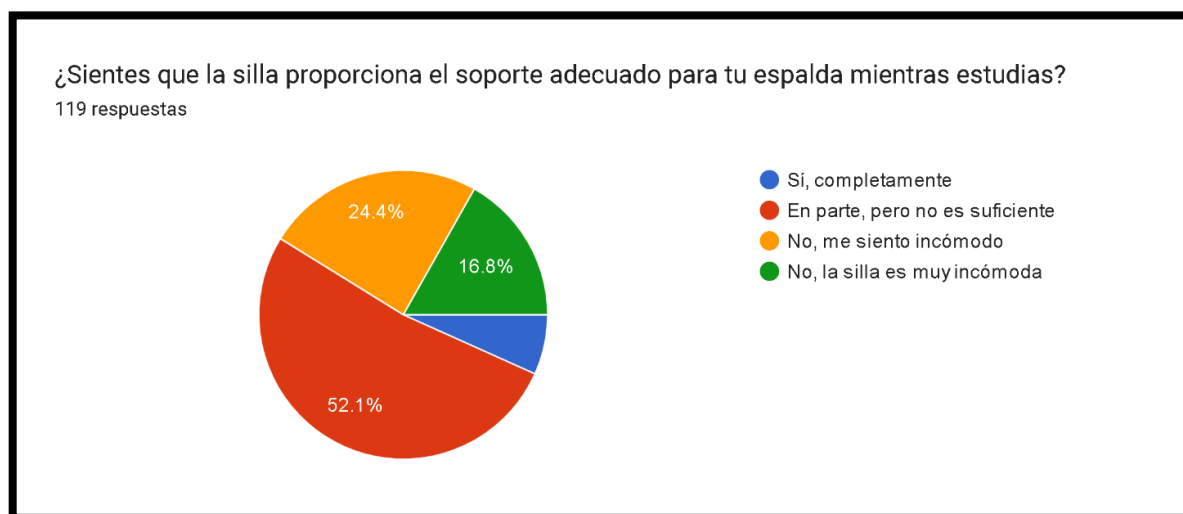


Ilustración 11. Soporte adecuado de la silla (Elaboración propia).

Al preguntar si la silla proporciona el soporte adecuado para su espalda como se puede observar en la ilustración 11 que la puntuación se obtuvo que 52.1% de los estudiantes cree que el soporte no es suficiente, y un 24.4% mencionaron que se sienten incómodos esto nos indica que el soporte proporcionado por las sillas actuales no es óptimo para la comunidad estudiantil, lo que nos da otra área de mejora para el rediseño.

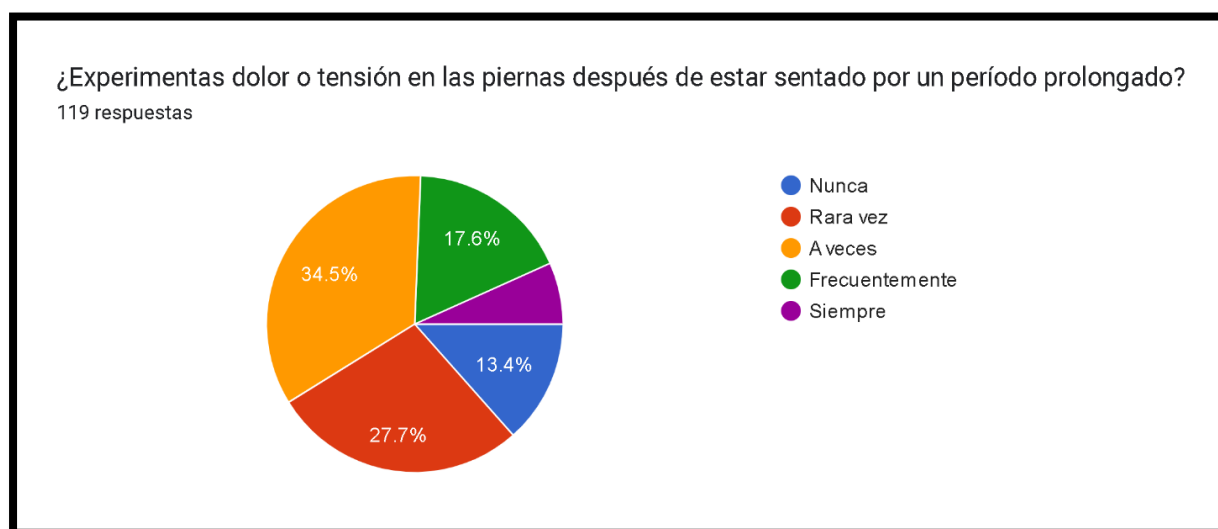


Ilustración 12. Presencia de tensión en piernas (Elaboración propia).

Según la ilustración 12 les pregunto si alguna vez había experimentado tensión en las piernas después de estar sentado en un tiempo prolongado y el 34.5% dijo que a veces lo habían experimentado, un 27.7% rara vez y un 17.6% dijeron que frecuentemente los datos obtenidos nos indican que la mayor parte de las personas encuestadas si presentan tensión o sienten dolor en las piernas después de usar la silla actual.

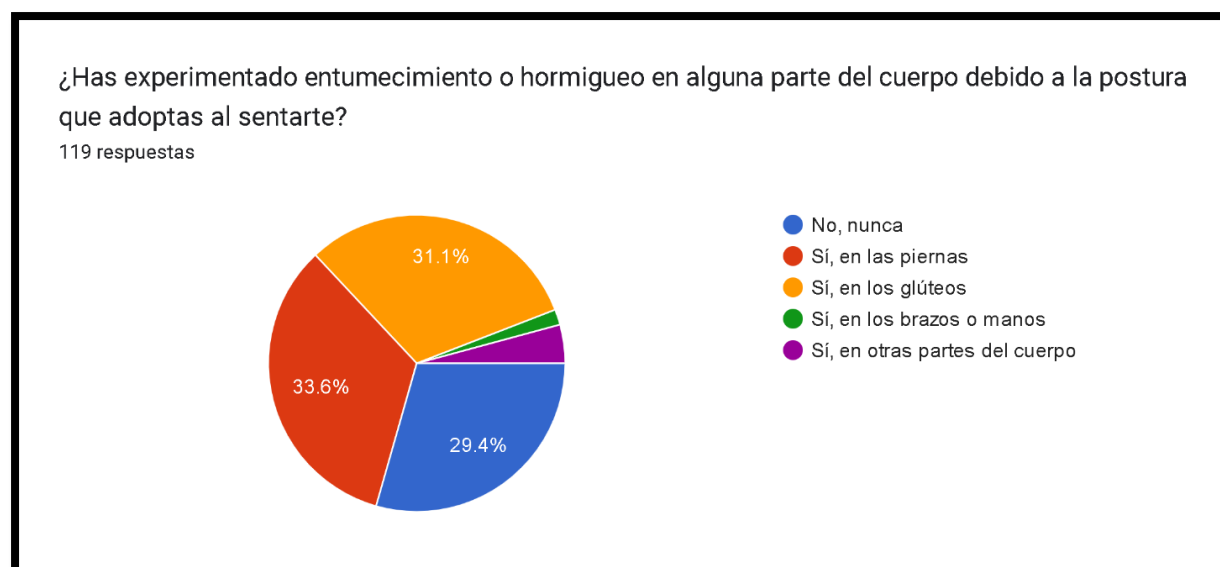


Ilustración 13. Hormigueo en partes del cuerpo (Elaboración propia)

En la ilustración 13 se les pregunto si habían experimentado entumecimiento o hormigueo en algunas partes del cuerpo y el 33.6% dijo que, en las piernas, el 31.1% en los glúteos y un 29.4% dijeron que nunca, esto indica que más de la mitad si ha experimentado entumecimiento o hormigueo en alguna parte del cuerpo, las más mencionadas fueron la zona de las piernas y glúteos, mientras que solo una parte de los estudiantes no ha tenido este problema, por lo que podrían ser partes para considerar en el rediseño.

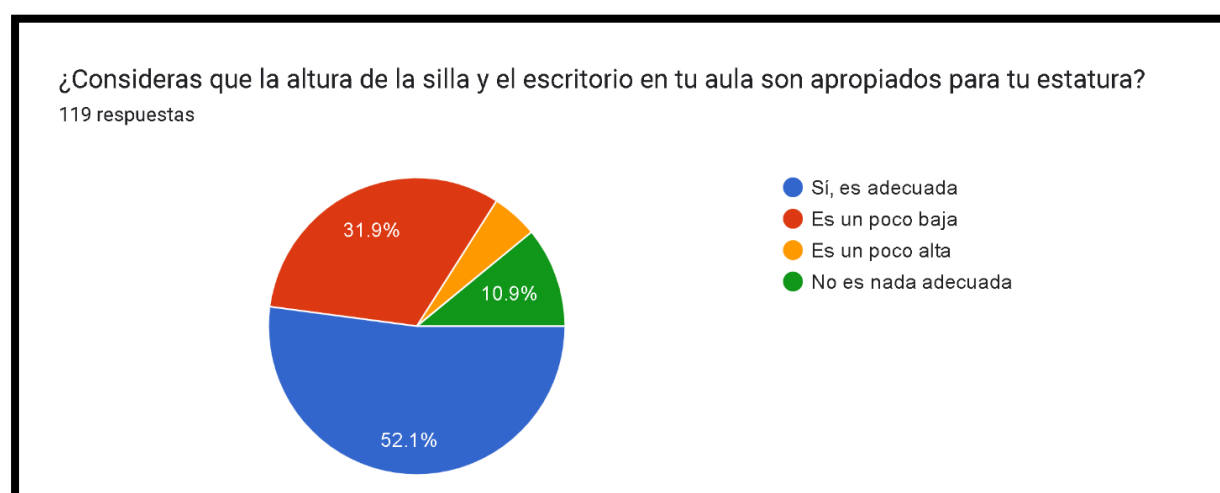


Ilustración 14. Altura de la silla y escritorio (Elaboración propia)

En cuanto a la altura de la silla según la ilustración 14 la mayoría de las personas con un 52.1% dijeron que, si es adecuada, un 31.9% mencionaron que es un poco baja y un 10.9% dijo que no es adecuada, aquí encontramos que un porcentaje mayor de la mitad indica que la altura de la silla es correcta y la otra medida están divididos en un poco baja, un poco alta, no es nada adecuado, lo que podemos tomar en cuenta para realizar el rediseño adecuado de esta altura.

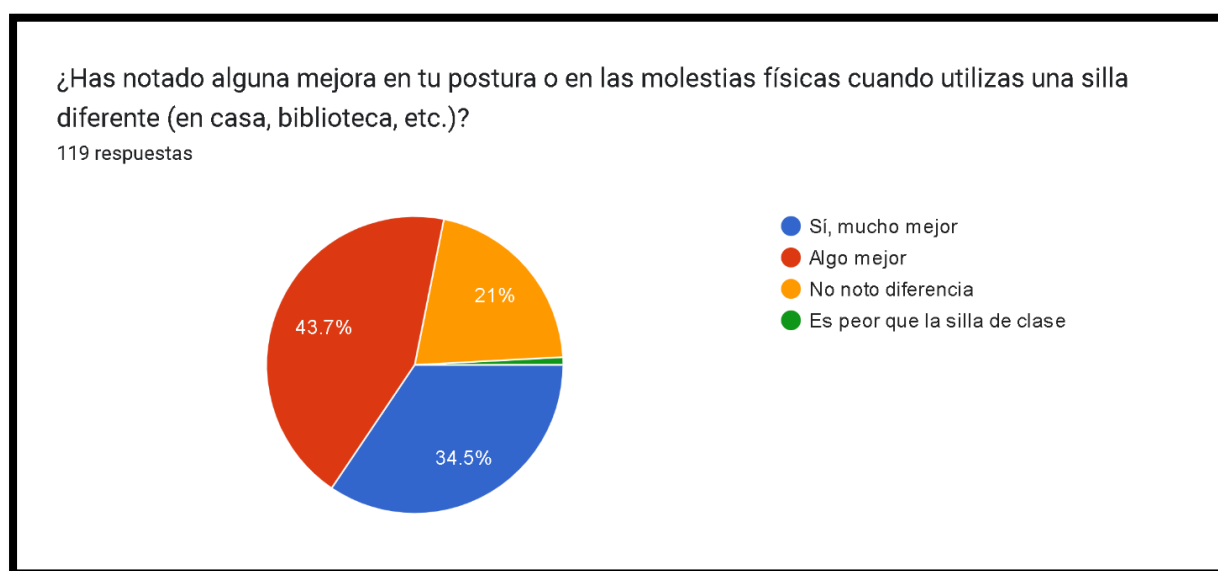


Ilustración 15. Mejora al utilizar silla diferente (Elaboración propia)

Al preguntar si habían sentido mejora al usar otras sillas el 43.7% dijo que algo mejor y el 34.5% dijo que, si había notado mejora postural mientras que un 21% no noto diferencia, con respecto al uso de otra silla para comparar la mayor parte de las personas indica que noto una mejoría lo que podemos tomar como que si pueden hacerse mejoras con la implementación de un rediseño.

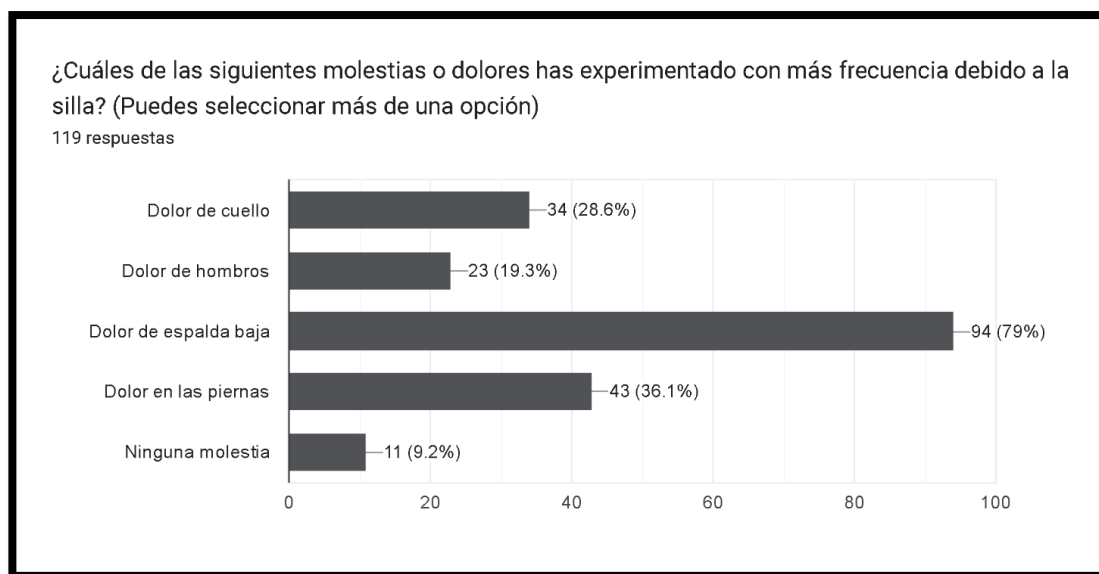


Ilustración 16. Molestias o dolores más frecuentes (Elaboración propia)

Las molestias que más se repitieron son dolor de espalda baja, dolor de piernas, dolor de cuello y dolor de hombros mientras que solo un 9.2% no presento ninguna molestia, lo que debemos de considerar como los principales puntos de atención.



Ilustración 17. Ajustes recomendados (Elaboración propia)

Al presentarles las propuestas de que se debe mejorar más de la mitad de las personas con un 54.6% dijo que mejorar el material de la silla y un 26.1% dijo al incluir un respaldo más firme

o ajustable se tomara encuentra estas recomendaciones para el rediseño de la silla que proporcione una correcta postura de los estudiantes.

5.1.1 Elaboración de 5W

El uso del método de los 5 porqués en el rediseño de una silla ergonómica para estudiantes universitarios es fundamental porque permite identificar de manera profunda las causas subyacentes de los problemas que afectan la salud y el bienestar de los usuarios. Este enfoque no se limita a abordar los síntomas superficiales del problema, como el dolor o las lesiones musculoesqueléticas, sino que busca desentrañar las raíces del malestar, lo que lleva a soluciones más eficaces y duraderas.

Este análisis permite una evaluación más precisa de los elementos del diseño que pueden estar contribuyendo a las malas posturas, tales como la falta de soporte adecuado, la altura inapropiada o la falta de ajuste personalizado. Así, el método ayuda a asegurar que el rediseño se enfoque en mejorar los aspectos específicos que realmente impactan la postura de los estudiantes y, por lo tanto, en reducir el riesgo de lesiones a largo plazo.

<i>Escribe tu oración en esta columna. Esto puede ser un hecho, un sentimiento, un instinto visceral, cualquier cosa que quieras analizar. Debe ser una oración muy simple: sustantivo + verbo + descripción.</i>	<i>¿Por qué ocurre el problema?</i>	<i>¿Por qué el mobiliario no se adapta a los estudiantes?</i>	<i>¿Por qué no se considera la antropometría de los estudiantes?</i>	<i>¿Por qué no se realizan evaluaciones ergonómicas en el diseño del mobiliario?</i>	<i>¿Por qué no se implementan medidas correctivas para mejorar el mobiliario existente?</i>	<i>Luego, conecta tu afirmación inicial con la razón final. Esto debería parecer muy claro y específico. Es muy probable que pueda encontrar una solución, o al menos los siguientes pasos, por este motivo.</i>
--	--	--	---	---	--	---

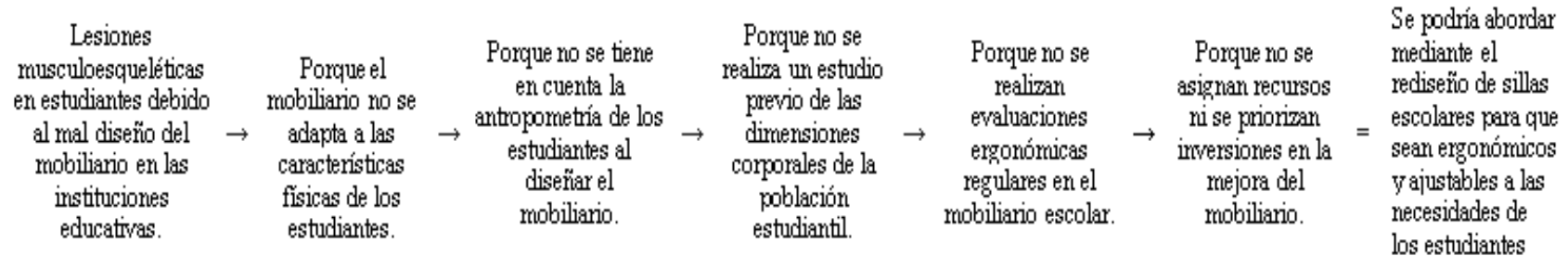


Ilustración 18. 5 porques (elaboración propia)

Como se puede observar en la ilustración 18 las principales problemáticas que se desprenden están enfocadas al mobiliario escolar

5.1.2 Elaboración del Ishikawa

El diseño del mobiliario escolar ha sido un aspecto históricamente subestimado en las instituciones educativas. Tradicionalmente, las sillas y escritorios se han fabricado siguiendo estándares promedio que no consideran la diversidad en las complexiones físicas de los estudiantes, ni las necesidades específicas de grupos como los zurdos. Este enfoque generalizado, aunque económico, ha generado un aumento en problemas musculoesqueléticos entre los estudiantes, especialmente en niveles superiores, donde las jornadas de estudio son más extensas.

Los estudiantes universitarios, por ejemplo, pasan largas horas sentados en sillas que no proporcionan el soporte adecuado para la columna vertebral ni facilitan una postura saludable. Esto se agrava en aulas con exceso de estudiantes, donde el espacio reducido fuerza a adoptar posiciones aún menos ergonómicas. La ergonomía, como ciencia enfocada en optimizar la relación entre las personas y su entorno, plantea una solución potencial a estas problemáticas, ofreciendo herramientas y metodologías para rediseñar el mobiliario en función de las necesidades reales de los usuarios.

La importancia de abordar este problema no solo radica en prevenir lesiones musculoesqueléticas a corto y largo plazo, sino también en garantizar un ambiente de aprendizaje saludable y eficiente. Un mobiliario mal diseñado impacta no solo en la salud física de los estudiantes, sino también en su bienestar psicológico, su concentración y, en última instancia, en su capacidad para rendir académicamente.

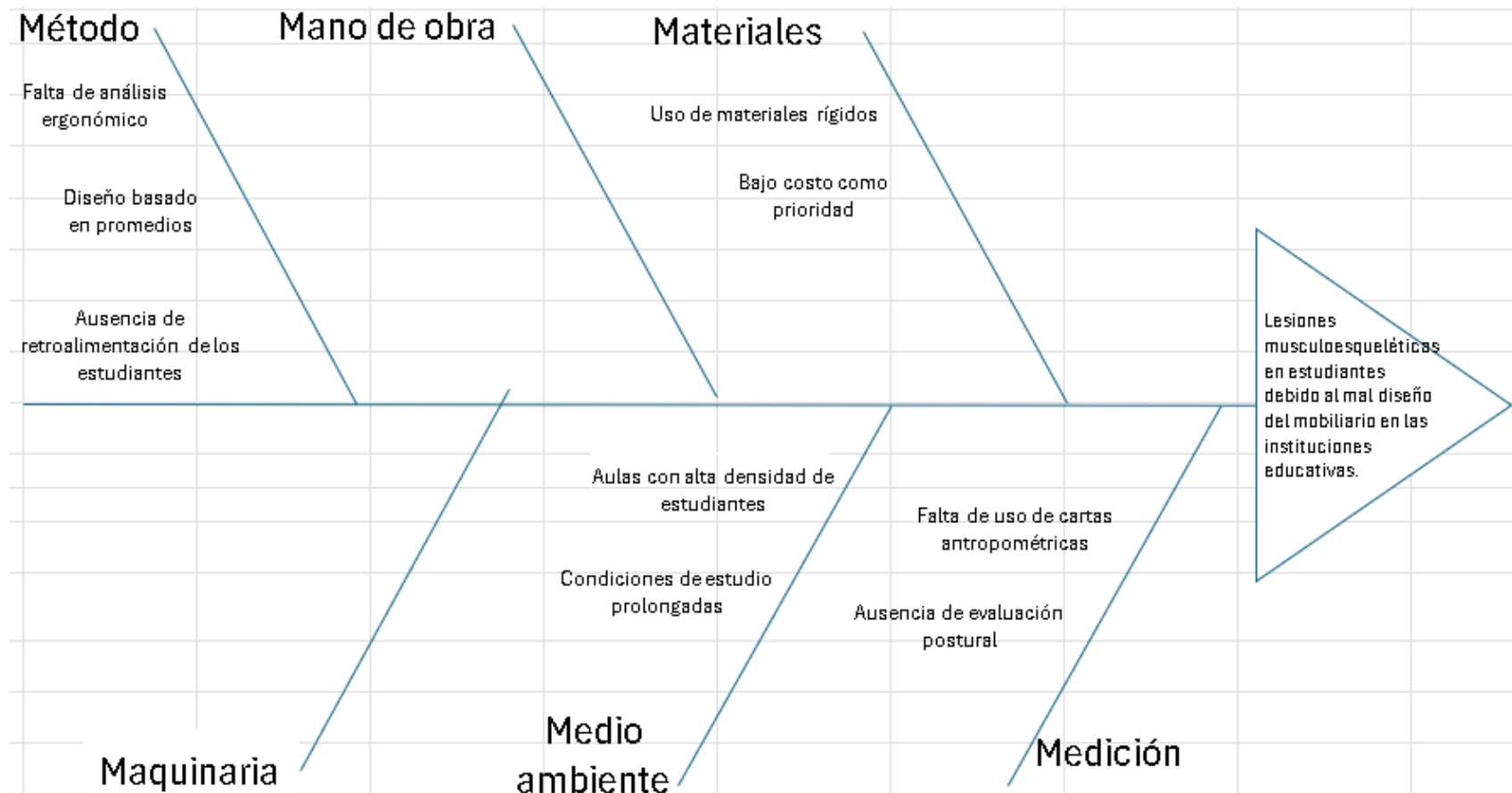


Ilustración 19.

Ishikawa (elaboración propia)

5.1.3 Resultados del estudio del arte

Al indagar sobre los artículos relacionados con el tema pudimos obtener resultados clave para nuestro trabajo, esto nos permite tomar la mejor decisión en cuanto a lo que queremos realizar, por lo que mediante el estudio de estos artículos encontramos los siguientes resultados

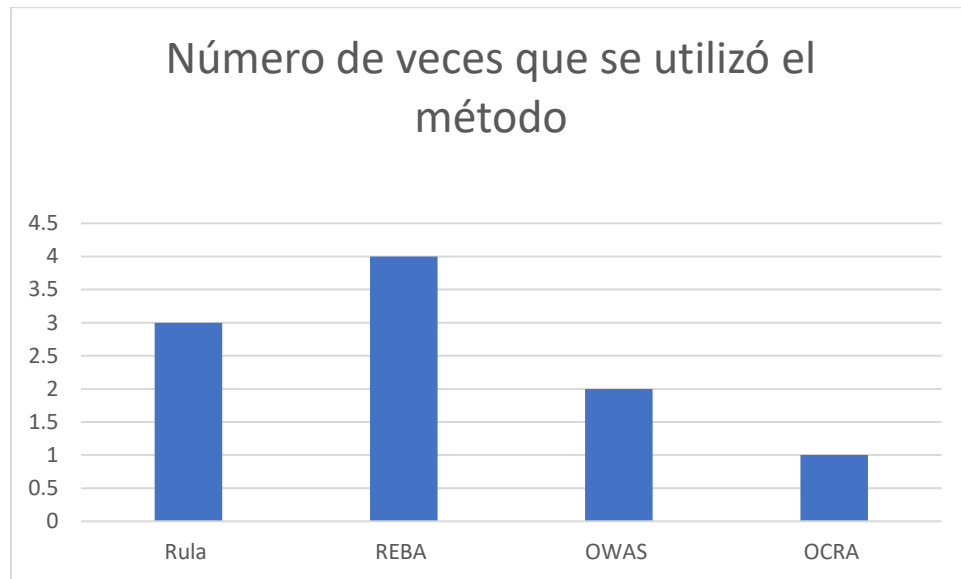


Ilustración 20. Frecuencia de uso del método (Elaboración propia)

Podemos observar en la ilustración 20 indica que el método REBA fue el más utilizado para generar un cambio en las áreas de trabajo y posterior mente el método RULA lo que nos indica que estos 2 métodos nos servirán si queremos hacer un rediseño de nuestra silla.

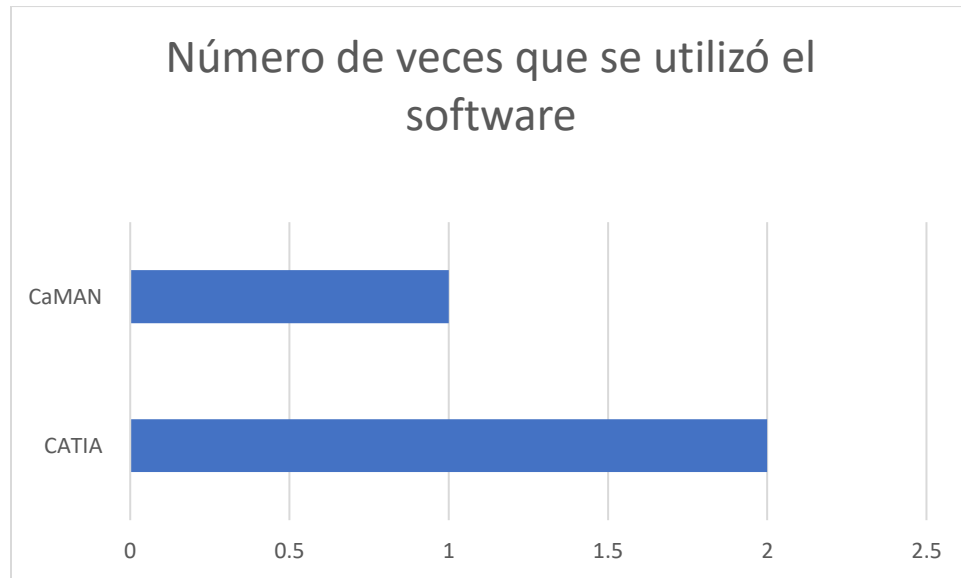


Ilustración 21. Frecuencia de uso de software (Elaboración propia)

De los artículos consultados en la ilustración 21, los dos softwares que implementaron para el diseño en 3D de las áreas de trabajo fueron 2 CATIA y CaMAN los que podemos utilizar dentro de nuestro rediseño, estos nos permiten crear el modelado en 3D con las medidas que deseamos y nos pueden dar información importante sobre nuestro diseño por lo que podemos ayudarnos de estos para continuar con el rediseño, pero al ser softwares de paga que son mas caros, se opto por Solid Works que nos permite modelar en 3D.

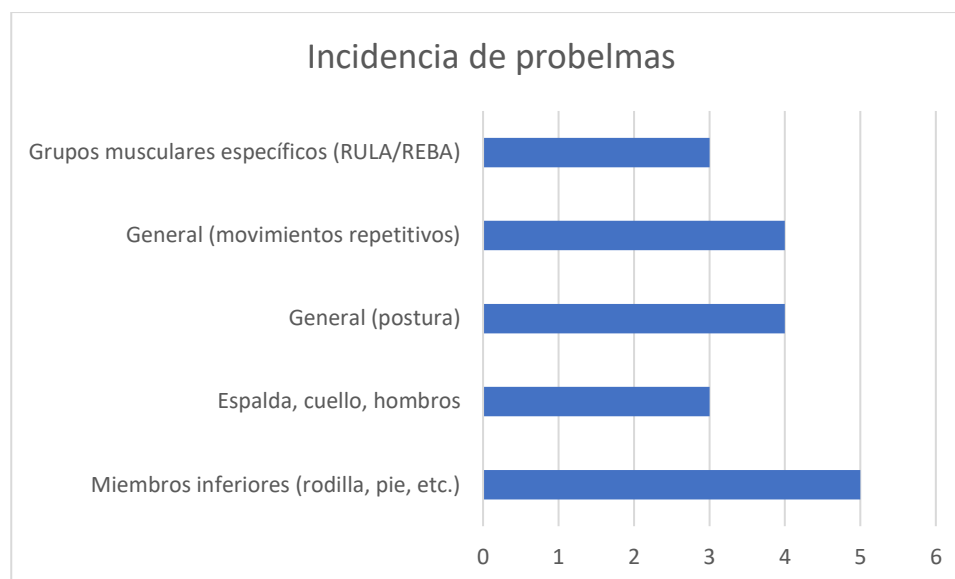


Ilustración 22. Incidencia de problemas (Elaboración propia)

De acuerdo con la ilustración 22 los datos resaltan que un enfoque ergonómico integral que abarque la evaluación de las posturas, ajustes de mobiliario y mitigación de riesgos por movimientos repetitivos puede reducir significativamente la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y mejorar el bienestar de los usuarios. Además, el diseño ergonómico personalizado para diferentes contextos (educativos o laborales) puede maximizar tanto la comodidad como la productividad esto permite conocer que partes del cuerpo debemos de considerar para nuestro rediseño.

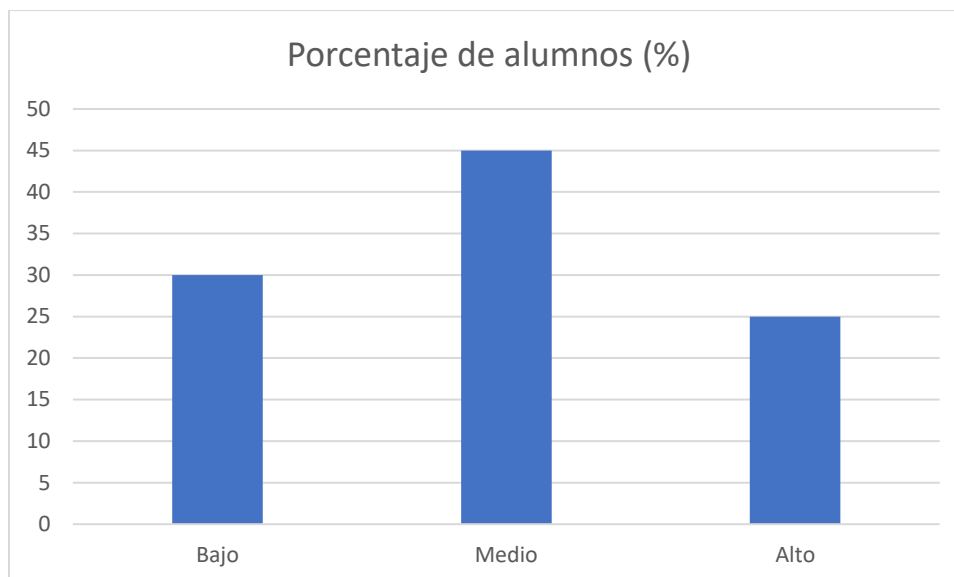


Ilustración 23. Porcentaje de alumno (Elaboración propia)

Según lo obtenido en la ilustración 23 el uso de los métodos permite identificar de manera clara las áreas de riesgo ergonómico en los entornos laborales educativos, dando la importancia de implementar medidas de rediseño y adaptación para reducir los niveles de exposición, especialmente para aquellos clasificados en los niveles medio y alto de riesgo. Esto contribuirá a prevenir trastornos musculoesqueléticos y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores las posturas que adoptan los estudiantes es otro factor de riesgo que tenemos que considerar para el rediseño.

5.1.4 cartas antropométricas de un grupo de 35 Alumnos

El análisis antropométrico realizado a 35 alumnos para el rediseño de una silla universitaria ha permitido recopilar datos clave sobre las dimensiones corporales de la población objetivo. Estos resultados aseguran que el rediseño estará alineado con las necesidades físicas y ergonómicas de los estudiantes, promoviendo un mejor ajuste, comodidad y soporte postural durante largas jornadas de estudio.

NOMBRE	GRUPO 4501			EVALUACION N°	1		foto				
SEXO	M (MASCULINO)	20	F (FEMENINO)	14	PERIODO DE MESTRUACION	SI		NO			
PESO (kg)			TALLA (cm)								
FECHA DE NACIMIENTO	AÑO DEL 1999-2002			HOMBRES				X			
				MUJERES	X						
				FECHA DE REVISION							
INSTITUTO	TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUOERIORES DE TIANGUISTENCO			FECHA DE ELABORACION	22/09/2022						
		PROMEDIO POR MUESTRA									
		PROMEDIO POR EQUIPO									
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3							
MEDIDA ELEMNTAL					MEDIDAS GENERALES				PERCENTILES		
					SUMA	PROMEDIO	DESVIACION	MEDIA	0.05	0.50	0.95
PESO		65.60	69.06	76.65	2473.49	70.67	11.00	70.88	49.38	70.88	86.54
ESTATURA		1.63	1.67	1.70	58.30	1.67	0.08	1.64	1.57	1.64	1.81
ALTURA											
OJO		148.79	152.22	147.10	5231.87	149.48	19.82	153.92	106.21	153.92	168.10
HOMBRO		137.28	141.19	225.45	5913.71	168.96	176.61	140.51	124.30	140.51	157.49
CODO		140.88	108.23	107.23	4102.58	117.22	25.04	110.79	92.27	110.79	150.62
CADERA		93.02	101.33	100.22	3450.15	98.58	6.62	96.41	91.51	96.41	111.20
GLÚETO		74.15	87.18	84.58	2889.79	82.57	9.46	83.89	69.99	83.89	95.02
MUÑECA		81.79	80.44	73.65	2747.44	78.50	13.90	80.76	59.26	80.76	93.09
TERCER DEDO		63.22	67.64	66.61	2310.77	66.02	6.30	64.66	57.16	64.66	78.02
CABEZA		18.87	26.46	48.71	1117.20	31.92	30.81	24.12	18.42	24.12	79.90
DE CABEZA SENTADO		80.74	92.15	55.64	2672.99	76.37	27.45	82.07	22.80	82.07	108.84
AL OJO SENTADO		73.69	57.54	85.72	2513.54	71.82	25.68	72.35	39.95	72.35	125.08
AL HOMBRO SENTADO		57.13	54.09	74.56	2169.25	61.98	21.97	56.30	38.07	56.30	116.21
AL CODO SENTADO		26.52	25.78	56.98	1284.19	36.69	21.19	27.54	19.27	27.54	83.74
A LOS DEDOS SENTADO		125.43	101.59	71.32	3430.88	98.03	45.60	122.79	16.18	122.79	132.33
AL PUÑO SENTADO		120.48	95.21	49.74	3039.46	86.84	43.72	112.60	14.66	112.60	123.49
CUERPO SENTADO		131.74	111.89	102.22	3998.71	114.25	30.06	124.62	51.44	124.62	138.94
GLÚTEO SENTADO		44.25	43.28	52.47	1634.79	46.71	13.70	44.17	32.73	44.17	76.25
RODILLA SENTADO		52.08	55.76	52.74	1878.60	53.67	14.92	50.82	43.04	50.82	72.34
Pie		4.91	4.88	4.73	169.25	4.84	1.00	4.73	3.70	4.73	6.28

Ilustración 24. Cartas antropométricas 1

NOMBRE		GRUPO 4501			EVALUACION N°		1		foto		
SEXO	M (MASCULINO)	20	F (FEMENINO)	14	PERIODO DE MSTRUACION	SI	NO				
PESO (kg)			TALLA (cm)								
FECHA DE NACIMIENTO	AÑO DEL 1999-2002				HOMBRES		X				
					MUJERES	X					
					FECHA DE REVISION						
INSTITUTO	TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUOERIORES DE TIANGUISTENCO				FECHA DE ELABORACION	22/09/2022					
		PROMEDIO POR MUESTRA									
		PROMEDIO POR EQUIPO				MEDIDAS GENERALES				PERCENTILES	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	SUMA		PROMEDIO	DESVIACION	MEDIA	0.05	0.50	0.95
MEDIDA ELEMNTAL											
Pie	4.91	4.88	4.73	169.25		4.84	1.00	4.73	3.70	4.73	6.28
AL MUSLO SENTADO	45.03	48.15	47.38	1644.79		46.99	6.04	46.28	40.49	46.28	59.64
ANCHURA											
LATERAL DE BRAZOS	165.66	122.76	65.88	4043.03		115.52	49.96	125.77	29.53	125.77	171.38
CODOS	71.64	31.62	58.47	1829.05		52.26	25.43	63.35	13.58	63.35	81.41
HOMBROS	41.85	48.08	50.00	1643.49		46.96	11.95	43.28	34.40	43.28	75.50
PECHO	34.97	78.17	52.17	1991.95		56.91	28.72	42.61	31.84	42.61	128.53
CADERA	42.11	48.93	58.51	1759.29		50.27	15.28	46.05	33.32	46.05	69.57
CARA	15.78	22.89	28.33	795.31		22.72	9.71	20.74	15.27	20.74	31.07
CABEZA	18.20	20.02	24.99	742.28		21.21	6.77	19.26	16.34	19.26	27.82
OÍDOS	17.56	32.05	40.51	1078.38		30.81	14.73	30.11	15.76	30.11	63.17
PALMA DE MANO	39.67	9.62	16.94	725.16		20.72	25.80	10.23	6.86	10.23	80.42
MUSLOS	41.18	28.02	47.41	1344.88		38.43	13.11	40.86	22.94	40.86	56.54
MUSLO SENTADO	52.82	23.10	55.77	1497.69		42.79	26.21	43.86	12.27	43.86	79.72
ESPALDA	39.70	44.00	51.12	1582.44		45.21	6.46	43.12	37.13	43.12	56.27
CADERA SENTADO	43.75	37.80	38.52	1391.19		39.75	10.32	40.86	26.36	40.86	59.35
PIE	55.29	11.68	19.93	944.00		26.97	25.90	12.14	8.87	12.14	80.47
LARGURA											
BRAZOS	70.62	71.84	78.90	2586.95	73.91	14.53	70.64	55.21	70.64	99.21	
PUNO	51.61	58.95	63.54	2044.89	58.43	21.19	56.24	28.80	56.24	99.27	
BRAZO	49.35	64.83	76.19	2250.55	64.30	20.68	64.75	40.00	64.75	102.74	

Ilustración 25.

Cartas antropométricas 2

NOMBRE	GRUPO 4501				EVALUACION N°	1				foto		
SEXO	M (MASCULINO)	20	F (FEMENINO)	14	PERIODO DE MESTRUACION	SI	NO					
PESO (kg)			TALLA (cm)									
FECHA DE NACIMIENTO	AÑO DEL 1999-2002				HOMBRES		X					
					MUJERES	X						
					FECHA DE REVISION							
INSTITUTO	ECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUOERIORES DE TIANGUISTENO				FECHA DE ELABORACION	22/09/2022						
		PROMEDIO POR MUESTRA										
		PROMEDIO POR EQUIPO				MEDIDAS GENERALES				PERCENTILES		
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3		SUMA	PROMEDIO	DESVIACION	MEDIA	0.05	0.50	0.95
MEDIDA ELEMNTAL												
PUÑO		51.61	58.95	63.54		2044.89	58.43	21.19	56.24	28.80	56.24	99.27
BRAZO		49.35	64.83	76.19		2250.55	64.30	20.68	64.75	40.00	64.75	102.74
CABEZA		19.89	22.78	35.55		921.77	26.34	12.34	21.28	18.05	21.28	58.44
MANO		18.13	45.34	22.07		1035.50	29.59	14.03	20.69	15.76	20.69	51.73
PALMA DE MANIO		19.29	11.39	32.90		735.67	21.02	25.30	11.93	8.25	11.93	90.20
MUSLO SENTADO		43.21	48.25	61.54		1797.87	51.37	13.78	45.17	35.34	45.17	78.77
RODILLA SENTADO		53.61	55.79	63.86		2027.71	57.93	16.28	53.70	45.65	53.70	104.94
PIE		26.00	26.39	47.42		1172.05	33.49	24.00	26.97	20.84	26.97	89.00
MANO Y BRAZO		49.89	45.29	49.69		1683.92	48.11	5.80	48.29	43.20	48.29	55.78
CIRCUNFERENCIA												
CUELLO		35.64	38.30	62.79		1607.73	45.94	24.34	38.78	27.74	38.78	115.60
PECHO		96.40	92.89	109.53		3485.91	99.60	16.48	99.14	80.13	99.14	125.26
CINTURA		86.52	85.18	92.89		3087.25	88.21	20.60	92.65	43.76	92.65	110.84
CADERA		98.42	92.23	89.07		3252.06	92.92	17.65	97.79	50.43	97.79	110.90
CABEZA		55.60	56.44	52.44	1918.99	54.83	5.22	56.13	42.10	56.13	60.40	
DIAMETRO												
AGARRE DE MANO		5.10	7.16	6.26	219.21	6.26	4.85	5.02	3.85	5.02	13.41	
MEDIDA ELEMNTAL												
IMC		25.15	24.92	26.84	897.52	25.64	4.69	26.60	17.51	26.60	32.32	
EVALUADOR	Jesus Abdias Cruz Tlacopanoo											
AYUDANTE												

Ilustración 26.

Cartas antropométricas 3

La aplicación de esta información que nos dan las cartas antropométricas permitirá diseñar una silla más inclusiva y adaptable, mejorando la experiencia de uso, reduciendo riesgos de fatiga y lesiones, y favoreciendo la concentración y productividad en el aula. Este enfoque centrado en el usuario refuerza el compromiso con el bienestar de los estudiantes y la optimización de los entornos educativos.

Gracias a esto se pudo obtener el promedio de las 3 muestras que se tomaron se obtuvieron datos relevantes para implementar los en el rediseño de la silla como es el caso de la altura promedio de los estudiantes el peso promedio entre otros que nos permitirán ajustar las medidas de la silla para que se adapte a los estudiantes, implementar un soporte de la espalda más adecuado, lo que nos ayudara con el bienestar de los alumnos al reducir las lesiones musculoesqueléticas.

La importancia de tener un estudio preciso de las medidas de los estudiantes es ajustar las medidas de las sillas como el caso de los asientos, respaldo, los descansa brazos, esto permitirá realizar el modelado en software de las medidas y diseño adecuado.

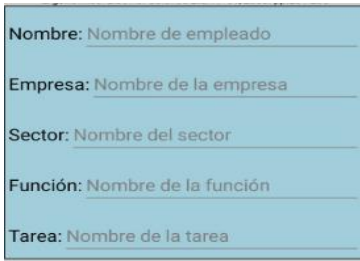
Tabla 4. Medidas importantes (elaboración propia)

Medidas importantes	Promedio
Estatura	1.67m
Circunferencia del pecho	99.6cm
Largura de brazo	73.91cm
Largura muslo sentado	51.37cm
Largura Rodilla sentada	57.93cm
Anchura de la espalda	45.21cm

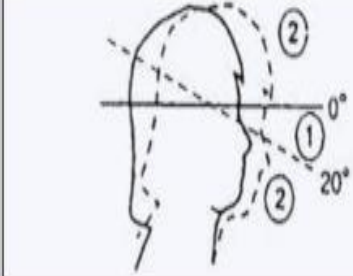
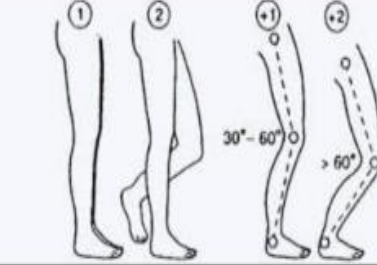
5.1.5 Formulario REBA con la aplicación Ergodroi

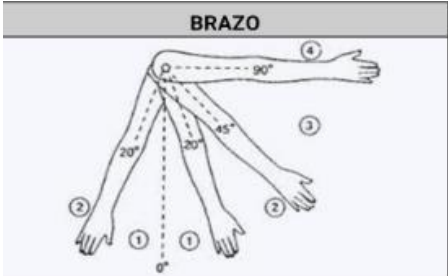
La evaluación ergonómica de las actividades laborales es fundamental para identificar y minimizar los riesgos asociados en este caso de las técnicas que se investigaron se aplicó la técnica REBA ya que se adapta más a el proyecto al ser una evaluación rápida de todo el cuerpo. Este método tiene una serie de preguntas que se centran en aspectos clave que afectan la postura y los movimientos del cuerpo, como la flexión del cuello y tronco, el agarre de herramientas, la postura de las piernas y los brazos, así como la calidad del agarre. Al responder estas preguntas, buscamos proporcionar un análisis detallado que permita reconocer las posturas y movimientos que pueden causar fatiga, molestias o incluso lesiones a corto y largo plazo. La información recopilada ayudará a diseñar entornos de trabajo más seguros y eficientes, mejorando así la productividad y el bienestar de los trabajadores.

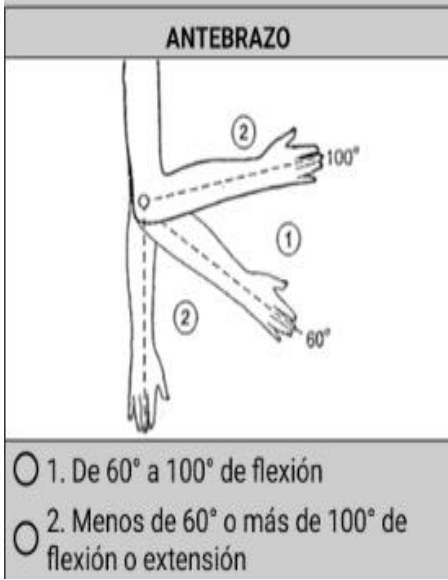
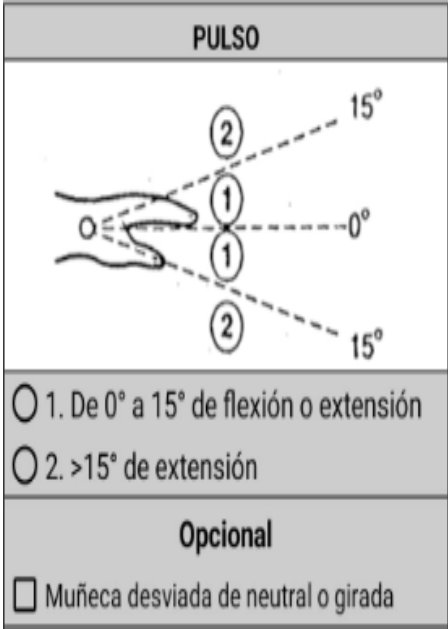
Tabla 5. formulario REBA (elaboración propia)

Ergodroi formulario REBA		
Numero de pregunta	Descripción	Imagen
1	Primero se tendrá que registrar la persona que va a responder el cuestionario REBA en la aplicación ErgoDroi con datos generales, como nombre, empresa o institución, sector al que pertenece, que función tiene ahí y la tarea que realiza.	
2	Se solicita que el usuario registre el grado de flexión del tronco que adopta mientras realiza la actividad evaluada. Para ello, la aplicación ofrece cuatro opciones de posiciones que se pueden	

	seleccionar según la postura observada: • Vertical: Esta opción se elige cuando el tronco se mantiene en una posición completamente recta, sin ningún grado de flexión. • Flexión leve (0° a 20°): Se selecciona cuando la inclinación del tronco hacia adelante es mínima, dentro del rango de 0 a 20 grados. • Flexión moderada (20° a 60°): Corresponde a una inclinación más pronunciada, específicamente entre los 20 y 60 grados, o cuando la flexión es mayor a 20° pero no puede clasificarse como completamente vertical. • Flexión severa (más de 60°): Esta opción debe marcarse únicamente cuando el tronco presenta una inclinación superior a los 60 grados. Además, de manera opcional, se puede registrar si durante la actividad el tronco permanece girado o inclinado hacia uno de los lados.	TRONCO ☐ 1. Verticales ☐ 2. De 0° a 20° de flexión o extensión ☐ 3. De 20° a 60° de flexión o >20° de extensión ☐ 4. >60° de flexión Opcional ☐ Tronco girado o inclinado hacia un lado
3	En esta opción, se debe evaluar y puntuar el grado de flexión del cuello durante la realización de la actividad, utilizando como referencia la imagen proporcionada. Las opciones disponibles son las siguientes: • Flexión leve (0° a 20°): Esta opción debe marcarse cuando el cuello presenta	

	una inclinación hacia adelante dentro del rango de 0 a 20 grados. • Mayor de 20°: Se selecciona cuando la flexión del cuello es mayor, es decir, cuando es mayor a los 20 grados, pero sin alcanzar los valores correspondientes a una posición completamente vertical. De manera opcional, también se puede registrar si, durante la actividad, el cuello realiza un giro lateral o se inclina hacia uno de los lados.	CUELLO  ☐ 1. De 0° a 20° de flexión ☐ 2. >20° de flexión o extensión Opcional ☐ Cuello girado o inclinado hacia un lado
4	En esta pregunta, se debe evaluar la postura adoptada por las piernas durante la realización de la actividad. Las opciones disponibles son las siguientes: • Apoyo en ambas piernas: Esta opción se selecciona cuando la persona mantiene apoyo en ambas piernas, ya sea estando de pie, caminando o sentado. • Apoyo en una sola pierna: Se marca cuando el peso del cuerpo recae únicamente sobre una pierna, mientras la otra permanece libre o en una posición distinta. Además, de manera opcional, se puede indicar el grado de flexión de las rodillas durante la actividad: • Flexión moderada (20° a 60°): Se selecciona si las rodillas presentan una	PIERNAS  ☐ 1. Apoyo en ambas piernas, caminando o sentado ☐ 2. Apoyo sobre una pierna Opcional ☐ +1. Flexión de rodilla de 30° a 60° ☐ +2. Flexión de rodilla mayor a 60°

	flexión dentro de este rango. Flexión profunda (más de 60°): Se marca si las rodillas están flexionadas a un ángulo superior a los 60 grados.	
5	En esta pregunta se deberá evaluar y puntuar la postura que adopta el brazo durante la realización de la actividad. Las opciones disponibles son las siguientes: - Extensión o flexión leve (-20° a 20°): Se selecciona cuando el brazo está en una posición cercana a la neutralidad, con un rango de movimiento que va desde 20 grados de extensión hasta 20 grados de flexión. - Flexión moderada (20° a 45°): Esta opción se marca cuando el brazo presenta una flexión de entre 20 y 45 grados, o bien, si la extensión es menor a 20 grados. - Flexión pronunciada (45° a 90°): Se selecciona cuando el brazo alcanza un rango de flexión entre 45 y 90 grados. - Flexión extrema (más de 90°): Corresponde a las situaciones en las que el brazo supera los 90 grados de flexión. De manera opcional, se puede registrar si el brazo presenta alguna de las siguientes condiciones adicionales: - Abducción	BRAZO  ☐ 1. 20° de extensión a 20° de flexión ☐ 2. De 20° a 45° de flexión o >20° de extensión ☐ 3. De 45° a 90° de flexión ☐ 4. >90° de flexión Opcional ☐ Abducción ☐ Hombro alto ☐ Brazo apoyado

	• Hombro elevado • Brazo apoyado	
6	En esta pregunta se evaluará la postura adoptada por el antebrazo durante la realización de la actividad. Las opciones disponibles son las siguientes: • Flexión neutral (60° a 100°): Se selecciona cuando el antebrazo se encuentra dentro de este rango, que representa una posición funcional y común para muchas actividades. • Flexión o extensión extrema (menos de 60° o más de 100°): Esta opción se marca cuando el ángulo del antebrazo es menor a 60 grados o supera los 100 grados, indicando una postura fuera del rango neutral.	 ○ 1. De 60° a 100° de flexión ○ 2. Menos de 60° o más de 100° de flexión o extensión
7	En esta pregunta se evaluará la posición de la muñeca durante la realización de la actividad. Las opciones disponibles son las siguientes: • Flexión o extensión leve (0° a 15°): Se selecciona cuando la muñeca se encuentra dentro de este rango, ya sea en flexión o extensión, lo que indica una postura cercana a la neutralidad. • Extensión mayor a 15°: Esta opción se marca cuando la muñeca presenta una extensión que supera los 15 grados, lo que puede representar un mayor esfuerzo biomecánico.	 ○ 1. De 0° a 15° de flexión o extensión ○ 2. $>15^\circ$ de extensión Opcional ☐ Muñeca desviada de neutral o girada

8	En esta pregunta se debe evaluar y clasificar la calidad del agarre utilizado durante la realización de la actividad. Las opciones disponibles para puntuar son las siguientes: • Buena: El agarre es firme y seguro, permitiendo realizar la actividad con control y sin generar esfuerzo adicional innecesario. • Razonable: El agarre es funcional, pero podría mejorarse para ofrecer mayor comodidad o seguridad. • Malo: El agarre es inestable o incómodo, dificultando la ejecución eficiente de la tarea. • Inaceptable: El agarre no es adecuado para realizar la actividad, lo que puede generar riesgos importantes, como pérdida de control o lesiones.	Calidad de agarre: ☐ Buena ☐ Razonable ☐ Malo ☐ Inaceptable
9	En esta pregunta se deben evaluar las condiciones de la actividad en relación con la postura y los movimientos del cuerpo. Los aspectos para considerar son los siguientes: • Partes del cuerpo retenidas por más de un minuto: Se debe indicar si alguna parte del cuerpo permanece inmóvil o sostenida en una posición fija durante más de un minuto.	ACTIVIDAD ☐ Una o más partes del cuerpo retenidas durante más de 1 minuto. ☐ Movimientos repetitivos (más de 4 veces por minuto). ☐ Cambios posturales importantes o postura inestable.

	• Movimientos repetitivos: Se debe marcar si la actividad incluye movimientos que se repiten con alta frecuencia, es decir, más de 4 veces por minuto, lo que puede incrementar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. • Cambios posturales importantes o postura inestable: Se debe registrar si durante la actividad se producen cambios significativos en la postura, o si el cuerpo adopta una posición inestable.	
--	---	--

La evaluación de las posturas y movimientos durante las actividades laborales es esencial para prevenir trastornos musculoesqueléticos y promover un entorno de trabajo más seguro y saludable. Al analizar factores como la flexión del cuello y el tronco, la calidad del agarre, la postura de las piernas y brazos, y los movimientos repetitivos, se pueden identificar las áreas de riesgo y proponer soluciones que mejoren la ergonomía del lugar de trabajo. A través de este análisis, se facilita la implementación de prácticas más adecuadas que no solo benefician a los trabajadores, sino también a la productividad y eficiencia organizacional en general.

Se realizaron análisis con la aplicación Ergodroid, del método REBA el cual consistía en contestar una encuesta que permita evaluar las posiciones que adoptan durante las jornadas que usan la silla, la aplicación con ayuda de un cuestionario nos arroja los resultados del método REBA puntuando al cuerpo según los criterios del método, y al final se tienen que sumar los puntos y estos nos indicaran el riesgo que presentan los estudiantes al adoptar estas posturas.

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Jesus A días Cruz Tlacopanco
Empresa	Test
Sector	educativo
Función	Nombre de la función no informado
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 20° a 60° de flexión o más de 20° de extensión
Opciones de tronco	Tronco girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	El cuello no está girado o inclinado hacia un lado.
Posición de la pierna	Apoyo en una pierna
Opciones piernas	Flexión de rodilla mayor a 60°
Peso de la carga	1. Cargar menos de 5Kg
Opciones de carga	No hay impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	De 45° a 90° de flexión
Opciones de brazo	Hombro alto
Posición del antebrazo	De 60° a 100° de flexión
Posición de la muñeca	De 0° a 15° de flexión o extensión
Opciones de pulso	Muñeca desviada de neutral o girada
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Se mantiene durante más de 1 min. + Movimientos repetitivos +

Grupo A: 8

Grupo B: 6

Resultado: 12

Nivel de Riesgo: Muy Alto - Acción inmediata intervenir con urgencia.

Ilustración 27. Encuesta 1 método REBA (elaboración propia)

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Diego Alberto Alpízar Arellano
Empresa	TEST
Sector	educativo
Función	Nombre de la función no informado
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 20° a 60° de flexión o más de 20° de extensión
Opciones de tronco	Tronco girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	Cuello girado o inclinado hacia un lado
Posición de la pierna	Apoyo en una pierna
Opciones piernas	Flexión de rodilla mayor a 60°
Peso de la carga	1. Cargar menos de 5Kg
Opciones de carga	Impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	De 45° a 90° de flexión
Opciones de brazo	Brazo apoyado
Posición del antebrazo	Menos de 60° o más de 100° de flexión o extensión
Posición de la muñeca	De 0° a 15° de flexión o extensión
Opciones de pulso	Muñeca desviada de neutral o girada
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Movimientos repetitivos

Grupo A: 10

Grupo B: 4

Resultado: 12

Nivel de Riesgo: Muy Alto - Acción inmediata intervenir con urgencia.

Ilustración 28. Encuesta 2 método REBA (elaboración propia)

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Cinthya Talavera Lopez
Empresa	test
Sector	educativo
Función	alumna
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 0° a 20° de flexión o extensión
Opciones de tronco	Tronco girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	El cuello no está girado o inclinado hacia un lado.
Posición de la pierna	Apoyo en ambas piernas, caminando o sentado
Opciones piernas	Flexión de rodilla de 30° a 60°
Peso de la carga	1. Cargar menos de 5Kg
Opciones de carga	No hay impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	20° a 45° de flexión o más de 20° de extensión
Opciones de brazo	Nada adicional con respecto a los brazos.
Posición del antebrazo	Menos de 60° o más de 100° de flexión o extensión
Posición de la muñeca	Más de 15° de extensión
Opciones de pulso	La muñeca permanece en línea neutral
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Movimientos repetitivos

Grupo A: 5

Grupo B: 4

Resultado: 6

Nivel de riesgo: Medio: se requiere intervención y análisis adicional.

Ilustración 29. Encuesta 3 método REBA (elaboración propia)

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Gabriela Segura Portillo
Empresa	Test
Sector	Educativo
Función	Estudiante
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 0° a 20° de flexión o extensión
Opciones de tronco	Tronco girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	Cuello girado o inclinado hacia un lado
Posición de la pierna	Apoyo en una pierna
Opciones piernas	Flexión de rodilla mayor a 60°
Peso de la carga	1. Cargar menos de 5Kg
Opciones de carga	No hay impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	20° a 45° de flexión o más de 20° de extensión
Opciones de brazo	Hombro alto
Posición del antebrazo	Menos de 60 ° o más de 100° de flexión o extensión
Posición de la muñeca	De 0° a 15° de flexión o extensión
Opciones de pulso	Muñeca desviada de neutral o girada
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Se mantiene durante más de 1 min. + Movimientos repetitivos

Grupo A: 8

Grupo B: 6

Resultado: 12

Nivel de Riesgo: Muy Alto - Acción inmediata intervenir con urgencia.

Ilustración 30. Encuesta 4 método REBA (elaboración propia)

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Esmeralda Hinojosa Nolasco
Empresa	TEST
Sector	educativo
Función	alumna
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 0° a 20° de flexión o extensión
Opciones de tronco	Tronco girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	Cuello girado o inclinado hacia un lado
Posición de la pierna	Apoyo en una pierna
Opciones piernas	Flexión de rodilla mayor a 60°
Peso de la carga	1. Cargar menos de 5Kg
Opciones de carga	Impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	20° a 45° de flexión o más de 20° de extensión
Opciones de brazo	Abducción
Posición del antebrazo	Menos de 60 ° o más de 100° de flexión o extensión
Posición de la muñeca	De 0° a 15° de flexión o extensión
Opciones de pulso	Muñeca desviada de neutral o girada
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Movimientos repetitivos

Grupo A: 9

Grupo B: 6

Resultado: 11

Nivel de Riesgo: Muy Alto - Acción inmediata intervenir con urgencia.

Ilustración 31. Encuesta 5 método REBA (elaboración propia)

ERGODROID

REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo

Nombre del trabajador	Jethro Mahanain Arsaluz Gómez
Empresa	TEST
Sector	Educativo
Función	Nombre de la función no informado
Nombre de la tarea	Nombre de la tarea realizada no informada

Grupo A - Posiciones

Posición del tronco	De 0° a 20° de flexión o extensión
Opciones de tronco	El tronco no está girado o inclinado hacia un lado
Posición del cuello	Más de 20° de flexión o extensión
Opciones de cuello	El cuello no está girado o inclinado hacia un lado.
Posición de la pierna	Apoyo en ambas piernas, caminando o sentado
Opciones piernas	Flexión de rodilla de 30° a 60°
Peso de la carga	2. Carga entre 5 y 10Kg
Opciones de carga	Impacto o fuerza repentina

Grupo B - Posiciones

Posición del brazo	De 45° a 90° de flexión
Opciones de brazo	Brazo apoyado
Posición del antebrazo	Menos de 60° o más de 100° de flexión o extensión
Posición de la muñeca	Más de 15° de extensión
Opciones de pulso	Muñeca desviada de neutral o girada
Calificación de grappling	Razonable
ACTIVIDAD	Movimientos repetitivos

Grupo A: 6

Grupo B: 5

Resultado: 9

Nivel de riesgo: Alto: se requiere intervención inmediata y análisis adicional.

Ilustración 32. Encuesta 6 método REBA (elaboración propia)

Aplicando el formulario del método REBA el cual tienen una serie de preguntas que nos ayudan a determinar el nivel de riesgo en el que se encuentran las personas al realizar una actividad en este caso al usar la silla día a día se encontró que la mayoría de las personas obtuvieron riesgo muy alto lo que nos dice que se tiene que tener una acción inmediata intervenir con urgencia debido a las posiciones que adoptan los estudiantes con el uso de la silla actual, lo que nos indica que un rediseño de la silla si es viable y nos permite implementar nuevas cosas o ajustar mejor el diseño.

Los resultados que se obtuvieron de todos los formularios fueron los siguientes, los cuales indican en su mayoría riesgo muy alto.

Tabla 6. Resultados método REBA (elaboración propia)

Numero de cuestionario REBA	Grupo A	Grupo B	Total
1	8	6	12
2	10	4	12
3	5	4	6
4	8	6	12
5	9	6	11
6	6	5	9

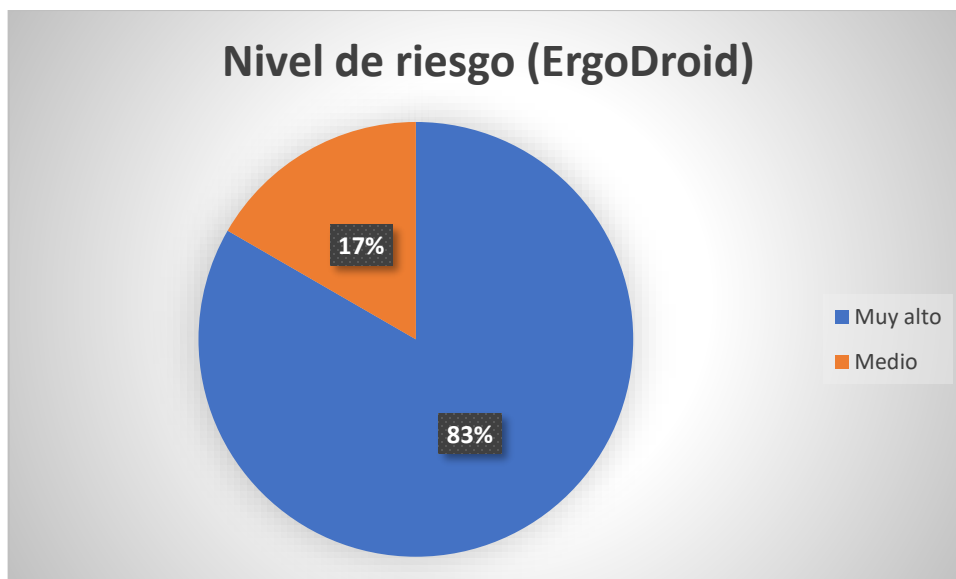


Ilustración 33. Resultados de Ergodroi (Elaboración propia)

De acuerdo con la ilustración 33, los resultados del Formulario REBA en el proyecto de rediseño de sillas para una universidad indican que la mayoría de los riesgos posturales se encuentran en niveles muy altos, se concluye que las sillas actuales no están diseñadas adecuadamente para las necesidades ergonómicas de los usuarios. Esto significa que los estudiantes y otros usuarios están expuestos a un alto riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos debido a posturas inadecuadas y falta de soporte durante actividades prolongadas, como estudiar o trabajar en sus escritorios.

Esta evaluación subraya la necesidad urgente de rediseñar las sillas con un enfoque ergonómico que priorice la comodidad, el soporte postural y la adaptabilidad a las diversas anatomías de los usuarios. Las recomendaciones incluyen considerar factores como el ajuste de altura, la inclinación del respaldo, el soporte lumbar y el material del asiento para reducir la presión en puntos críticos del cuerpo el rediseño no solo mejorará la salud y el bienestar de los usuarios, sino que también incrementará su productividad y comodidad, contribuyendo a un entorno educativo más eficiente. Asimismo, al abordar los riesgos identificados, se garantiza el

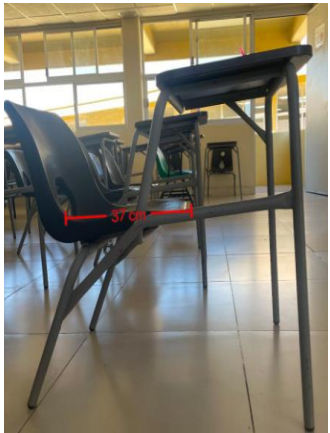
cumplimiento de los estándares de seguridad y salud en el entorno académico, promoviendo una cultura de prevención y bienestar integral en la universidad.

5.1.6 Dimensiones de la silla actual

Tomar las medidas de la silla que utilizan los estudiantes actualmente es importante para identificar problemas ergonómicos existentes al comparar sus dimensiones con las cartas antropométricas esto permite analizar si la silla favorece una postura saludable y se adapta adecuadamente a los estudiantes también establece una referencia de mejora que asegura que el rediseño responda a las deficiencias detectadas y no sea arbitrario además facilita la adaptación a la población objetivo al identificar qué tan bien cubre un rango aceptable de medidas promedio y percentiles esto optimiza el diseño al enfocar los cambios en aspectos clave sin generar costos innecesarios finalmente garantiza la compatibilidad del nuevo diseño con el entorno evitando interferencias con otros elementos del mobiliario y asegurando que se ajuste al espacio disponible Proporciona una base objetiva para validar los resultados del rediseño al comparar las medidas iniciales con las nuevas dimensiones propuestas, asegurando que las mejoras sean medibles y justificadas.

Medidas obtenidas de la silla actual:

Tabla 7. Medidas de la silla actual (elaboración propia)

Silla	Medida	Imagen
Alto del asiento	43cm	
Alto del respaldo	37cm	
Profundidad del asiento	37cm	

Ancho y largo de la paleta	47.5cm y 40cm	
Alto de la paleta	70cm	

Las medidas que se obtuvieron con ayuda del flexómetro, las medidas de la silla actual que usan los estudiantes nos sirven para varios propósitos importantes en el proceso de rediseño nos permiten comparar las dimensiones actuales con los estándares ergonómicos y las cartas antropométricas para evaluar si la silla cumple con los requisitos de comodidad y funcionalidad necesarios para los estudiantes, ayudan a identificar áreas específicas que necesitan mejora, como

la altura del asiento, la profundidad, el ángulo del respaldo o el soporte lumbar, asegurando que el rediseño enfoque los aspectos más críticos para el usuario sirven como base para desarrollar prototipos o modelos que estén ajustados a las necesidades reales de la población objetivo, evitando errores en el diseño inicial que podrían generar costos adicionales o retrasos en la implementación proveen información clave para justificar los cambios realizados en términos de mejora de la ergonomía y la productividad, mostrando que las decisiones de diseño están fundamentadas en datos objetivos y necesidades específicas.

Facilitan la validación del rediseño al permitir comparar las dimensiones originales con las nuevas propuestas, demostrando de manera clara y medible las mejoras logradas en términos de comodidad, seguridad y adaptabilidad.

Contribuyen a diseñar un mobiliario que sea compatible con el entorno educativo, asegurando que las nuevas sillas se integren adecuadamente con otros elementos del mobiliario, como mesas o escritorios, y que aprovechen de manera eficiente el espacio disponible en las aulas.

En general, las medidas actuales son una herramienta indispensable para realizar un rediseño efectivo, fundamentado en datos objetivos que garantizan mejoras concretas y justificables.

5.1.7 Propuestas de las medidas para el rediseño de la silla

Percentiles que se tomaron en cuenta:

Percentil 95 (hombres): Representa el rango más alto de las medidas de los hombres, excluyendo al 5% más alto.

Se usa para garantizar que las dimensiones sean suficientemente amplias o altas para los hombres más grandes dentro de la población.

Si el asiento es demasiado bajo o estrecho, los hombres más grandes podrían sentir incomodidad o dificultades para usarlo. Usar el percentil 95 asegura que incluso los más altos o corpulentos estén cómodos.

Percentil 5 (mujeres): Representa el rango más bajo de las medidas de las mujeres, excluyendo al 5% más pequeño.

Se usa para garantizar que las dimensiones no sean excesivamente grandes o altas para las mujeres más pequeñas dentro de la población.

Altura del asiento

La altura debe adaptarse a la altura poplítea más un margen para calzado entre otras cosas que son importantes para la comodidad.

Altura óptima del asiento para rango de usuarios (promedio ponderado), proporciona un diseño intermedio para cubrir un rango amplio de usuarios.

$$H_{\text{asiento}} = \frac{H_{\text{poplitea}, 95} + H_{\text{poplitea}, 5}}{2} + M_{\text{calzado}}$$

H_{poplitea}, 95: Altura poplítea del percentil 95 (hombres).

H_{poplitea}, 5: Altura poplítea del percentil 5 (mujeres).

M_{calzado}: Margen para el calzado.

Altura optima promedio

$$H_{\text{asiento}} = \frac{47\text{cm} + 43\text{cm}}{2} + 3\text{cm} = 48\text{cm}$$

Tabla 8. Comparación de la altura del asiento (elaboración propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	Altura poplítea (Percentil 95 hombres): 43 cm
Medida propuesta	Incrementar de 43 cm a 48 cm para mayor comodidad.

El rediseño propuesto, que incluye un aumento de 5 cm en la altura del asiento, tiene como objetivo principal mejorar la comodidad y la ergonomía de los estudiantes que utilizan esta silla diariamente. Esta modificación permitirá que los estudiantes se sienten en una posición más natural y relajada, reduciendo la presión sobre la espalda y las piernas durante períodos prolongados de uso.

Profundidad del asiento

La profundidad del asiento debe permitir que el usuario apoye completamente su espalda en el respaldo sin que el borde del asiento presione detrás de las rodillas (zona poplítea)

Si se usa un margen muy pequeño o la profundidad se basa en el percentil 95 (hombres), los usuarios con piernas más cortas podrían experimentar incomodidad, ya que sus rodillas quedarían presionadas contra el borde del asiento

$$D_{\text{asiento}} = L_{\text{gluteo~poplitea}, P5} - M_{\text{margen}}$$

Lgluteo~poplitea, P5: Longitud glúteo-poplíteo del percentil 5 (mujeres), ya que las piernas más cortas deben estar cómodas.

Mmargen: Margen para evitar contacto con la zona poplíteo (generalmente 4 a 6 cm).

$$D_{asiento} = 47.37 - 5\text{cm} = 46.37$$

Tabla 9. comparación de la Profundidad del asiento (elaboración propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	Cuenta con 37cm de profundidad el asiento
Medida propuesta	Incrementar a 42.37 cm para mayor comodidad

El rediseño propuesto, que incluye un aumento en la profundidad del asiento de 37 cm a 42.37 cm, busca mejorar significativamente la comodidad y la ergonomía de los estudiantes que utilizan esta silla. Al ampliar la profundidad del asiento, se proporciona un apoyo adicional para las piernas, permitiendo que los usuarios se sienten en una posición más cómoda y natural.

Altura del respaldo

Debe proporcionar soporte adecuado a la espalda, especialmente en la zona lumbar y media, dejando espacio para que los hombros y la parte superior del torso tengan movilidad.

Si se usa el percentil 95 (hombres), el respaldo podría ser demasiado alto para mujeres más pequeñas, limitando su movilidad o generando incomodidad.

Formula:

$$H_{\text{respaldo}} = H_{\text{hombros}, P5} - M_{\text{movilidad}}$$

Hombros, P5: Altura desde el asiento hasta los hombros del percentil 5 (mujeres), para garantizar que las personas más bajas reciban soporte.

Mmovilidad: Margen para facilitar movimiento de los hombros (generalmente 8 a 12 cm).

$$H_{\text{respaldo}} = 54\text{cm} - 8\text{cm} = 46\text{cm}$$

Tabla 10. comparación de la Altura del respaldo (elaboración propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	La altura del respaldo actual es de 37cm
Medida propuesta	Incrementar a 46 cm para brindar un porte adecuado a todos

El rediseño propuesto, que incluye un aumento en la altura del asiento de 5 cm es decir el ajuste de la altura del respaldo de 37 cm a 46 cm, tiene como objetivo principal mejorar la comodidad y la ergonomía de los estudiantes que utilizan esta silla. La modificación en la altura del asiento permitirá que los usuarios se sienten en una posición más natural y cómoda, reduciendo la presión en la espalda baja y las piernas durante largos períodos de uso.

Ancho del asiento

El asiento debe ser suficientemente amplio para acomodar a usuarios con caderas más anchas, añadiendo un margen para comodidad y movilidad lateral.

El percentil 95 de mujeres se usa porque tienden a tener caderas más anchas. Esto asegura que el asiento no sea restrictivo para los usuarios más grandes, mientras que el margen extra evita que se sientan confinados.

Formula:

$$A_{siento} = A_{caderas, P95} + 2M_{lateral}$$

A_{caderas, P95}: Ancho de caderas del percentil 95 (mujeres).

M_{lateral}: Margen para cada lado (generalmente 3-4 cm por lado).

$$A_{siento} = 46cm + 2(3cm) = 52cm$$

Tabla 11. comparación del Ancho del asiento (elaboración propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	El ancho actual del asiento es de 45.21cm
Medida propuesta	Incrementar el ancho a 52cm para que se adapte mejor

El rediseño propuesto, que implica incrementar el ancho del asiento de 45.21 cm a 52 cm, tiene como objetivo principal mejorar la adaptación y la comodidad para los usuarios de la silla. Este aumento permitirá que el asiento se ajuste mejor al cuerpo, proporcionando un soporte más amplio y cómodo para las caderas y los muslos.

Ancho del respaldo

Debe ser lo suficientemente amplio para acomodar los hombros más anchos de los usuarios.

El percentil 95 de hombres se usa para garantizar que los hombres más corpulentos puedan recostar su espalda cómodamente.

Fórmula:

$$A_{\text{respaldo}} = A_{\text{hombros}, P95}$$

$$A_{\text{respaldo}} = 47\text{cm}$$

Tabla 12. comparación del Ancho del respaldo (elaboracion propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	La medida actual del ancho del respaldo es de 45.21
Medida propuesta	Incrementar el ancho del respaldo a 47cm para que se ajuste más a las medidas de todos.

El rediseño propuesto, que incluye un ajuste en el ancho del respaldo de 45.21 cm a 52 cm, tiene como objetivo mejorar significativamente la comodidad y el soporte ergonómico de los estudiantes. Al incrementar el ancho del respaldo, se asegura un ajuste más adecuado al cuerpo, permitiendo una mejor distribución del peso y proporcionando un soporte adicional para la espalda y los hombros.

Altura de la paleta

Debe estar al nivel del codo del usuario cuando está sentado, permitiendo escribir cómodamente.

Asegura que los usuarios más altos puedan escribir sin elevar o forzar sus hombros.

Formula:

$$H_{paleta} = H_{codo, P95} + H_{asiento}$$

Hcodo, P95: Altura del codo desde el asiento para el percentil 95 (hombres).

Hasiento: Altura final del asiento ajustado.

$$H_{paleta} = 23cm + 50cm = 73cm$$

Tabla 13. comparación de la Altura de la paleta (elaboración propia)

Medida actual y medida propuesta para el rediseño	
Medida actual	La medida actual de la altura es de 70cm
Medida propuesta	Incrementar la altura a 73cm considerando que se ajustó el asiento y para que se adapte a todos.

El rediseño propuesto, que incluye un aumento en la altura de la paleta de 70 cm a 73 cm, tiene como objetivo asegurar un mejor ajuste ergonómico para todos los usuarios de la silla. Al incrementar la altura de la paleta, se garantiza que se mantenga una alineación adecuada con la nueva altura del asiento, facilitando así una postura cómoda y natural para los estudiantes.

5.2. Dimensiones de la silla con los ajustes realizados

Tabla 14. Propuesta de la mejora de las medidas (elaboración propia)

Silla	Medida	Imagen
Alto del asiento	52cm	
Alto del respaldo	48 cm	
Profundidad del asiento	42.37 cm	

Ancho y largo de la paleta	47.5cm y 40cm	
Alto de la paleta	73cm	

En el siguiente enlace se muestra el funcionamiento del mecanismo, el cual gira 180 grados y se adapta a estudiantes zurdos:

<https://drive.google.com/file/d/1sLcUI182zmHn5aqQFGkIXe9rMLeIROks/view?usp=drivesdk>

El peso que puede soportar la silla según los materiales que se usan es de:

Plástico de alta resistencia: Si las llantas tienen un diámetro estándar (50 mm) y un espesor de 5-8 mm, pueden soportar cargas puntuales de entre 150-200 kg por llanta, dependiendo del diseño.

Base metálica: Si está hecha de acero con un espesor de 2-3 mm, podría soportar cargas superiores a 300 kg.

Considerando una distribución uniforme del peso entre las 5 llantas y la base metálica como el soporte principal, la silla probablemente puede soportar un peso total en el rango de 70-100 kg, con un factor de seguridad adecuado.

5.2.1 Sillas actuales en el mercado

Elegir una silla ergonómica para estudiantes es una decisión importante que puede impactar significativamente en la comodidad y productividad durante las horas de estudio. En 2024, el mercado ofrece una amplia gama de opciones, desde modelos económicos hasta sillas de alta gama diseñadas específicamente para ambientes de estudio. Estas sillas están equipadas con características ajustables que permiten un soporte adecuado para la espalda, el cuello y los brazos, lo que puede prevenir problemas de salud a largo plazo asociados con pasar muchas horas sentados. Es fundamental considerar factores como el ajuste en altura, el soporte lumbar, los materiales utilizados y el diseño general de la silla para seleccionar la mejor opción que se ajuste a las necesidades personales del estudiante.

Tabla 15. comparación de sillas actuales en el mercado

Modelo de silla	Precio aproximado	Características	Ventajas y Desventajas	Imagen	Proveedor
Silla Escolar Iso con Paleta Abatible	\$1,900 MXN.	Estructura metálica, asiento y respaldo de polipropileno de alto impacto, paleta abatible,	Diseño funcional, materiales duraderos, No incluye cojín en el asiento, lo que podría limitar la		Mobiliario SyN

		y rejilla porta papeles.	comodidad durante usos prolongados.		
Silla RE-675 Training con Paleta	\$7,666 MXN.	Asiento y respaldo de polipropileno, paleta abatible con portavasos, respaldo reclinable, materiales de alta densidad.	Ideal para capacitaciones y aulas superiores, incluye sistema antipánico para seguridad. Precio elevado en comparación con otras opciones.		3R Innovación
Silla Monopoly con Paleta	\$3,883 MXN.	Diseño moderno, asiento ergonómico de polipropileno, estructura metálica.	Diseñada para ofrecer comodidad en entornos educativos. No incluye características avanzadas como respaldo reclinable.		Nuuk Concept
Silla New College con paleta en poliamida negra	\$950 MXN	Respaldo y asiento de polipropileno, estructura ligera y funcional.	Económica y práctica, ideal para aulas dinámicas. Menor durabilidad en comparación con materiales metálicos		sillapilable
Silla Rubi con brazos y paleta de poliamida	\$1,740 MXN	Asiento y respaldo tapizados, paleta abatible de poliamida, brazos incluidos.	Cómoda y con soporte adicional para los brazos. Puede ocupar más espacio debido a los brazos.		sillapilable

Silla ISO Paleta Abatible	\$2,800 MXN	Respaldo y asiento en polipropileno con espuma de 4 cm tapizada, patas metálicas con pintura electrostática, resistencia hasta 120 kg, paleta abatible para mayor versatilidad.	Diseño duradero, fácil mantenimiento, ideal para uso prolongado. Precio elevado en comparación con otros modelos más básicos		Ergostyle
Silla Escolar con Paleta Abatible (Kerosti)	\$1,971 MXN	Fabricadas a medida, diseño en acero con pintura epóxica, opción de distintos acabados para adaptarse a las necesidades escolares.	Personalización, entrega garantizada. Materiales muy básicos para la elaboración de mobiliario estudiantil.		Kerosti
Offiho Silla Escolar tipo Pupitre con Paleta Giratoria, Ruedas y Portavasos, Modelo Blow OHP2100	\$ 5,036 MXN	Giratoria de polipropileno reciclable de alta densidad PP5 inerte, inocuo, resistente a las sustancias corrosivas y calor, libre de metales pesados y de grado alimenticio con 6 entradas de sujeción para rodajas, medida final de la base 620mm por 550mm, radio 25".	Cuenta con un diseño ergonómico, un respaldo medio para otorgar más comodidad, paleta ajustable 360 grados para ajustar a mano izquierda y derecha. Tiene un precio muy alto, ocupa mayor espacio en comparación de otras sillas.		luzdeco

Sillas Silla Ergonómica para Estudiantes Sillas De Examen para Instituciones De Formación Silla De Conferencias para Periodistas Silla Plegable Carga Estable	\$ 4,300 MXN	La curva y la forma del diseño de esta silla hacen que nuestro asiento se ajuste a su cuerpo perfectamente, y el respaldo se ajusta a su espalda, lo que reduce la fatiga trasera. La silla plegable adopta un marco de acero fuerte y estable y se llena de esponja.	Cuenta con un diseño ergonómico, con materiales de calidad y que se adaptan a todo tipo de condiciones, diseño innovador y duradero. Tiene un precio alto en comparación de otras sillas, puede ocupar mayor espacio por las dimensiones.		PHSP
Silla de Visita Premium Escolar Lisboa	\$ 5,434 MXN	Es una silla escolar ejecutiva cuenta con un respaldo tapizado en malla, asiento abatible, tapizado en tela crepe y acojinado con hule espuma de poliuretano.	Cuenta con un mecanismo de inclinación automática para mejor confort, estructura metálica, calibre 16 en pintura color gris y detalles en aluminio. Tiene un precio alto para los materiales que ofrece, materiales que no son de una calidad muy alta.		Sillas ADS

La compra de una silla ergonómica para un salón de estudio no solo debe enfocarse en el precio, sino también en la funcionalidad y el confort a largo plazo. Al optar por una silla adecuada, los estudiantes pueden minimizar el riesgo de dolor muscular y mejorar su capacidad

de concentración y rendimiento académico. Con las opciones disponibles en 2024, que van desde modelos económicos con paletas abatibles hasta sillas de alta gama con características avanzadas como el reposacabezas ajustable y el soporte lumbar, es importante evaluar todas las opciones disponibles para elegir la mejor opción. Invertir en una silla ergonómica adecuada no solo mejora la postura y la comodidad, sino que también puede contribuir a un entorno de estudio más saludable y productivo. Los estudiantes deben buscar asesoramiento de expertos y probar diferentes modelos antes de tomar una decisión final para asegurar que están eligiendo la opción que mejor se adapte a sus necesidades y presupuesto.

5.2.2 Explosión de materiales

La explosión de materiales es un proceso esencial en la planificación y gestión de proyectos de diseño industrial, especialmente en la fabricación de productos complejos como una silla ergonómica. Este análisis permite descomponer un producto final en sus componentes principales y subcomponentes, detallando cada pieza, sus descripciones, cantidades requeridas y costos asociados (Dul & Weerdmeester, 2008).

El presente análisis detalla los materiales necesarios para fabricar esta silla, considerando características clave como soporte lumbar, ajuste de altura, reposa brazos y una base con ruedas que permita movilidad. Cada componente ha sido seleccionado para cumplir con los más altos estándares de ergonomía, durabilidad y economía, asegurando que el diseño sea tanto práctico como accesible para el entorno educativo.

NOMBRE DEL PRODUCTO	Silla Ergonomica	INFORMACIÓN DE CONTACTO				
APROBADO POR						
FECHA DE APROBACIÓN						
CANTIDAD DE PIEZAS	1					
COSTO TOTAL	\$ 3,282.00					



NÚMERO DE PIEZA	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	IMAGEN DE LA PIEZA	COSTO UNITARIO	MONTO
1	Base de asiento	Base metálica para el asiento	1		\$270.00	\$ 270.00

Ilustración 34. Explosión de materiales 1 (elaboración propia)

2	Asiento	Asiento ergonómico relleno de espuma y cubierto con tela	1		\$450.00	\$ 450.00
3	Respaldo	Respaldo ergonómico con soporte lumbar	1		\$360.00	\$ 360.00
4	Mecanismo para mover la paleta	El mecanismo permite cambiar de lugar la aleta de izquierda a derecha y viceversa	1		\$ 500.00	\$ 500.00

Ilustración 35.

Explosión de materiales 1 (elaboración propia)

5	Ruedas	Ruedas de alta resistencia para muebles	5		\$36.00	\$ 180.00
6	Tornillo	Tornillo del mecanismo que hace que cambie de posición	1		\$ 150.00	\$ 150.00
7	Paleta	Paleta de madera resistente	2		\$221.00	\$ 442.00

Ilustración 36. Explosión de materiales 3 (elaboración propia)

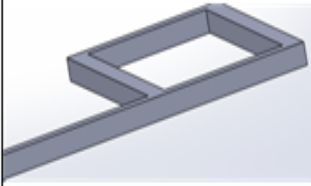
8	Esqueleto de la paleta	Soporte metalico para realizar ajustes de la paleta	1		\$ 450.00	\$ 450.00
9	Base de las llantas	Soporte de plastico para colocar las llantas de la silla	1		\$ 480.00	\$ 480.00

Ilustración 37. Explosión de materiales 4 (elaboración propia)

El costo total de la fabricación de una silla ergonómica se calcula sumando los costos individuales de las piezas utilizadas. La silla consta de 9 componentes principales: base de asiento, respaldo, mecanismo de movimiento, ruedas, tornillo, paleta, esqueleto de la paleta y base de las llantas.

El costo total de \$3,282.00 para la fabricación de esta silla ergonómica refleja una inversión superior en calidad y funcionalidad respecto a sillas convencionales del mercado. A diferencia de otras sillas de menor precio, esta incluye características avanzadas, como soporte lumbar, un mecanismo ajustable para la paleta, y ruedas de alta resistencia, que incrementan su durabilidad y ergonomía.

En comparación con otras sillas cuyo precio ronda entre \$750 a \$ 7666, las sillas de menor costo suelen tener un diseño básico, con materiales y características limitadas, lo que las hace menos duraderas y cómodas para un uso prolongado.

Por otro lado, las sillas de mayor costo ofrecen funcionalidades adicionales, como múltiples ajustes, mejor soporte lumbar y materiales premium, características que se encuentran también en esta silla ergonómica, pero a un precio más competitivo.

Conclusión

El rediseño de una silla ergonómica para estudiantes universitarios surge como respuesta a la necesidad de mejorar las condiciones físicas de estudio y prevenir problemas musculoesqueléticos derivados de posturas incorrectas. La problemática radica en que el mobiliario proporcionado por la universidad el cual está diseñado bajo estándares generalizados, no considera la diversidad en las medidas del cuerpo de los estudiantes, lo que genera incomodidad y a largo plazo repercusiones en su salud.

El enfoque del proyecto incluyó la recopilación de información mediante encuestas aplicadas a los estudiantes, cuyo análisis permitió identificar las principales molestias derivadas del uso de las sillas actuales. Con base en estos datos, se elaboraron cartas antropométricas específicas que sirvieron de guía para definir las medidas adecuadas del nuevo diseño. Además, se evaluaron los riesgos posturales mediante la aplicación del método REBA que nos permite realizar un análisis rápido de todo el cuerpo, lo que permitió validar las mejoras propuestas.

El prototipo del nuevo diseño fue desarrollado mediante el software SolidWorks, facilitando la visualización y simulación del rediseño. Este modelo incorpora mejoras ergonómicas clave, tales como un soporte más adecuado para la espalda y una mayor adaptabilidad a las medidas de los estudiantes.

El rediseño de la silla ergonómica propuesto constituye una alternativa viable y efectiva que genera una mejorar el bienestar físico de los estudiantes, promoviendo un entorno académico más saludable. Este trabajo no solo resalta la importancia de la ergonomía en entornos educativos, sino que también establece un punto de partida para futuros proyectos enfocados en el diseño de mobiliario ergonómico que atienda a las necesidades específicas de los usuarios.

Recomendaciones

Evitar suponer que todas las sillas escolares son iguales o que todos los estudiantes tienen las mismas necesidades.

No utilizar cartas antropométricas que no corresponden al grupo demográfico objetivo (por ejemplo, cartas de otro país o región). Es clave asegurarse de que los datos sean representativos de la población estudiantil específica.

Abstenerse de depender exclusivamente de encuestas cerradas o con pocas preguntas. Es importante incluir espacios para respuestas abiertas que permitan detectar necesidades no previstas.

Es importante no posponer la fase del diseño en SolidWorks. Comenzar con bocetos preliminares y luego validar antes de pasar al modelado puede evitar retrabajos y errores de diseño.

No se debe ignorar los costos desde el inicio del rediseño evitar desarrollar propuestas que sean inviables económicamente, es importante considerar materiales y procesos accesibles desde las primeras etapas.

Es importante no asumir que todos entienden los términos técnicos (como REBA) se debe explicar claramente para facilitar la comunicación del proyecto.

No olvidar adaptar el diseño para estudiantes con movilidad reducida o necesidades especiales.

Competencias desarrolladas

Tabla 16. Competencias desarrolladas

Materia	Competencia desarrollada	Aplicación
Taller de investigación I	Diseñar una propuesta de investigación enfocada en el rediseño de una silla ergonómica para estudiantes universitarios, identificando las principales problemáticas relacionadas con las malas posturas y proponiendo soluciones fundamentadas en análisis ergonómicos y metodológicos.	Se aplicaron los fundamentos de la investigación, para estructurar una propuesta de rediseño ergonómico de una silla para estudiantes universitarios, se identificó la problemática, se revisó la literatura, metodología y se justificó.
Taller de investigación II	Consolidar y ejecutar el proyecto de investigación, llevando a cabo el análisis de datos, la construcción de herramientas como cartas antropométricas, y la creación de un prototipo digital que integre principios de ergonomía. Además, gestionar la presentación y validación de la propuesta como una alternativa innovadora para mejorar el bienestar estudiantil.	Se desarrollo y se consolido la propuesta de rediseño, se analizaron los datos obtenidos, se integraron los resultados, se elaboro el documento final del proyecto con base en los lineamientos de investigación establecidos
Ergonomía	Analizar los principios fundamentales de la ergonomía para identificar y evaluar los factores de riesgo postural en estudiantes universitarios, con el objetivo de proponer mejoras en el diseño del mobiliario educativo, como una silla ergonómica que reduzca lesiones musculoesqueléticas.	Se aplicaron principios ergonómicos para analizar y mejorar las condiciones posturales de los estudiantes, se utilizaron herramientas como el método REBA para evaluar los riesgos posturales.
Dibujo industrial	Aplicar técnicas y herramientas de dibujo industrial para desarrollar representaciones detalladas del prototipo de una silla ergonómica, integrando medidas antropométricas y	Se emplearon herramientas y técnicas de representación gráfica para plasmar el rediseño de la silla ergonómica, se

	principios de diseño ergonómico. Estas representaciones permiten visualizar y optimizar el diseño antes de su fabricación, asegurando funcionalidad, comodidad y estética adaptadas a las necesidades de los estudiantes universitarios.	realizaron planos técnicos, se generó el modelo mediante el software SolidWorks, permitiendo visualizar el diseño de manera precisa y facilitar su comprensión.
Control de calidad y productividad	Desarrollar un enfoque integral que combine herramientas de control de calidad para evaluar el diseño, materiales y funcionalidad del prototipo de una silla ergonómica, asegurando el cumplimiento de estándares ergonómicos. Además, analizar el impacto de este rediseño en la productividad estudiantil, optimizando el bienestar físico	Se aplicaron herramientas y métodos para asegurar que el rediseño de la silla ergonómica no solo cumpliera con los estándares de calidad, si no también sea óptima para su producción.

Referencias

Aguayo, E. (2025, 5 enero). Técnica de los 5 ¿por qué? Eduardo Aguayo ~ Consultoría E

Investigación En UX.

Amazon. (2024). Sillas Silla Ergonómica para Estudiantes Sillas De Examen para Instituciones

De Formación Silla De Conferencias para Periodistas Silla Plegable Carga Estable.

Anderson, J. (1999). Ergonomics in school environments. Journal of Education and Ergonomics.

Assistant. (2024). Descripción y usos de un flexómetro.

Bridger. (2008). Introduction to Ergonomics. CRC Press.

colaboradores de Wikipedia. (2024). Diagrama de Ishikawa. Wikipedia, la Enciclopedia Libre.

- Costa, T. B. da S., & Mendes, M. A. (2018). Análisis de la causa raíz: Uso del diagrama de Ishikawa y método de los 5 porqués para identificar las causas de la baja productividad en un cultivo de cacao. Anais del X Simposio de Ingeniería de Producción de Sergipe.
- David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, 55(3), 190-199.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide*. CRC Press.
- Falla, D., Rainoldi, A., & Merletti, R. (2004). Quantitative analysis of muscular strain in repetitive tasks. *Journal of Ergonomics*, 47(6), 1205-1215.
- Gajšek, B., Draghici, A., Boatca, M. E., Gaureanu, A., & Robescu, D. (2022). Linking the use of ergonomics methods to workplace social sustainability: The Ovako working posture assessment system and rapid entire body assessment method. *Sustainability*, 14(7), 4301.
- Gogia, P. P., Braatz, J. H., Rose, S. J., & Norton, B. J. (1987). Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. *Physical Therapy*, 67(2), 192-195.
- Gómez Conesa, A., & Martínez González, M. (2002). *Ergonomía. Historia y ámbitos de aplicación*.
- Gómez, L., & Martínez, R. (2024). *Análisis de percentiles en poblaciones: Enfoque por género*. Editorial Estadística Moderna.
- Gómez, L., & Martínez, R. (2024). *Herramientas básicas de medición: La cinta métrica*. Editorial Técnica Global.

- Gurnani, U., Singh, S. K., Sain, M. K., & Meena, M. L. (2022). A Postural Risk Assessment of Manual Dairy Farm Workers using NIOSH Lifting Equation.
- Heidarimoghadam, R., Mohammadfam, I., Babamiri, M., Soltanian, A. R., Khotanlou, H., & Sohrabi, M. S. (2022). What do the different ergonomic interventions accomplish in the workplace? A systematic review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 600-624.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- Ishikawa, K. (1993). *Control total de calidad: Al estilo japonés*. Río de Janeiro.
- Kalakoski, V., Selinheimo, S., Valtonen, T., Turunen, J., Käpykangas, S., Ylisassi, H., & Paajanen, T. (2020). Effects of a cognitive ergonomics workplace intervention (CogErg) on cognitive strain and well-being: a cluster randomized controlled trial. A study protocol. *BMC Psychology*, 8(1), 1-16.
- Kee, D. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 595.
- Keir, P. J., & MacDonell, C. W. (2004). Upper limb posture and load assessment in the workplace. *Ergonomics*, 47(6), 1226-1241.
- Kilbom, A. (1994). Repetitive work of the upper extremity: Part II—The scientific basis (knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14(1-2), 59-86.

- Martin, M., & Bates, B. T. (1997). A survey of measurement techniques for analyzing human posture. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(4), 317-330.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Ohno, T. (1997). *El sistema de producción de Toyota: Más allá de la producción en masa*. Porto Alegre: Bookman.
- Özcan, A. G. (2021). Ergonomic Risk Assessment in Automotive Welding Lines and Comparison of Method Output. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(4), 645-659.
- Pérez, A., & Ramírez, J. (2024). *Fundamentos de estadística aplicada: Percentiles y medidas descriptivas*. Editorial Académica Sigma.
- Pérez Molina, D., & Ros Mar, R. *Informatización del análisis postural según el método REBA, enfocado a la Prevención de Riesgos Laborales*.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administración de la producción*. São Paulo: Atlas.
- Solidworks. (2024). *La solución probada para el diseño y desarrollo de productos en 3D*.
- Straker, L., Pollock, C., Burgess-Limerick, R., Skoss, R., & Coleman, J. (2009). The impact of prolonged sitting on the musculoskeletal system. *Ergonomics*, 52(10), 1271-1284.
- Wibowo, A. H., & Mawadati, A. (2021, March). The Analysis of Employees' Work Posture by using Rapid Entire Body Assessment (REBA) and Rapid Upper Limb Assessment

(RULA). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 704, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.

Anexos

Cartas antropométricas altura

ALTURA																		
OJO	HOM BRO	COD O	CAD ERA	GLÚ ETO	MUÑ ECA	TER CER DED O	CAB EZA	DE CABE ZA SENT ADO	AL OJO SENT ADO	AL HOM BRO SENT ADO	AL COD O SENT ADO	A LOS DED OS SENT ADO	AL PUÑ O SENT ADO	CUER PO SENT ADO	GLÚT EO SENT ADO	RODI LLA SENT ADO	Pie	AL MUS LO SENT ADO
161.75	150.48	143.91	94.70	78.21	85.70	69.11	19.23	86.84	78.72	60.80	24.64	131.81	123.37	140.95	55.85	55.30	5.40	49.87
148.03	138.50	147.40	93.90	73.39	87.60	63.43	18.38	76.87	73.64	57.19	26.16	123.44	124.10	127.74	42.91	50.14	5.66	41.87
139.77	124.56	100.96	86.43	70.86	79.84	61.05	18.74	77.24	71.75	58.80	28.22	119.64	115.31	119.21	40.85	46.33	4.41	42.46
150.94	140.90	142.48	95.88	75.21	80.76	64.75	18.95	85.08	75.68	59.21	27.54	127.60	122.15	135.63	44.47	52.66	4.50	48.65
150.07	132.92	150.66	93.65	75.29	81.06	62.70	19.97	88.21	77.53	56.85	27.22	119.79	114.14	131.89	45.79	51.14	4.73	42.24
152.99	137.18	150.62	92.63	74.76	80.22	61.72	18.43	78.83	73.16	58.14	27.04	124.60	116.43	130.39	43.21	50.58	3.90	44.57
145.89	138.17	142.66	94.25	75.66	85.28	65.95	18.90	82.07	75.57	58.53	24.15	127.04	123.76	135.72	45.17	54.93	4.14	46.14
141.11	136.05	135.31	88.88	73.77	75.12	59.30	18.47	70.84	70.73	53.00	21.23	122.79	122.15	125.30	41.86	52.59	6.27	42.41
146.11	134.49	150.62	94.37	70.31	82.89	63.77	19.54	87.66	72.35	57.97	28.35	127.36	123.30	135.40	42.08	53.51	4.65	48.95
151.19	139.51	144.22	95.50	74.04	79.48	60.39	18.07	73.71	67.76	50.84	30.65	130.25	120.07	135.19	40.29	53.64	5.46	43.11

161.88	142.19	106.68	106.57	80.50	83.28	67.88	24.77	84.71	75.45	55.71	22.13	134.06	123.05	132.68	38.61	55.54	4.43	48.69
157.79	143.69	119.59	112.63	93.67	72.50	57.13	27.41	107.75	40.41	50.24	20.31	128.16	112.62	116.34	35.96	50.22	4.21	44.40
149.94	148.54	110.27	116.12	90.56	69.01	62.83	27.39	107.23	40.89	50.65	20.38	128.72	112.60	116.84	35.64	50.39	5.07	44.09
154.87	145.32	110.06	110.59	99.70	93.56	77.78	33.48	110.99	45.80	50.91	40.53	120.51	110.47	120.51	64.81	55.19	5.75	58.00
144.91	135.56	100.04	96.41	88.52	83.58	67.83	26.67	107.92	40.94	50.57	20.36	128.39	112.98	119.92	32.02	50.46	5.27	44.50
113.05	129.47	99.37	96.18	85.48	85.62	69.24	26.42	105.87	38.17	50.60	20.49	126.61	111.20	118.66	33.04	49.84	4.08	46.50
153.92	130.56	100.77	93.65	69.24	77.64	62.55	20.78	35.73	82.47	74.13	30.23	60.92	119.53	124.62	54.62	44.76	3.84	33.09
156.76	138.36	105.98	99.77	90.09	65.20	63.75	25.03	84.39	73.40	55.42	25.03	5.20	4.06	84.27	35.65	48.44	4.04	40.68
155.57	140.51	109.06	94.58	81.60	83.80	64.66	23.98	107.60	99.77	84.91	27.75	120.51	112.56	124.36	38.92	55.43	4.08	53.11
153.72	140.13	107.66	93.86	80.49	79.36	63.52	25.70	107.59	38.86	52.94	25.69	124.97	111.10	120.65	38.92	55.43	4.65	50.44
154.33	148.09	116.90	97.30	91.23	85.84	68.48	24.12	70.39	54.20	26.67	16.83	114.52	58.50	75.91	54.37	111.08	4.94	61.25
165.27	152.86	110.41	100.09	93.43	94.26	77.77	33.21	110.99	45.80	50.20	40.17	120.97	110.13	120.46	64.35	55.74	6.64	58.96
156.82	140.22	110.24	99.54	88.86	72.09	75.86	25.01	56.82	71.88	50.28	25.28	7.19	38.96	75.91	34.50	45.08	4.36	42.27
160.82	145.70	108.38	99.10	83.89	83.56	67.08	22.23	22.19	124.92	115.72	81.28	133.55	117.88	146.01	46.69	54.81	6.04	46.89
140.71	123.69	92.97	106.42	90.14	15.68	57.18	54.38	54.47	116.53	90.11	66.29	22.45	30.04	124.95	40.67	45.17	3.39	44.87
90.26	118.07	98.51	93.28	57.74	55.30	75.44	25.82	25.73	67.08	53.69	90.83	70.19	12.55	113.76	77.22	40.77	6.19	40.05

150.71	147.28	150.47	93.15	79.34	80.42	62.13	164.04	91.28	43.69	42.09	45.18	20.04	15.57	18.00	80.05	42.90	6.29	48.44
174.70	156.24	118.36	107.69	94.45	92.89	78.57	30.08	80.16	43.69	50.76	40.33	130.09	18.98	59.34	75.83	50.23	5.50	49.17
159.47	130.89	90.62	106.54	85.09	60.96	56.38	23.53	25.94	115.29	50.76	70.39	22.09	25.64	130.35	45.05	46.55	4.48	48.35
175.83	130.89	118.36	99.90	73.61	71.13	58.22	31.90	88.87	76.10	65.38	26.83	128.55	116.51	132.87	44.17	50.82	1.55	46.28
160.36	150.05	110.88	100.30	88.24	80.54	65.20	22.21	22.53	125.58	117.54	70.39	23.64	27.16	127.13	47.43	43.10	5.00	48.35
160.54	145.75	110.79	94.36	88.38	80.54	64.59	22.72	91.28	78.47	56.30	35.96	128.55	117.94	138.07	58.03	52.17	4.94	43.17
160.47	150.26	110.95	100.13	88.38	80.39	64.59	22.72	22.91	125.44	117.35	83.73	23.64	27.02	127.32	47.78	43.70	3.96	48.15
175.83	160.43	149.59	102.50	96.33	87.35	78.93	139.43	83.38	55.42	56.60	42.41	38.22	27.02	33.00	12.36	51.65	4.46	50.16
155.33	150.09	118.9	99.3	93.23	87.84	70.48	24.12	72.39	54.2	28.67	16.83	114.52	58.5	75.91	54.37	111.08	4.94	61.25
533.1.71	597.9.60	419.4.64	345.0.15	289.3.70	274.0.28	231.0.23	111.5.85	268.6.48	251.1.36	211.9.53	127.0.80	343.0.61	303.7.32	399.5.24	163.3.53	188.1.36	167.2.1	165.1.39
152.33	170.85	119.85	98.58	82.68	78.29	66.01	31.88	76.76	71.75	60.56	36.31	98.02	86.78	114.15	46.67	53.75	4.78	47.18
148.79	137.28	140.88	93.02	74.15	81.79	63.22	18.87	80.74	73.69	57.13	26.52	125.43	120.48	131.74	44.25	52.08	4.91	45.03
152.22	141.19	108.23	101.33	87.18	80.44	67.64	26.46	92.15	57.54	54.09	25.78	101.59	95.21	111.63	43.18	55.97	4.72	48.15
155.42	230.95	114.90	100.22	84.90	73.05	66.57	48.60	56.76	85.54	70.41	55.87	71.29	49.57	102.22	52.47	52.74	4.73	47.93
131.76	127.99	96.85	91.51	69.99	59.26	57.16	18.42	22.80	39.95	38.07	19.27	16.18	14.66	51.44	32.73	43.04	3.70	40.49
154.33	140.51	110.88	96.41	83.89	80.54	64.59	24.12	83.38	72.35	55.71	27.54	122.79	112.60	124.62	44.17	50.82	4.65	46.50

175.04	157.49	150.62	111.20	95.02	93.09	78.02	79.90	108.84	125.08	116.21	82.01	132.33	123.49	138.94	76.25	72.34	6.28	59.64
15.68	175.82	19.42	6.62	9.51	13.82	6.30	30.82	27.57	25.75	20.99	20.43	45.61	43.80	30.18	13.72	14.92	0.98	5.98
154.33	140.51	110.88	96.41	83.89	80.54	64.59	24.12	83.38	72.35	55.71	27.54	122.79	112.60	124.62	44.17	50.82	4.65	46.50
175.83	130.89	118.36	#N/D	88.38	80.54	64.59	22.72	91.28	43.69	50.76	70.39	23.64	27.02	75.91	38.92	55.43	4.08	48.35

Cartas antropométricas anchura

ANCHURA													
LATERAL DE BRAZOS	CODOS	HOMBROS	PECHO	CADERA	CARA	CABEZA	OÍDOS	PALMA DE MANO	MUSLOS	MUSLO SENTADO	ESPALDA	CADERA SENTADO	PIE
171.32	73.24	42.17	34.36	42.18	15.54	19.49	17.77	11.93	46.10	56.26	42.06	41.63	10.58
169.56	72.46	43.28	35.99	45.29	16.61	18.16	18.90	11.66	48.33	58.80	44.09	45.16	80.20
145.52	69.13	37.07	32.53	37.53	16.77	19.91	16.45	80.07	24.01	58.98	37.51	46.49	70.54
166.16	71.25	42.22	35.19	34.88	15.22	17.87	18.61	90.81	45.56	55.63	37.35	46.29	90.71
162.72	73.13	43.02	30.24	42.88	14.55	17.81	18.77	8.00	32.85	40.47	34.93	44.51	8.00
166.33	70.51	40.34	33.67	34.26	15.86	15.51	19.13	80.27	27.51	29.36	38.00	33.35	80.47
170.81	72.71	42.83	35.34	45.00	15.65	19.59	17.42	11.56	46.22	57.47	43.12	44.90	10.93
166.67	71.26	43.58	37.66	50.47	15.38	17.35	15.14	80.75	50.10	58.16	42.75	46.91	60.22
166.00	72.15	42.71	34.76	44.46	16.90	17.70	17.37	10.71	45.75	57.52	36.64	45.40	80.47
171.51	70.51	41.33	39.98	44.10	15.32	18.66	16.03	10.99	45.32	55.51	40.59	42.85	60.81
175.47	90.51	39.09	128.56	31.01	15.29	16.24	35.17	9.26	32.13	14.28	44.82	29.11	10.71
89.79	14.52	74.45	81.55	58.54	20.59	20.64	30.74	9.87	25.21	12.85	43.01	35.34	14.67
89.56	15.78	77.94	88.36	54.15	28.08	20.54	30.14	9.01	25.58	12.74	40.52	30.98	12.01
145.25	25.94	52.17	58.26	59.68	28.08	25.31	34.45	12.99	33.51	20.45	52.38	40.64	12.11

133.53	10.55	36.44	51.30	46.05	18.67	17.93	29.92	8.13	25.23	12.33	42.26	26.97	10.86
120.69	11.38	37.02	53.06	45.31	19.60	17.47	28.45	8.28	20.45	15.13	40.95	28.48	11.66
145.04	63.35	36.38	27.32	69.22	27.69	20.54	25.91	9.05	4.48	14.05	44.10	69.41	9.05
64.06	18.59	40.05	91.04	41.72	22.43	20.94	31.92	8.91	24.63	10.98	39.30	37.44	16.99
125.77	15.62	41.01	128.52	31.13	20.45	17.09	29.44	9.34	26.57	20.29	41.23	69.41	9.05
123.86	14.61	40.54	132.01	69.22	21.83	17.14	27.11	8.01	26.96	17.07	40.96	42.58	10.83
164.84	79.40	46.73	38.00	42.84	28.60	24.20	43.87	4.19	56.54	117.00	48.01	40.86	11.47
145.91	25.72	52.72	58.19	59.65	28.22	25.30	34.77	12.51	33.57	20.94	52.84	40.97	12.14
72.12	25.04	50.43	80.08	49.74	25.70	18.72	34.75	15.57	29.37	12.12	41.62	28.19	10.76
68.66	86.11	48.68	41.39	35.09	18.75	22.58	36.19	8.88	32.16	42.31	49.00	40.46	10.07
56.68	61.22	54.42	54.36	45.21	20.74	54.81	31.27	18.74	50.14	48.33	59.77	58.67	23.78
78.11	25.44	52.29	33.85	49.80	21.60	22.86	6.21	8.99	40.86	43.86	55.14	44.90	11.73
27.35	45.37	80.77	68.65	70.39	21.11	16.38	65.64	80.20	45.42	53.12	55.48	24.94	24.87
75.45	55.71	29.76	70.96	60.43	24.76	18.31	70.55	20.90	56.27	40.85	50.71	30.99	15.65
60.86	65.69	55.01	55.77	50.86	21.11	22.03	30.11	9.84	45.91	45.94	55.88	60.95	20.12
26.51	35.53	24.68	42.61	116.14	31.59	18.58	62.12	10.95	27.60	53.06	42.33	24.24	37.88
60.86	67.88	56.76	38.05	57.47	22.57	19.26	54.12	18.74	56.27	57.90	57.20	29.69	14.30
30.47	65.69	45.02	38.05	51.01	28.09	23.47	37.03	8.21	50.62	42.86	44.51	48.67	8.97
60.19	64.87	50.76	40.78	56.98	30.86	26.46	70.55	10.23	49.13	40.85	42.33	28.46	14.57
73.57	52.94	29.76	70.09	65.87	70.21	30.97	18.19	12.30	60.32	63.74	50.99	29.42	45.78
164.84	79.4	46.73	38	42.84	28.6	24.2	43.87	4.19	56.54	117	48.01	40.86	11.47
4036.0 3	1833.1 9	1618.1 6	1958.4 8	1781.4 1	803.0 3	744.0 3	1118.0 6	734.0 2	1347.2 3	1478.1 9	1580.3 7	1420.1 1	944.4 2
115.32	52.38	46.23	55.96	50.90	22.94	21.26	31.94	20.97	38.49	42.23	45.15	40.57	26.98
165.66	71.64	41.85	34.97	42.11	15.78	18.20	17.56	39.67	41.18	52.82	39.70	43.75	55.29
122.76	31.62	48.08	78.17	50.63	23.48	20.16	32.05	9.62	28.02	23.10	44.00	40.03	11.72
65.30	58.82	47.89	49.38	58.51	28.33	24.99	43.82	17.68	47.60	54.15	50.94	38.52	19.93
29.53	13.58	29.76	31.84	33.32	15.27	16.34	15.76	6.86	22.94	12.27	37.13	26.36	9.03

125.77	64.87	43.02	41.39	46.05	21.11	19.49	30.11	10.71	40.86	42.86	43.01	40.86	12.14
171.38	81.41	75.50	128.53	69.57	31.07	27.82	67.11	80.42	56.54	79.72	56.27	63.49	80.47
50.17	25.48	12.21	28.77	15.60	9.74	6.76	16.19	25.74	13.20	26.03	6.48	11.48	25.89
125.77	64.87	43.02	41.39	46.05	21.11	19.49	30.11	10.71	40.86	42.86	43.01	40.86	12.14
60.86	65.69	29.76	38.05	69.22	28.08	20.54	70.55	18.74	56.27	40.85	42.33	69.41	9.05

Cartas antropométricas largura

LARGURA									
BRAZOS	PUÑO	BRAZO	CABEZA	MANO	PALMA DE MANIO	MUSLO SENTADO	RODILLA SENTADO	PIE	MANO Y BRAZO
75.81	50.48	47.34	25.32	19.11	11.44	45.83	56.95	27.11	48.29
73.56	43.98	42.85	19.27	20.69	12.95	42.53	54.26	20.91	55.57
63.84	58.18	39.48	18.35	15.80	90.57	41.26	50.82	28.57	49.39
70.13	55.22	47.78	20.48	18.07	10.17	44.94	53.61	28.21	48.20
69.39	60.53	68.14	21.02	16.84	9.00	43.71	53.33	24.84	45.46
81.42	70.26	73.26	17.36	18.20	10.03	41.09	53.06	26.78	51.44
73.86	41.73	44.90	17.36	19.80	10.67	43.37	55.27	28.57	56.12
65.05	38.55	40.22	18.66	19.98	12.29	41.83	52.33	27.45	49.39
63.26	55.93	48.90	18.85	17.69	11.93	42.40	52.30	20.66	48.98
69.90	50.48	44.90	16.78	15.09	13.80	45.17	54.19	34.89	49.44
84.93	74.67	79.95	19.31	49.99	11.76	48.90	55.81	27.74	49.64
69.72	49.60	64.00	20.97	24.05	8.34	44.76	50.55	35.58	43.22
66.56	45.77	67.45	20.55	43.31	9.31	44.23	50.10	26.51	43.68
77.93	66.69	79.20	28.34	55.88	16.36	58.09	55.02	27.90	55.41

68.35	56.24	64.75	20.73	43.56	9.61	44.11	50.85	23.51	43.16
70.64	55.56	67.08	26.42	43.39	9.31	46.60	44.30	23.58	43.81
74.66	67.12	15.58	21.28	24.05	9.44	33.33	44.30	23.70	24.05
61.45	40.75	45.12	20.77	43.52	10.03	40.86	48.73	26.71	43.38
50.07	67.11	79.97	24.90	48.36	10.38	53.28	55.08	24.41	48.07
75.12	66.05	75.03	25.82	47.88	9.56	44.23	52.84	23.68	47.83
79.42	69.95	76.26	18.73	43.81	8.04	61.94	111.49	24.27	43.94
77.87	66.52	79.92	28.14	55.79	16.30	58.36	55.24	27.65	55.93
50.07	40.31	48.45	20.22	46.41	12.99	42.56	45.46	27.81	46.60
65.11	58.97	60.44	20.85	18.01	10.12	36.67	53.70	26.97	48.62
53.45	23.70	45.98	25.97	17.08	15.92	52.90	48.09	23.02	55.71
62.60	11.21	62.61	24.14	19.43	16.52	55.30	54.67	29.19	54.14
103.25	95.79	110.36	56.87	20.88	90.05	77.14	55.96	115.26	53.83
70.23	40.31	69.07	60.22	19.90	19.03	80.01	60.65	27.47	48.95
55.97	30.99	50.53	25.93	15.69	15.13	35.45	45.73	25.95	46.76
97.48	107.40	108.31	57.68	30.70	88.70	76.32	65.76	128.34	46.56
67.60	51.92	62.80	23.29	17.48	15.41	35.09	51.30	25.40	47.70
80.19	72.76	82.19	26.11	18.67	10.22	78.24	56.27	32.35	48.56
80.97	92.01	85.37	25.45	17.10	15.03	68.44	60.55	33.02	52.88
130.54	107.46	100.36	61.37	26.10	90.63	81.00	102.14	77.75	48.63
79.42	69.95	76.26	18.73	43.81	8.04	61.94	111.49	24.27	43.94
2559.80	2054.16	2254.79	916.28	1016.09	729.06	1791.89	2022.20	1180.06	1687.25
73.14	58.69	64.42	26.18	29.03	20.83	51.20	57.78	33.72	48.21
70.62	52.53	49.78	19.35	18.13	19.29	43.21	53.61	26.80	50.23

69.75	58.95	64.83	22.78	43.84	10.88	47.79	55.37	26.39	45.29
78.90	63.54	76.19	35.55	22.07	32.90	61.54	63.86	47.42	49.69
52.43	28.80	40.00	17.36	15.76	8.25	35.34	45.11	22.39	43.20
70.23	56.24	64.75	21.02	20.69	11.76	44.94	53.70	27.11	48.56
99.21	99.27	102.74	58.44	51.73	90.20	78.77	104.94	89.00	55.78
15.07	21.02	20.55	12.42	13.85	25.36	13.83	16.39	23.91	5.79
70.23	56.24	64.75	21.02	20.69	11.76	44.94	53.70	27.11	48.56
50.07	50.48	44.90	17.36	24.05	9.31	44.23	44.30	28.57	49.39

Cartas antropométricas circunferencia diámetro y IMC

CIRCUNFERENCIA					DIAMETRO	IMC
CUELLO	PECHO	CINTURA	CADERA	CABEZA	AGARRE DE MANO	
39.57	98.51	86.25	97.79	56.13	4.66	27.71
40.48	97.80	87.30	98.93	56.89	5.38	32.10
32.27	91.18	69.49	85.26	54.84	4.43	16.02
34.29	95.92	92.65	95.99	52.72	4.27	26.96
24.83	102.59	94.39	110.77	56.44	4.32	25.34
35.96	80.11	80.74	87.07	55.51	4.27	17.97
37.60	94.39	85.29	95.99	56.69	4.43	29.67
35.96	110.29	100.80	111.00	55.15	5.91	29.25
34.99	94.61	87.76	112.20	55.77	5.70	24.35
38.78	98.59	80.50	90.40	55.89	6.87	22.10
35.91	93.95	82.60	88.20	56.67	4.52	23.93
47.98	110.70	95.47	98.28	55.62	5.46	25.43
50.32	110.06	95.60	98.99	55.43	5.65	21.81

40.49	99.14	110.93	106.54	60.60	4.60	32.85
36.55	99.27	95.49	98.60	56.95	4.09	26.95
38.21	99.40	82.60	95.42	60.94	6.70	26.13
40.37	35.99	40.35	35.80	40.83	8.18	18.95
29.50	91.86	65.81	89.98	55.58	5.83	16.43
35.57	95.31	78.48	102.77	57.42	4.59	28.44
38.17	97.55	83.60	88.86	56.60	5.22	22.66
27.74	99.40	87.96	97.99	57.24	25.00	21.51
40.62	99.98	110.80	106.42	60.32	4.77	31.42
36.41	80.15	64.81	91.18	59.48	8.44	22.90
44.52	108.71	93.68	101.98	59.62	4.33	29.86
38.03	105.44	99.28	106.12	54.98	5.62	23.08
48.99	80.31	100.75	93.57	43.73	6.00	26.60
115.29	135.17	42.01	50.46	40.49	4.57	20.23
50.34	115.73	100.06	110.85	49.74	5.59	34.13
40.94	109.44	100.59	105.29	49.74	5.73	30.55
116.32	132.06	44.52	50.37	42.64	1.12	30.10
46.12	107.07	96.98	106.76	52.99	4.99	27.36
48.95	103.12	98.14	93.32	56.26	4.37	27.41
44.04	100.85	98.67	89.58	59.32	4.52	24.38
132.22	122.34	152.05	62.49	57.19	3.29	27.50
27.74	94.14	87.96	97.99	57.24	25	20.90
1606.09	3491.17	3074.36	3253.23	1913.70	218.46	892.97
45.89	99.75	87.84	92.95	54.68	6.24	25.51
35.47	96.40	86.52	98.54	55.60	5.03	25.15
38.30	93.29	84.19	92.23	56.44	7.16	24.57
62.79	109.53	92.89	89.07	52.00	6.26	26.84
27.74	80.13	43.76	50.43	42.10	3.85	17.51

38.78	99.27	87.96	97.79	56.13	4.99	26.13
115.60	125.26	110.84	110.90	60.40	13.41	32.32
24.35	16.45	20.58	17.66	5.29	4.86	4.61
38.78	99.27	87.96	97.79	56.13	4.99	26.13
35.96	99.40	82.60	95.99	49.74	4.27	#N/D

Layout del mecanismo

