

## Análisis y propuesta ergonómica de sillas educativas en estudiantes universitarios Ergonomic analysis and proposal for educational chairs for university students

Ma. C. López-Hernández<sup>a\*</sup> , V. M. Ferreyra-Coroy<sup>a</sup> , I. L. Cruz-Jaramillo<sup>a</sup> , J.A. Cruz-Romero<sup>a</sup> , M.G. Valdes-Zetina<sup>a</sup> 

<sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México/ Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco/ División de Ingeniería Industrial, Estado de México, México.

### Resumen

La ergonomía se ha convertido en un factor clave para el diseño de mobiliario escolar, especialmente en entornos universitarios, donde los estudiantes pasan tiempo prolongado sentados, debido a este factor los estudiantes de nivel superior desarrollan TME (Trastornos Musculo Esqueléticos), los cuales se deben al hacer uso de mobiliario estándar, por tal motivo este estudio tiene como objetivo proponer un rediseño de una silla ergonómica, comparando el nivel de riesgo con el método REBA (Evaluación Rápida de Cuerpo Entero). El desarrollo de esta investigación partió de un diagnóstico para identificar los tipos de lesiones, con estos datos se propuso una estandarización mediante medidas antropométricas, las cuales permitieron tener la base para realizar la propuesta del rediseño de una silla, la cual se imprimió a escala en 3D. Como resultado se identificó que las sillas no están adaptadas para estudiantes zurdos, factor que es detonante, por tal motivo este rediseño permite tener posturas correctas generando un impacto en la salud.

**Palabras Clave:** Ergonomía, TME, antropometría, REBA, rediseño.

### Abstract

Ergonomics has become a key factor in the design of school furniture, especially in university settings, where students spend long periods of time sitting. Due to this factor, higher education students develop MSDs (Musculoskeletal Disorders), which are caused by the use of standard furniture. For this reason, this study aims to propose a redesign of an ergonomic chair, comparing the level of risk with the REBA (Rapid Whole Body Assessment) method. The development of this research began with a diagnosis to identify the types of injuries. With this data, standardization was proposed using anthropometric measurements, which provided the basis for the proposed redesign of a chair, which was printed to scale in 3D. As a result, it was identified that the chairs are not adapted for left-handed students, a factor that is a trigger. For this reason, this redesign allows for correct posture, generating an impact on health.

**Keywords:** Ergonomics, WMSDs, anthropometry, REBA, redesign.

## 1. Introducción

La ergonomía es la ciencia que estudia la relación entre el ser humano y su entorno con el propósito de lograr un equilibrio entre el individuo y sus actividades mediante el diseño de instrumentos, espacios y sistemas que aumentan la seguridad, comodidad y bienestar del individuo. En el ámbito de la educación superior, donde los estudiantes permanecen durante periodos prolongados en posición sedentaria realizando actividades académicas, donde se ha identificado una alta incidencia de lesiones musculoesqueléticas. En este sentido, un diseño ergonómico adecuado del mobiliario, particularmente en las sillas, resulta fundamental para mantener el bienestar físico y favorecer el desempeño académico (Gajšek et al., 2022). En cambio, las malas

posturas pueden tener un impacto negativo en la condición física y el desempeño de los estudiantes.

Estudios recientes señalan que el diseño inadecuado de las sillas convencionales que se utilizan en las aulas incrementa la fatiga y las molestias musculares, generando incomodidad y dolor en general (Angulo de la Fuente, 2024; Rodríguez & Castro, 2024). Estas deficiencias permitieron realizar evaluaciones ergonómicas permitiendo identificar las características indispensables para el rediseño del mobiliario, con la finalidad de prevenir daños musculoesqueléticos en estudiantes universitarios. La implementación de soluciones ergonómicas adaptadas a las características específicas de los estudiantes, en caso contrario significa un deterioro de su salud y bienestar durante la vida académica.

\*Autor para la correspondencia: carmen.lopez@test.edu.mx

Correo electrónico: carmen.lopez@test.edu.mx (María del Carmen López-Hernández), victor\_fc@test.edu.mx (Víctor Manuel Ferreyra-Coroy), Ivan\_cj@test.edu.mx (Iván Lenin Cruz-Jaramillo), jose\_industrial@test.edu.mx (José Alberto Cruz Romero), maria\_2224086@test.edu.mx (María Guadalupe Valdes Zetina)

En este contexto, se realizó un análisis censal orientado a identificar, mediante una evaluación ergonómica, las características mínimas que debe tener una silla universitaria para prevenir lesiones musculoesqueléticas, considerando particularmente a estudiantes zurdos, cuyas necesidades suelen ser ignorados en los diseños tradicionales. El estudio buscó identificar los principales malestares y descontentos asociados al uso de sillas convencionales, para determinar los requisitos específicos que permitieron mejorar su comodidad, la salud postural y en consecuencia la calidad de aprendizaje.

Al prevenir que la salud y el bienestar de los estudiantes se deterioren a lo largo de su vida estudiantil, es fundamental poner en marcha soluciones ergonómicas adecuadas a las características específicas de cada usuario. Desde esta perspectiva, se llevó a cabo un análisis con el objetivo de determinar a través de una evaluación ergonómica integral, las características mínimas de mejora que debe tener la silla de universitarios para evitar TME.

La ergonomía, originalmente concebida como un estudio de la racionalización de Taylor, se desarrolló durante el siglo XX. a partir de enfoques iniciales relacionados con la racionalización del trabajo. Establece como una disciplina científica que incorpora y considera elementos fisiológicos y psicológicos del comportamiento humano y su adaptación con el ambiente laboral.

La ergonomía fue formalizada a mediados del siglo XX, con el objetivo de adecuar el trabajo a las personas, lo que no solo favoreció a la productividad, sino también la consideración progresiva del bienestar personal (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002).

La intervención de la ergonomía según los datos recabados tiene una gran importancia debido a la disminución de lesiones musculoesqueléticas, se espera que los beneficios continúen por mucho tiempo (Kalakoski et al., 2020).

Las afecciones de TME representan uno de los problemas más relevantes relacionado con posiciones incómodas, movimientos repetitivos produciendo factores de riesgo físico como posiciones de trabajo incómodas, entornos de trabajo o carga excesiva. teniendo consecuencias en su rendimiento. Los TME 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.

El paso más importante para reducir y prevenir los TME es la determinación y evaluación de los riesgos ergonómicos, por ello se han creado varias técnicas de evaluación, que sean más adecuadas, en relación al problema con el cual se enfrentan en las estaciones de trabajo entre las que sobresalen RULA y REBA, que son muy empleadas para examinar el riesgo postural en lugares de trabajo (Özcan, 2021).

La antropometría facilita las dimensiones corporales de los usuarios, tanto en una posición estática como en movimiento, cumpliendo una función fundamental en el diseño ergonómico permitiendo que el mobiliario se ajuste, para la mayoría de las personas, utilizando percentiles (por ejemplo, el 95% en los hombres y el 5% a mujeres), las cartas antropométricas, entre otras

herramientas, son recursos esenciales en los procesos de rediseño (Gómez Conesa et al., 2002).

Por último, el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) es una herramienta crucial para valorar las posturas corporales y establecer el nivel de riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Hignett et al., 2000). Su utilización en el contexto educativo posibilita la clasificación de riesgos en categorías como bajo, moderado, alto o muy alto, lo que facilita priorizar las intervenciones necesarias y la reestructuración del mobiliario. No solo previene este tipo de evaluación de trastornos músculo esqueléticos, sino que además mejora la salud y el bienestar general y el rendimiento académico al disminuir las incomodidades físicas vinculadas con las posturas incorrectas.

### 1.1. SolidWorks

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 (García, 2019).

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 (Miranda-Molina, Quinayas-Ortiz, & Peña-Rodríguez, 2020).

## 2. Metodología

La siguiente figura muestra de manera esquemática los pasos que se llevaron a cabo para el desarrollo de esta investigación.



Figura 1: Metodología, imagen tomada de Copilot

### 2.1. Análisis de la literatura

Como se puede observar en la Tabla 1, diversos estudios nos hablan de la importancia de la ergonomía en la educación, por ello se analizaron las aportaciones de 10 artículos, los cuales se podrán usar como un antecedente del porque un rediseño en las sillas actuales podría marcar un antes y después en la forma en la que se está acostumbrado a ver la ergonomía.

Tabla 1: Aportaciones

Nombre del artículo	Aportación	Año del estudio	Nombre del artículo	Aportación	Año del estudio
Análisis ergonómico en un ambiente estudiantil usando un modelo lineal longitudinal	Se analiza cómo factores ergonómicos afectan el confort, postura y rendimiento académico a lo largo del tiempo, utilizando un modelo lineal longitudinal. El estudio demuestra relaciones claras entre ergonomía deficiente y fatiga acumulada. El artículo indaga en la importancia de la ergonomía en espacios educativos. Se analiza cómo la postura, mobiliario y condiciones ambientales influyen en el rendimiento estudiantil. El estudio muestra que muchos estudiantes presentan molestias físicas debido a mobiliario inadecuado.	2015	“Movquit” sillas universitarias que permitan mejorar el confort de estudiantes	Los estudiantes pasan la mayor parte de su día sentados por horas y es por ellos que esta investigación indaga en el requerimiento de sillas cómodas y ajustables, esto como factor clave para la salud física y aún más para el rendimiento académico. Este estudio se cuestiona los diversos factores que viven día a día tanto como los docentes como los estudiantes, teniendo diversos resultados en cuanto a las necesidades de cada uno, llegando a la conclusión de mejoras en las aulas de clases, adaptándose a los requerimientos. Este estudio evidencia el déficit entre el mobiliario universitario y las dimensiones corporales de los estudiantes. Muchas sillas y mesas generan posturas forzadas y aumentan el riesgo de fatiga muscular y esquelética.	2019
La ergonomía y su aplicación en las aulas universitarias	El estudio evalúa el mobiliario universitario de Uniminuto, evidenciando falta de adecuación antropométrica, lo que provoca incomodidad, malas posturas y riesgo de lesiones. Este estudio propone diseñar una silla, basándose en medidas antropométricas, este da énfasis en que existen necesidades en los estudiantes universitarios y se requiere mobiliario adecuado para prevenir y reducir la mala postura y la fatiga. El estudio realiza un levantamiento de medidas corporales en estudiantes para diseñar adecuadamente mesas de trabajo de laboratorio, buscando que éstas sean ergonómicamente correctas.	2017	Diagnóstico ergonómico del mobiliario en las aulas de las IES miembros de CONARES	Este estudio evidencia el déficit entre el mobiliario universitario y las dimensiones corporales de los estudiantes. Muchas sillas y mesas generan posturas forzadas y aumentan el riesgo de fatiga muscular y esquelética. Los resultados obtenidos exponen una estrecha relación de diversos factores de diseño de los puestos de trabajo, condiciones ambientales asociadas a deficiencias de iluminación, alta carga mental y emocional, además de condiciones de riesgo psicosocial, todo esto teniendo que ver con la ergonomía. El estudio analiza las condiciones ergonómicas de aulas universitarias considerando iluminación, temperatura, mobiliario y distribución espacial.	2019
Estudio ergonómico del mobiliario de las aulas Uniminuto, Cúcuta	Uniminuto, evidenciando falta de adecuación antropométrica, lo que provoca incomodidad, malas posturas y riesgo de lesiones. Este estudio propone diseñar una silla, basándose en medidas antropométricas, este da énfasis en que existen necesidades en los estudiantes universitarios y se requiere mobiliario adecuado para prevenir y reducir la mala postura y la fatiga. El estudio realiza un levantamiento de medidas corporales en estudiantes para diseñar adecuadamente mesas de trabajo de laboratorio, buscando que éstas sean ergonómicamente correctas.	2017	Desajustes del mobiliario universitario a las características antropométricas de los estudiantes	Los resultados obtenidos exponen una estrecha relación de diversos factores de diseño de los puestos de trabajo, condiciones ambientales asociadas a deficiencias de iluminación, alta carga mental y emocional, además de condiciones de riesgo psicosocial, todo esto teniendo que ver con la ergonomía. El estudio analiza las condiciones ergonómicas de aulas universitarias considerando iluminación, temperatura, mobiliario y distribución espacial.	2020
Diseño de una silla ergonómica para una población estudiantil universitaria en una universidad de Quito	Este estudio propone diseñar una silla, basándose en medidas antropométricas, este da énfasis en que existen necesidades en los estudiantes universitarios y se requiere mobiliario adecuado para prevenir y reducir la mala postura y la fatiga. El estudio realiza un levantamiento de medidas corporales en estudiantes para diseñar adecuadamente mesas de trabajo de laboratorio, buscando que éstas sean ergonómicamente correctas.	2018	Evaluación ergonómica integral de una unidad de apoyo estudiantil	Este estudio evidencia el déficit entre el mobiliario universitario y las dimensiones corporales de los estudiantes. Muchas sillas y mesas generan posturas forzadas y aumentan el riesgo de fatiga muscular y esquelética. Los resultados obtenidos exponen una estrecha relación de diversos factores de diseño de los puestos de trabajo, condiciones ambientales asociadas a deficiencias de iluminación, alta carga mental y emocional, además de condiciones de riesgo psicosocial, todo esto teniendo que ver con la ergonomía. El estudio analiza las condiciones ergonómicas de aulas universitarias considerando iluminación, temperatura, mobiliario y distribución espacial.	2024
Levantamiento del perfil antropométrico de la población estudiantil en una universidad de Quito	Este estudio propone diseñar una silla, basándose en medidas antropométricas, este da énfasis en que existen necesidades en los estudiantes universitarios y se requiere mobiliario adecuado para prevenir y reducir la mala postura y la fatiga. El estudio realiza un levantamiento de medidas corporales en estudiantes para diseñar adecuadamente mesas de trabajo de laboratorio, buscando que éstas sean ergonómicamente correctas.	2018	Diseño ergonómico de aulas universitarias que permitan optimizar el confort y reducir la fatiga de estudiantes y docentes	Este estudio evidencia el déficit entre el mobiliario universitario y las dimensiones corporales de los estudiantes. Muchas sillas y mesas generan posturas forzadas y aumentan el riesgo de fatiga muscular y esquelética. Los resultados obtenidos exponen una estrecha relación de diversos factores de diseño de los puestos de trabajo, condiciones ambientales asociadas a deficiencias de iluminación, alta carga mental y emocional, además de condiciones de riesgo psicosocial, todo esto teniendo que ver con la ergonomía. El estudio analiza las condiciones ergonómicas de aulas universitarias considerando iluminación, temperatura, mobiliario y distribución espacial.	2024

Nombre del artículo	Aportación	Año del estudio
	Se identifica que muchos espacios educativos no cumplen con estándares ergonómicos adecuados, lo cual afecta el bienestar y rendimiento de estudiantes y docentes.	

En relación con las molestias que más se repitieron son dolor de espalda baja, dolor de piernas, dolor de cuello y dolor de hombros, también se preguntó que sugerencias propondrían para mejorar la silla a lo que 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 en cuenta estas recomendaciones para el rediseño de la silla que proporcione una correcta postura de los estudiantes ver figura 4.



Figura 4: Ajustes recomendados.

## 2.2. Análisis censal

Para este análisis se aplicó una encuesta de 10 preguntas a 108 estudiantes de nivel superior de una institución pública, con el objetivo de identificar las principales molestias físicas, nivel de comodidad y la percepción del soporte ergonómico brindado por las sillas actuales.

En lo referente al uso de otro mobiliario (silla), el 43.7% de los encuestados respondieron que, si habían identificado mejora en comodidad, el 34.5% restante un poco, y el 21% no notó ninguna diferencia.

Las principales molestias que se derivan del mobiliario actual como se muestra en la figura 2.

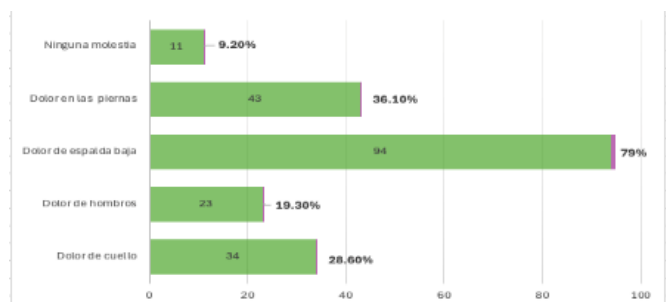


Figura 2: Molestias o dolores más frecuentes.

El motivo por el cual se da un dolor de piernas se debe por la mala circulación de la sangre y esto es debido a que se tienen estudiantes con una altura mayor al promedio y que la silla no es apta para ellos ver figura 3, por el contrario, existen estudiantes que tienen las piernas colgando, generando dolor en el muslo (parte trasera). El dolor referente a la espalda baja se debe a uso de cartera en la parte trasera del pantalón, lo cual provoca una mala postura en la columna vertebral, adicionalmente se debe a la mala costumbre del estudiante por tener posturas incorrectas (Vernaza-Pinzón & Sierra-Torres, 2005).

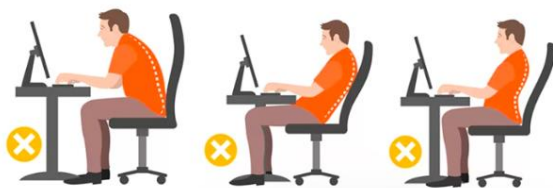


Figura 3: Posturas incorrectas al sentarse

Finalmente se segmentó la muestra en una población de 8 estudiantes zurdos que representan el 6%, para poder analizar también las necesidades de esta minoría de los cuales el 94% de los estudiantes encuestados representa a estudiantes que son diestros como se muestra en la figura 5.

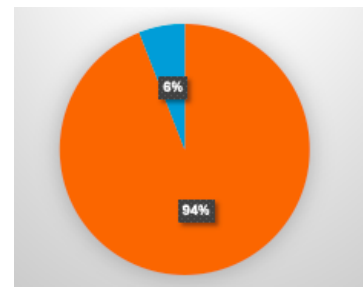


Figura 5: Segmento de estudiantes zurdos

Dicho análisis se utilizó para realizar una encuesta en la que se cuestionó lo siguiente:

¿Has experimentado síntomas como fatiga, dolor o incomodidad al usar sillas convencionales? Observar Figura 6.



Figura 6: Pregunta uno

Un 75% dicen que a veces sufren síntomas de incomodidad al estar sentados en el aula, lo cual en tiempos prolongados esto representa un riesgo para la salud.

Aunado a esto se les cuestionó ¿Qué molestia física relacionada al uso de la silla experimentan con más frecuencia? Observar figura 7.



Figura 7: Molestias físicas

En este gráfico podemos observar que los estudiantes sufren principalmente dolor en la espalda, seguido de dolor en la muñeca izquierda, esto debido a que las sillas convencionales no logran un ángulo en el que el brazo izquierdo pueda descargar su peso.

Finalmente se cuestionó ¿Qué cambios o características crees que deberían tener las sillas para mejorar tu comodidad y desempeño? Observar Figura 8.



Figura 8: Sugerencias de cambio

Se puede observar que existe la necesidad de una mejora en el diseño actual de las sillas, para los encuestados tener más espacio para apoyar el brazo izquierdo es primordial al igual que una mesa con ángulo ajustable.

Con esto se demuestra que no solamente los estudiantes diestros se ven mayormente afectados por la falta de análisis ergonómicos, si no que otras minorías representan aún mayor riesgo musculoesquelético, como personas con alguna discapacidad, por ello la propuesta de rediseño ambidiestro ajustable es una opción viable.

2.3 Cartas antropométricas

De los 127 alumnos censados, se tomó una segunda población de 35 alumnos, con el fin de realizar un análisis antropométrico permitiendo recopilar datos clave como se muestra en la Figura 9, 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.

GRUPO 4501		EVALUACION 1		1	
SEXO	M (MASCULINO)	F (FEMENINO)	SI	NO	
FECHA DE NACIMIENTO	RANGEO 1999-2002		PERIODO DE NESTRACION		
		HOMBRES		X	
		MUJERES		X	
		FECHA DE REVISION			
		FECHA DE ELABORACION		22/03/2022	
INSTITUTO TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TLANTEQUISTE					
PROPIEDAD POR MUESTRA					
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
		MEDIDAS GENERALES			PERCENTILES
		SUMA	PROPORCION	DESVIACION	MEIDA
		893.25	4.64	1.00	4.73
		944.79	48.59	6.04	48.28
		4043.03	185.52	43.96	125.77
		829.95	52.28	25.43	63.39
		1943.49	48.59	11.95	43.28
		1991.95	58.91	28.72	42.61
		1793.29	50.27	15.28	46.05
		795.91	22.72	7.71	29.74
		742.29	21.21	6.77	19.26
		1076.58	20.61	14.73	20.11
		725.16	20.72	25.80	10.23
		1344.88	38.43	13.11	40.86
		1937.88	43.79	28.21	43.86
		1682.44	45.21	6.46	43.12
		1391.10	38.93	10.52	40.86
		1344.00	28.97	25.30	8.97
		2588.96	73.91	14.63	70.64
		2044.89	58.43	21.19	56.24
		2250.55	64.30	20.88	64.75

Figura 9: Carta Antropométrica.

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.

2.4. Formulario REBA con la aplicación Ergodroi

La evaluación ergonómica de las actividades laborales es fundamental para identificar y minimizar los riesgos asociados, se aplicó la técnica REBA mostrada en la Figura 10, la cual nos permitió reconocer las posturas y movimientos que causan fatiga, molestias e incluso lesiones a corto y largo plazo.

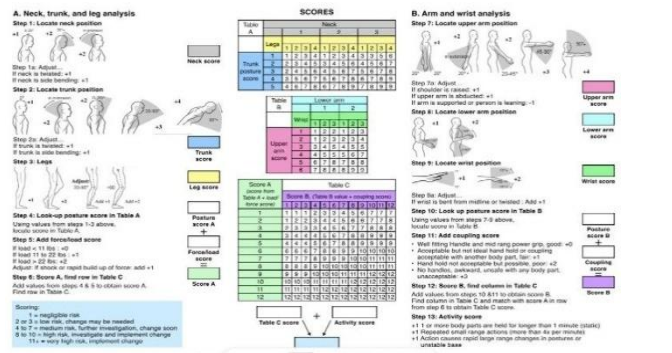


Figura 10: Carta Antropométrica.

La información recopilada en la Figura 11, ayudará a diseñar entornos de trabajo más seguros y eficientes, mejorando así la productividad y el bienestar de los estudiantes.

ERGODROID	
REBA - Evaluación rápida de todo el cuerpo	
Nombre del trabajador	Jesus A días Cruz Tlacopan
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 grapping	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.

Figura 11: Encuesta método REBA.

Aplicando el formulario del método REBA se identificó que la mayoría de los estudiantes obtuvieron riesgo muy alto lo que nos dice que se debe tomar acciones inmediatas, intervenir con urgencia debido a las posiciones que adoptan los estudiantes con el uso de la silla actual Tabla 2.

Tabla 2: Resultados de Carta Antropométrica

Número 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

### 2.5. Propuestas de las medidas para el rediseño de la silla

Para realizar la propuesta de las dimensiones de la silla el en estudio se usó el 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. Usar el percentil 95 asegura que incluso los más altos o corpulentos estén cómodos (Pérez, A., & Ramírez, J.,2024).

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 (Gómez, L., & Martínez, R.,2024).

### a) Altura del asiento

La altura óptima del asiento para rango de usuarios (promedio ponderado), proporciona un diseño intermedio para cubrir un rango amplio de usuarios Tabla 3.

Tabla 3: Comparación de la altura del asiento.

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

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$H_{asiento} = \frac{(H_{poplítea,95} + H_{poplítea,5})}{2} + M_{calzado} \quad (1)$$

donde

- $H_{asiento}$ : Altura del asiento.
- $H_{poplítea,95}$ : Altura poplítea del percentil 95 (hombres).
- $H_{poplítea,5}$ : Altura poplítea del percentil 5 (mujeres).
- $M_{calzado}$ : Margen para el calzado.

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

### b) 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 Tabla 4.

Tabla 4: Comparación de la Profundidad del asiento

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

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$D_{asiento} = L_{gluteo~poplítea,P_5} - M_{margen} \quad (2)$$

- $L_{gluteo~poplítea,P_5}$ : Longitud glúteo-poplíteo del percentil 5 (mujeres), ya que las piernas más cortas deben estar cómodas.

- $M_{margen}$ : Margen para evitar contacto con la zona poplítea (generalmente 4 a 6 cm)

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

### c) 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 Tabla 5.

Tabla 5: Comparación de altura del respaldo

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 47 cm para que se ajuste más a las medidas de todos

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$H_{respaldo} = H_{hombros,P_5} - M_{movilidad} \quad (3)$$

- $H_{hombros,P_5}$ : Altura desde el asiento hasta los hombros del percentil 5 (mujeres), para garantizar que las personas más bajas reciban soporte.
- $M_{movilidad}$ : Margen para facilitar movimiento de los hombros (generalmente 8 a 12 cm).

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

### d) 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 Tabla 6.

Tabla 6: Comparación del Ancho del asiento

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

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$A_{asiento} = A_{caderas,P_{95}} + 2M_{lateral} \quad (4)$$

- $A_{caderas,P_{95}}$ : Ancho de caderas del percentil 95 (mujeres).
- $M_{lateral}$ : Margen para cada lado (generalmente 3-4 cm por lado).

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

### e) 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 Tabla 7.

Tabla 7: Comparación del Ancho del respaldo

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

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$A_{respaldo} = A_{hombros,P_{95}} \quad (5)$$

$$A_{respaldo} = 47cm$$

$$A_{respaldo} = A_{hombros,P_{95}}$$

### f) 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 Tabla 8.

Tabla 8: Comparación altura de la Paleta

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

Para el cálculo de altura óptima, se aplica la siguiente ecuación

$$H_{paleta} = H_{codo,P_{95}} + H_{asiento} \quad (6)$$

- $H_{codo,P_{95}}$ : Altura del codo desde el asiento para el percentil 95 (hombres).
- $H_{asiento}$ : Altura final del asiento ajustado.

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

### 3. Resultados

En el rediseño de la silla es necesario considerar la explosión de materiales como se muestra en la figura 12, siendo este 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).



Figura 12: Explosión de materiales

La figura 13 muestra la propuesta del rediseño de la silla y los diferentes componentes de esta, la cual se basó en la propuesta de las medidas que se obtuvieron con los cálculos obtenidos en las cartas antropométricas.

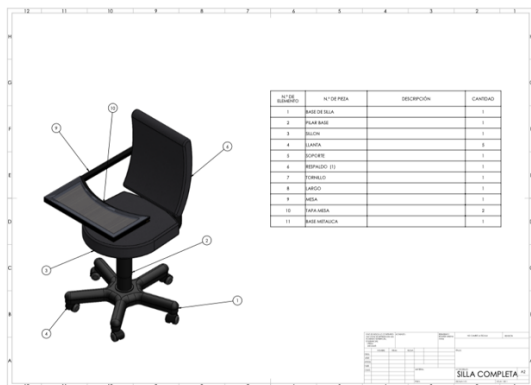


Figura 13: Componentes de la silla

El prototipo del rediseño fue desarrollado mediante el software Diseño Asistido por Computadora (CAD), (SolidWorks 2024), facilitando la visualización y simulación del rediseño. Este modelo incorpora mejoras ergonómicas previamente identificadas, tales como un soporte más adecuado para la espalda y una mayor adaptabilidad a las medidas de los estudiantes.

La figura 14 y 15 muestran la forma de la silla adaptada de acuerdo con las cualidades de los estudiantes, esta se adecua para los estudiantes zurdos o diestros según sea el caso de cada estudiante.



Figura 14: Forma de la silla para estudiantes zurdos



Figura 15: Forma de la silla para estudiantes diestros

Los resultados obtenidos al haber implementado el método REBA permitieron identificar las posturas incorrectas que adquieren los estudiantes con estas sillas, las cartas antropométricas nos dieron a conocer las medidas corporales que se deben considerar para el rediseño de una silla, de estos resultados obtenidos y de la encuesta aplicada a los estudiantes se identificó que no están dentro de los estándares, además por normatividad se deben de implementar las siguientes normas NOM-036-1-STPS-2018, ISO 11226 o ISO 11228, UNE-EN 1335-2, UNE-EN 13761, HFES 100, BIFMA G1, de las cuales no se muestra evidencia del cumplimiento de ellas.

### 4. Conclusiones

El rediseño de la silla ergonómica propuesta constituye una alternativa viable y efectiva que genera una mejora en el bienestar físico de los estudiantes, promoviendo un entorno académico más saludable que permitirá una mayor concentración y desempeño en los estudiantes, por tal motivo nuestro rediseño considerara la talla y peso de los estudiantes, así como la resistencia del mobiliario considerando los materiales a emplear para una mayor comodidad de los usuarios, así como el cumplimiento de normatividad, las medidas antropométricas, posturas adecuadas y adaptabilidad para las personas zurdas.

Este análisis 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.

### Agradecimiento

Agradecemos al Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco por brindarnos el espacio para aplicar las encuestas y en especial a la División de Ingeniería Industrial por permitirnos realizar este estudio.

## Referencias

- Angulo de la Fuente, V. (2024). Sillas y mesas escolares como agentes de aprendizaje: Reflexiones históricas y actuales. *Revista Enfoques Educativos*, 21(1), 256–269. DOI:10.5354/2735-7279.2024.72209.
- Carrera, D. V. D., De la Torre, A. M., & Sáenz, D. C. (2025). Impacto del diseño de mobiliario en alumnos universitarios con TDAH. *Ciencia Vital*, 3(2). DOI: 10.20983/cienciavital.2025.02.apl.04
- Cevallos Escaleras, J. A. (2018). Diseño de una silla ergonómica para una población estudiantil universitaria en una universidad de Quito [Tesis de licenciatura, Universidad de Quito].
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). *Ergonomics for beginners: A quick reference guide* (3rd ed.). CRC Press. DOI: 10.1201/9781420077520.
- 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. DOI:10.3390/su14074301
- García Sancho, A. (2019). Manual para el diseño paramétrico con SolidWorks. [Tesis].
- Gómez, L., & Martínez, R. (2024). Análisis de percentiles en poblaciones: Enfoque por género. Editorial Estadística Moderna.
- Gómez-Conesa, A., & Martínez-González, M. (2002). Ergonomía: Historia y ámbitos de aplicación. *Fisioterapia*. Volumen 24, Suplemento 1 ,2002, Páginas 3-10. DOI:10.1016/S0211-5638(01)73012-X.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3.
- Ibarra Pérez, A., Jesús, M. A., Melo Susanibar, L., Quispe Mallqui, G., Tello Palomino, A., & Villafuerte Jeremías, J. (2019). *Movquit: Sillas universitarias que permiten mejorar el confort de estudiantes* [Trabajo académico].
- 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 study protocol. *BMC Psychology*, 8(1), 1–16. DOI: 10.1186/s40359-020-0381-0.
- Mancilla-Aliste, J. A. (2024). Evaluación ergonómica integral de una unidad de apoyo estudiantil en una institución de educación superior: Una aproximación sistémica. *Ergonomía Universidad del Norte Ingeniería y Desarrollo*. DOI: 0.14482/inde.41.02.001.525.
- Miranda-Molina, L., Quinayas-Ortiz, A., & Peña-Rodríguez, G. (2020). Design and simulation of a mechanical system for the machining of parts and printing in 3D (x, y, z). *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 115–122. DOI: 10.18273/revuin.v19n4-2020010
- 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. DOI: 10.24012/dumf.1002172.
- Reynado, M. (2019). Diagnóstico ergonómico del mobiliario en las aulas de las IES miembros de CONARES [Tesis].
- Rodríguez, R. L., Castro, A. G., Carral, A. P., & Álvarez, Y. M. J. Á. (2024). Universitaria: Innovación ergonómica para el aprendizaje activo. En *Innovación docente e investigación en educación y ciencias sociales: Desafíos de la enseñanza y aprendizaje en la educación superior* (p. 39).
- Tamayo Custode, E. A. (2018). Levantamiento del perfil antropométrico de la población estudiantil en una universidad de Quito para el diseño de las mesas de trabajo del laboratorio de ergonomía [Tesis].
- Terry, P. M. V., & Galindo, C. M. E. (2020). Desajustes del mobiliario universitario a las características antropométricas de los estudiantes. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 2(3), 36–47. DOI: 10.29393/EID2-3DMPV20003
- Valencia Cárdenas, M. (2015, mayo). Análisis ergonómico en un ambiente estudiantil usando un modelo lineal longitudinal. En *Seminario de Investigación en Diseño*.
- Vera-Díaz, F. V., Galarza-Villalba, M. F., & Galarza-Bravo, F. A. (2017). La ergonomía y su aplicación en las aulas universitarias. *Polo del Conocimiento*, 2(7), 44–62. DOI: 10.23857/pc.v2i7.223.