



Victoria Cervantes-Hernández

E-mail: ce472185@uaeh.edu.mx

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-1615-598X>

Ricardo Martínez-López

E-mail: richi_3489@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2294-4064>

Sandra Guadalupe Valenzuela-Ramírez

E-mail: sandra_valenzuela@uaeh.edu.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4590-9050>

Adriana Contreras-Basurto

E-mail: sandra_valenzuela@uaeh.edu.mx

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7508-2228>

Emilio Alejandro Rivera-Landero

E-mail: rlandero@uaeh.edu.mx

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8685-3746>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cervantes-Hernández, V., Martínez-López, R., Valenzuela-Ramírez, S. G., Contreras-Basurto, A., & Rivera-Landero, E. A. (2026). Superficie ergonómica de trabajo. *Revista Portal de la Ciencia*, 7(2), 233-247, DOI: <https://doi.org/10.51247/pdlc.v7i2.759>.

==== o ====

Superficie ergonómica de trabajo

RESUMEN

La ergonomía constituye una disciplina científica orientada a optimizar la interacción entre el ser humano y su entorno laboral, favoreciendo el bienestar y el desempeño operativo. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo diseñar una superficie ergonómica de trabajo sustentada en datos antropométricos y en la evaluación postural de la tarea. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y alcance descriptivo. Se obtuvieron 16 medidas antropométricas en posición sedente de una muestra de 20 individuos, utilizando instrumentos calibrados y procedimientos estandarizados. Los datos fueron procesados estadísticamente mediante el cálculo de medidas descriptivas y percentiles 5 y 95, con el fin de establecer parámetros dimensionales inclusivos. Asimismo, se aplicó el método RULA para evaluar el nivel de riesgo postural asociado a la actividad analizada. Los resultados mostraron que la delimitación de zonas funcionales basada en percentiles permitió cubrir aproximadamente al 90% de la población evaluada. La valoración RULA evidenció un nivel de riesgo moderado (puntuación 4), lo que indicó la necesidad de realizar ajustes en el diseño del puesto de trabajo. Se propuso una superficie ajustable en altura e inclinación como medida correctiva para mejorar la alineación corporal y reducir la carga biomecánica. El estudio demuestra que la integración del análisis antropométrico y la evaluación postural permite desarrollar propuestas de diseño ergonómico técnicamente fundamentadas.

Palabras Clave: Ergonomía, antropometría, tratamiento estadístico, superficie de trabajo, método RULA, riesgos ergonómicos.

Ergonomic work surface

ABSTRACT

Ergonomics is a scientific discipline aimed at optimizing the interaction between human beings and their work environment, promoting well-being and operational performance. In this context, the present study aims to design an ergonomic work surface based on anthropometric data and postural task evaluation. The research was conducted under a quantitative approach, applied type, and descriptive scope. Sixteen anthropometric measurements in a seated position were obtained from a sample of 20 individuals using calibrated instruments and standardized procedures. The data were statistically processed through descriptive measures and the calculation of the 5th and 95th percentiles in order to establish inclusive dimensional parameters. Additionally, the RULA method was applied to assess the level of postural risk associated with the analyzed activity. The results showed that the functional zone delimitation based on percentiles covered approximately 90% of the evaluated population. The RULA assessment revealed a moderate risk level (score 4), indicating the need for adjustments in workstation design. An adjustable surface in height and inclination was proposed as a corrective measure to improve body alignment and reduce biomechanical load. The study demonstrates that integrating anthropometric analysis and postural evaluation allows the development of technically grounded ergonomic design proposals.

Keywords: Ergonomics; anthropometry; statistical analysis; work surface; RULA method; ergonomic risks.

==== o ====

Superfície ergonômica de trabalho

RESUMO

A ergonomia constitui uma disciplina científica orientada a otimizar a interação entre o ser humano e seu ambiente de trabalho, promovendo o bem-estar e o desempenho operacional. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo projetar uma superfície ergonômica de trabalho fundamentada em dados antropométricos e na avaliação postural da tarefa. A pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem quantitativa, de caráter aplicado e alcance descritivo. Foram obtidas 16 medidas antropométricas na posição sentada de uma amostra de 20 indivíduos, utilizando instrumentos calibrados e procedimentos padronizados. Os dados foram processados estatisticamente por meio do cálculo de medidas descritivas e dos percentis 5 e 95, a fim de estabelecer parâmetros dimensionais inclusivos. Além disso, aplicou-se o método RULA para avaliar o nível de risco postural associado à atividade analisada. Os resultados mostraram que a delimitação das zonas funcionais baseada em percentis permitiu abranger aproximadamente 90% da população avaliada. A avaliação RULA evidenciou um nível de risco moderado (pontuação 4), indicando a necessidade de ajustes no projeto do posto de trabalho. Propôs-se uma superfície ajustável em altura e inclinação como medida corretiva para melhorar o alinhamento corporal e reduzir a carga biomecânica. O estudo demonstra que a integração da análise antropométrica e da avaliação postural permite desenvolver propostas de design ergonômico tecnicamente fundamentadas.

Palavras-chave: Ergonomia; antropometria; análise estatística; superfície de trabalho; método RULA; riscos ergonômicos.

==== o ====

INTRODUCCIÓN

La ergonomía es una disciplina científica que estudia la interacción entre los seres humanos y los elementos de un sistema, con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el desempeño global del sistema. De acuerdo con la International Ergonomics Association (Cople, 2012), la

ergonomía aplica principios teóricos, datos y métodos para diseñar entornos compatibles con las necesidades, capacidades y limitaciones de las personas. Esta perspectiva sistémica integra conocimientos provenientes de la ingeniería, la psicología, la fisiología y el diseño industrial, permitiendo comprender cómo influyen los factores físicos y organizacionales en el desempeño humano (García et al., 2012; Núñez Diban y Amaral Gontijo, 2015). En el ámbito laboral, su aplicación busca equilibrar las demandas de la tarea con las capacidades del trabajador, reduciendo la probabilidad de errores, accidentes y enfermedades profesionales. Así, la ergonomía no solo se orienta al confort, sino también a la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas productivos.

La aplicación de la ergonomía en los centros de trabajo permite adaptar las condiciones laborales a las características físicas, cognitivas y organizacionales de los usuarios, favoreciendo tanto la salud ocupacional como la productividad (García et al., 2016). Un entorno diseñado bajo criterios ergonómicos adecuados contribuye a disminuir la carga biomecánica, la fatiga acumulada y el estrés laboral, factores estrechamente vinculados con los trastornos musculoesqueléticos. Además, la correcta configuración de puestos de trabajo incide positivamente en la concentración, la precisión y la calidad de las tareas realizadas. Desde una perspectiva preventiva, la ergonomía se consolida como una estrategia clave para minimizar el ausentismo y mejorar el clima organizacional (Jakobsen et al., 2025). En consecuencia, su implementación representa una inversión estratégica más que un gasto operativo.

En el contexto actual, caracterizado por la automatización, la digitalización y la transformación de los procesos productivos, la ergonomía adquiere una relevancia aún mayor al adaptarse a nuevas formas de interacción humano-máquina (Namwongsa et al., 2018). El análisis ergonómico permite anticipar riesgos derivados de posturas estáticas prolongadas, movimientos repetitivos y exigencias visuales asociadas al uso intensivo de tecnologías. Asimismo, facilita el diseño de estaciones de trabajo flexibles que respondan a la diversidad antropométrica y funcional de la población trabajadora (Collins y O'Sullivan, 2015). La integración de criterios ergonómicos desde la fase de diseño favorece soluciones más inclusivas y sostenibles en el tiempo. De este modo, la ergonomía se posiciona como un pilar fundamental en la construcción de entornos laborales seguros, eficientes y centrados en la persona.

Uno de los pilares fundamentales en los estudios ergonómicos es la antropometría, disciplina que analiza las dimensiones corporales humanas y su variabilidad poblacional. Esta área del conocimiento permite comprender las diferencias existentes entre individuos en función de factores como sexo, edad, origen étnico y condiciones socioeconómicas, los cuales influyen en la configuración corporal (Czaja y Nair, 2012). La antropometría no se limita a la medición de longitudes y anchuras, sino que también estudia proporciones, alcances y rangos de movimiento necesarios para la ejecución eficiente de tareas. En el ámbito del diseño ergonómico, estos datos constituyen la base para establecer parámetros dimensionales adecuados. De esta manera, se evita la improvisación y se fundamentan las decisiones de diseño en evidencia cuantificable.

La antropometría proporciona información esencial para el diseño de estaciones de trabajo, mobiliario y herramientas, considerando dimensiones estáticas y dinámicas del cuerpo humano (Pheasant y Haslegrave, 2006). Las dimensiones estáticas se refieren a medidas corporales en posiciones fijas, como la altura sentado o la anchura de hombros, mientras que las dimensiones dinámicas contemplan los movimientos y alcances funcionales del usuario. La correcta integración de ambas permite configurar espacios que faciliten posturas neutrales y movimientos naturales durante la actividad laboral. Un diseño que ignore estas variables puede generar sobreesfuerzos, posturas forzadas y reducción en la eficiencia operativa. Por ello, la antropometría se consolida como un insumo técnico indispensable en la ingeniería de puestos de trabajo.

El uso adecuado de percentiles antropométricos permite diseñar espacios que cubran un amplio rango poblacional, generalmente entre el percentil 5 y el 95, garantizando inclusión y

funcionalidad (Sanders y McCormick, 1993). El empleo de estos rangos busca que la mayoría de la población usuaria pueda desempeñar sus actividades sin restricciones físicas significativas. Diseñar para el percentil 5 en variables de alcance mínimo y para el percentil 95 en dimensiones de espacio libre constituye una práctica común en ergonomía aplicada. Esta estrategia reduce la exclusión de usuarios extremos y mejora la adaptabilidad del puesto de trabajo. En consecuencia, la aplicación rigurosa de criterios percentilares favorece entornos laborales más seguros, cómodos y eficientes (Helander, 2006).

Diversos estudios han demostrado que un diseño ergonómico inadecuado está asociado con la aparición de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, especialmente en actividades repetitivas y posturas mantenidas (Benavides et al., 2018). Estas afecciones afectan principalmente a miembros superiores, cuello y región lumbar, y representan una de las principales causas de ausentismo laboral a nivel mundial. La exposición prolongada a posturas forzadas, movimientos repetitivos y cargas estáticas genera microtraumatismos acumulativos que, con el tiempo, pueden convertirse en lesiones crónicas (Pazos et al., 2025). Además del impacto en la salud del trabajador, estas condiciones repercuten en la productividad y en los costos asociados a la atención médica y compensaciones laborales. Por ello, la prevención de riesgos ergonómicos constituye una prioridad en los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Según Dul (2001), la adaptación del entorno físico al usuario reduce significativamente la carga biomecánica y la probabilidad de lesiones en miembros superiores, cuello y zona lumbar. La adecuación de alturas, distancias de alcance y superficies de trabajo permite mantener posturas neutras que disminuyen la tensión muscular y la compresión articular. Asimismo, la implementación de mobiliario ajustable facilita la adaptación a diferentes características antropométricas, incrementando el confort y la eficiencia operativa. Cuando el diseño considera la variabilidad humana, se promueve una interacción más natural entre el trabajador y su entorno. En consecuencia, la ergonomía aplicada no solo mitiga riesgos, sino que también optimiza el desempeño funcional del sistema laboral.

En este contexto, la evaluación postural se convierte en una herramienta fundamental para identificar riesgos ergonómicos. Los métodos de análisis permiten valorar la exposición a factores de riesgo como la flexión excesiva del tronco, la elevación sostenida de los brazos o la desviación de muñecas durante la ejecución de tareas. A través de estos instrumentos es posible determinar niveles de intervención y priorizar acciones correctivas en función del grado de riesgo detectado. La evaluación sistemática contribuye a fundamentar técnicamente las decisiones de rediseño y mejora del puesto de trabajo. De esta manera, el análisis postural se consolida como un componente clave dentro de los estudios ergonómicos aplicados.

Entre los métodos de evaluación postural más utilizados se encuentra el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), desarrollado por Lynn McAtamney y E. Nigel Corlett en 1993. Este método fue diseñado como una herramienta de aplicación rápida para identificar la exposición a factores de riesgo asociados con trastornos musculoesqueléticos en miembros superiores. Su estructura permite evaluar segmentos corporales específicos mediante la observación directa de la postura adoptada durante la ejecución de una tarea. A partir de la combinación de puntuaciones parciales, el método genera una calificación global que indica el nivel de acción requerido. Gracias a su simplicidad y precisión, RULA se ha convertido en uno de los instrumentos más difundidos en ergonomía ocupacional.

Este instrumento permite analizar de manera rápida la exposición a posturas forzadas en miembros superiores, cuello y tronco, asignando niveles de riesgo que orientan la necesidad de intervención ergonómica (McAtamney y Corlett, 1993). El procedimiento divide el cuerpo en dos grupos principales: el Grupo A, que evalúa brazo, antebrazo y muñeca; y el Grupo B, que analiza cuello, tronco y piernas. Además, considera factores adicionales como el tipo de actividad (estática o dinámica) y la aplicación de fuerza, lo que permite una valoración más integral del riesgo postural. La escala final oscila generalmente entre 1 y 7, donde puntuaciones más altas indican mayor urgencia de intervención. Esta sistematización facilita la toma de decisiones técnicas orientadas al rediseño del puesto de trabajo.

Su aplicación ha sido ampliamente validada en entornos industriales y de oficina (Kee y Karwowski, 2007). Investigaciones posteriores han demostrado su confiabilidad y utilidad en tareas repetitivas, actividades administrativas y procesos de manufactura ligera. La versatilidad del método permite adaptarlo a distintos contextos productivos sin requerir equipamiento complejo, lo que favorece su implementación en estudios de campo. Asimismo, RULA es frecuentemente utilizado como herramienta complementaria dentro de evaluaciones ergonómicas integrales. En consecuencia, su incorporación en investigaciones aplicadas fortalece la fundamentación técnica del análisis de riesgos posturales y respalda las propuestas de mejora ergonómica.

El diseño de productos y áreas de trabajo debe considerar no solo las dimensiones corporales, sino también la naturaleza de la tarea, la frecuencia de uso de las zonas de alcance y el tipo de esfuerzo realizado (Ponsa et al., 2009). Cada actividad laboral implica demandas físicas y cognitivas particulares que influyen en la configuración óptima del puesto de trabajo. No es lo mismo diseñar una estación para tareas de precisión manual que para actividades de manipulación de materiales o trabajo administrativo. Por ello, el análisis funcional de la tarea constituye un paso previo indispensable antes de definir dimensiones y distribuciones espaciales. Integrar estos factores permite garantizar coherencia entre las exigencias operativas y las capacidades del usuario.

La correcta delimitación de zonas de trabajo —frecuente, intermedia e infrecuente— se fundamenta en estudios biomecánicos que relacionan el alcance funcional con la eficiencia operativa (Kroemer y Grandjean, 1997). La zona de trabajo frecuente corresponde al espacio donde deben ubicarse los elementos de uso continuo, minimizando movimientos amplios o repetitivos que puedan generar fatiga. La zona intermedia alberga objetos de uso ocasional, mientras que la zona infrecuente se reserva para elementos esporádicos o de consulta. Esta organización espacial optimiza los movimientos y reduce el tiempo improductivo asociado a desplazamientos innecesarios. En consecuencia, la distribución estratégica de las áreas de alcance contribuye a mejorar la productividad y disminuir la carga física.

Asimismo, la evolución de la población y los cambios en las características antropométricas hacen necesario actualizar periódicamente los parámetros de diseño (Greca y Moreira, 2015). Factores como la nutrición, el estilo de vida y las transformaciones demográficas pueden modificar las dimensiones corporales promedio a lo largo del tiempo. Diseños basados en datos desactualizados pueden dejar de ser funcionales y generar nuevas fuentes de riesgo ergonómico (González et al., 2003). Por ello, resulta fundamental realizar estudios antropométricos periódicos que reflejen la realidad de la población objetivo. La actualización constante de los criterios de diseño garantiza mayor adaptabilidad, inclusión y sostenibilidad en los entornos laborales.

Desde una perspectiva organizacional, la implementación de principios ergonómicos genera beneficios económicos medibles al reducir el ausentismo, mejorar la satisfacción laboral y aumentar la productividad (Núñez y Amaral, 2015). Las intervenciones ergonómicas adecuadamente planificadas permiten disminuir la incidencia de lesiones ocupacionales y, por ende, los costos asociados a incapacidades temporales o permanentes. Asimismo, la reducción de la fatiga física y mental contribuye a mejorar el rendimiento y la calidad del trabajo realizado. Las organizaciones que integran la ergonomía en su estrategia de gestión evidencian mejoras en la eficiencia operativa y en la estabilidad de su fuerza laboral. En este sentido, la ergonomía se posiciona como una herramienta de gestión que impacta directamente en la competitividad empresarial.

Estudios recientes también evidencian que el rediseño ergonómico basado en datos antropométricos específicos de la población objetivo incrementa la eficiencia en tareas manuales y cognitivas (Leibman y Choi, 2025; Haney et al., 2025). Cuando los puestos de trabajo se ajustan a las dimensiones reales de los usuarios, se optimizan los movimientos, se reducen tiempos improductivos y se mejora la precisión en la ejecución de tareas. Además, la adecuación ergonómica favorece una interacción más natural con herramientas y dispositivos tecnológicos, disminuyendo errores operativos. Estos beneficios no solo se reflejan en

indicadores productivos, sino también en la percepción de confort y seguridad del trabajador. Por lo tanto, el diseño centrado en el usuario adquiere un papel fundamental en entornos laborales modernos.

Desde una visión estratégica, la inversión en ergonomía debe considerarse como una medida preventiva y de mejora continua dentro de los sistemas de gestión organizacional. La integración de criterios ergonómicos desde la fase de planificación y diseño evita costos posteriores derivados de correcciones o rediseños improvisados. Además, promueve una cultura organizacional orientada al bienestar y la sostenibilidad laboral. En un contexto de creciente competitividad y transformación tecnológica, las empresas que adoptan enfoques ergonómicos basados en evidencia científica fortalecen su capacidad de adaptación. En consecuencia, la ergonomía no solo protege la salud del trabajador, sino que también contribuye al desarrollo organizacional a largo plazo.

En este contexto, el presente estudio se enfoca en la obtención y análisis estadístico de medidas antropométricas en posición sedente, con el propósito de diseñar una superficie ergonómica de trabajo adaptada a la población evaluada. A través del cálculo de percentiles y la aplicación del método RULA, se busca establecer criterios de diseño que permitan minimizar riesgos posturales y optimizar el desempeño operativo.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y alcance descriptivo, orientado al análisis antropométrico para el diseño de una superficie ergonómica de trabajo. Según Espinoza-Freire (2025), la investigación cuantitativa se caracteriza por la medición objetiva de variables, el uso de datos numéricos y el tratamiento estadístico para la comprobación empírica de fenómenos. En este contexto, el estudio se centró en la recolección sistemática de medidas corporales en posición sedente, con el propósito de establecer parámetros dimensionales que sustenten técnicamente la propuesta de diseño. El diseño metodológico fue no experimental y transversal, debido a que las variables no fueron manipuladas y la información se obtuvo en un único momento temporal.

La formulación del problema, el objetivo y las variables se estructuró conforme a los principios metodológicos planteados por Espinoza Freire (2020a), quien señala que toda investigación debe partir de una delimitación clara del fenómeno de estudio y de la identificación precisa de las variables involucradas. En este caso, la variable principal correspondió a las dimensiones antropométricas en posición sentado, mientras que la variable dependiente estuvo relacionada con los criterios de diseño ergonómico de la superficie de trabajo. Se definieron operacionalmente las medidas corporales necesarias para el análisis, tales como alturas, profundidades, anchuras y alcances funcionales. Esta delimitación permitió orientar de manera coherente la recolección y el procesamiento de la información.

La población objeto de estudio estuvo conformada por 20 individuos seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad y disponibilidad. Aunque el tamaño muestral es reducido, en estudios antropométricos exploratorios puede resultar suficiente para establecer parámetros preliminares de diseño, especialmente cuando se busca una aplicación contextualizada (Pheasant y Haslegrave, 2006). Las mediciones se realizaron utilizando instrumentos calibrados, tales como antropómetro, cinta métrica y flexómetro, garantizando la precisión de los datos obtenidos. Previamente al proceso de medición, se verificó el estado físico de los instrumentos y las condiciones del espacio destinado para la evaluación.

El procedimiento de recolección de datos consistió en la obtención de 16 medidas antropométricas en posición sedente, incluyendo dimensiones estáticas y dinámicas relacionadas con el alcance funcional. Los datos fueron registrados en una matriz digital y posteriormente procesados mediante herramientas estadísticas en Microsoft Excel. Se calcularon medidas de tendencia central y percentiles, particularmente los percentiles 5 y 95, siguiendo criterios ergonómicos ampliamente aceptados en el diseño de puestos de trabajo

(Sanders y McCormick, 1993). Este análisis permitió establecer rangos dimensionales adecuados para cubrir aproximadamente al 90% de la población evaluada.

Para la identificación de riesgos posturales asociados a la tarea analizada, se aplicó el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), desarrollado por Lynn McAtamney y E. Nigel Corlett. Este instrumento permitió evaluar de manera sistemática las posturas adoptadas durante la ejecución de la actividad, asignando puntuaciones a los segmentos corporales involucrados. La aplicación del método se realizó mediante observación directa, considerando la postura predominante y las condiciones de repetitividad de la tarea. La puntuación final obtenida permitió determinar el nivel de intervención requerido en términos de rediseño ergonómico.

Finalmente, el proceso investigativo respetó los principios éticos fundamentales en investigación científica, tales como el consentimiento informado, la confidencialidad de los datos y el uso responsable de la información recopilada, en concordancia con lo señalado por Espinoza-Freire (2022). Asimismo, la búsqueda y fundamentación teórica del estudio se apoyó en estrategias sistemáticas de localización de información científica en bases de datos académicas reconocidas, siguiendo las orientaciones metodológicas propuestas por Espinoza Freire (2020b, 2025). De esta manera, se garantizó la validez conceptual y la rigurosidad científica del estudio, fortaleciendo la coherencia entre el marco teórico y el procedimiento metodológico aplicado.

Análisis estadístico de los datos

El procesamiento estadístico de la información antropométrica se realizó con el objetivo de establecer parámetros de diseño confiables y técnicamente sustentados. En concordancia con el enfoque cuantitativo del estudio, los datos obtenidos fueron organizados en una matriz estructurada y sometidos a un análisis descriptivo inicial, incluyendo medidas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión (desviación estándar y rango). Según Espinoza-Freire (2025), el análisis estadístico descriptivo constituye una fase esencial en investigaciones cuantitativas, ya que permite caracterizar el comportamiento de las variables y comprender su distribución antes de establecer inferencias aplicadas.

Posteriormente, se procedió al cálculo de percentiles, específicamente los percentiles 5 y 95, los cuales son ampliamente utilizados en ergonomía para el diseño inclusivo de puestos de trabajo (Sanders y McCormick, 1993). El percentil 5 se emplea generalmente para variables relacionadas con alcances mínimos, garantizando que la mayoría de los usuarios pueda acceder funcionalmente a los elementos de trabajo. Por su parte, el percentil 95 se utiliza en dimensiones de espacio libre o límites máximos, asegurando que usuarios con mayores dimensiones corporales no experimenten restricciones físicas. Este criterio permite cubrir aproximadamente al 90% de la población objetivo, minimizando la exclusión de usuarios extremos.

Para el cálculo de los percentiles se utilizó el método de interpolación lineal aplicado a datos ordenados de menor a mayor, considerando la posición teórica del percentil dentro del conjunto muestral. Aunque el tamaño de la muestra fue de 20 individuos, el análisis permitió obtener valores referenciales útiles para el diseño preliminar de la superficie de trabajo. En estudios antropométricos aplicados, incluso muestras moderadas pueden proporcionar información válida cuando el propósito es contextual y no inferencial poblacional amplio (Pheasant y Haslegrave, 2006). No obstante, se reconoce que el aumento del tamaño muestral podría mejorar la precisión estadística en futuras investigaciones.

Adicionalmente, se evaluó la variabilidad de las medidas a través del coeficiente de variación (CV), con el fin de identificar aquellas dimensiones con mayor dispersión relativa. Este indicador permitió detectar diferencias significativas en variables de alcance dinámico frente a medidas estáticas, lo cual resulta relevante para la toma de decisiones en el diseño ergonómico. Las variables con mayor variabilidad requieren especial consideración, dado que pueden influir en la adaptabilidad del puesto de trabajo. En este sentido, el análisis estadístico no solo describió los datos, sino que orientó técnicamente la configuración dimensional propuesta.

Finalmente, los resultados estadísticos obtenidos fueron integrados con los criterios ergonómicos derivados del análisis postural mediante el método RULA, desarrollado por Lynn McAtamney y E. Nigel Corlett. La combinación del análisis antropométrico con la evaluación biomecánica permitió establecer una propuesta de diseño sustentada tanto en dimensiones corporales objetivas como en la identificación de riesgos posturales. Esta integración metodológica fortalece la validez técnica del estudio, al vincular datos cuantitativos con criterios funcionales de intervención ergonómica.

Antes de iniciar las mediciones antropométricas se revisa que los instrumentos de medición (antropómetro, flexómetro y cinta métrica) estuvieran en buenas condiciones, también se inspecciona visualmente las condiciones de la cabina antropométrica modelo GITCAB23V1. Posteriormente se procede a realizar las mediciones antropométricas en posición sentada que se presentan en la Figura 1 y se describen en la Tabla 1

Figura 1.

Medidas antropométricas sentado.

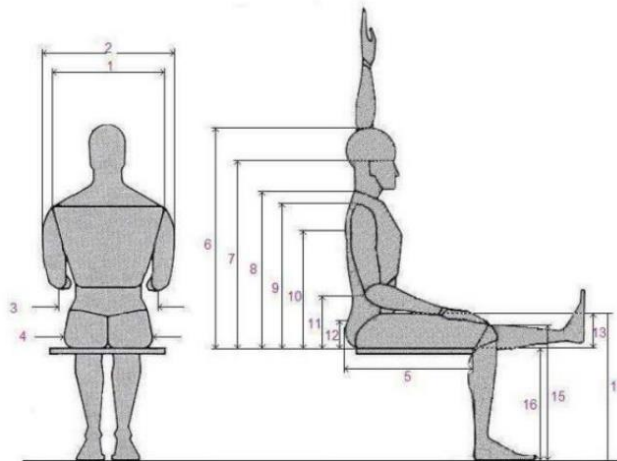


Tabla 1.

Descripción de las medidas antropométricas sentado.

Medida	Descripción
1	Anchura de hombros
2	Anchura bideltoidea
3	Anchura codo - codo
4	Anchura de cadera sentado
5	Distancia socro - polítea
6	Altura de cabeza - asiento
7	Altura ojos - asiento
8	Altura cervical
9	Altura hombros - asiento
10	Altura subescapular
11	Altura codo - asiento
12	Altura cresta iliaca
13	Altura muslo - asiento
14	Altura muslo - suelo
15	Altura rodilla - suelo
16	Altura poplítea

Los datos obtenidos de las mediciones antropométricas de la población en estudio se almacenaron en Microsoft Excel y se procesaron estadísticamente. Se calcularon los percentiles para alcanzar la meta ergonómica (del percentil 5 al 95) para referencia en el diseño de la superficie de trabajo. Se analiza también la naturaleza de la tarea y se determinan las zonas de trabajo de acuerdo a la frecuencia de uso de las mismas. Finalmente, se aplica

el método RULA para identificar riesgos ergonómicos derivados de posturas forzadas en actividades repetitivas de oficinas que se centra en los miembros superiores, cuello y tronco.

RESULTADOS

Los datos antropométricos obtenidos de la población en estudio fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo, calculándose medidas de tendencia central y dispersión para cada una de las 16 variables registradas en posición sedente. El análisis permitió identificar diferencias en la variabilidad de las dimensiones corporales, observándose mayor dispersión en las medidas dinámicas relacionadas con el alcance funcional en comparación con las dimensiones estáticas. Esta variabilidad confirma la importancia de utilizar criterios percentilares en el diseño ergonómico, a fin de cubrir un rango poblacional amplio y reducir la exclusión dimensional.

Resultados del análisis antropométrico

Los valores correspondientes a los percentiles 5 y 95 de las medidas críticas para el diseño se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.

Resultados del tratamiento estadístico de las medidas antropométricas críticas (cm).

Variable	Percentil 5	Percentil 95
Profundidad de pecho	25	30
Alcance máximo con agarre	70	80
Alcance mínimo sin agarre	76	86
Alcance mínimo con agarre	38	40
Alcance máximo sin agarre	43	46

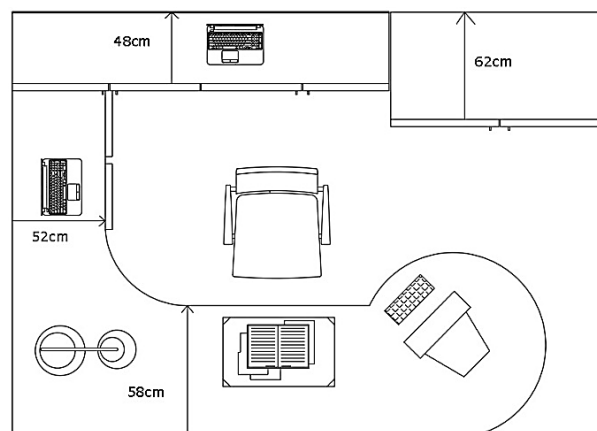
El percentil 95 del alcance mínimo con agarre presentó un valor de 46 cm, el cual fue adoptado como límite superior de la zona de trabajo frecuente. Por su parte, el percentil 5 del alcance máximo con agarre registró un valor de 70 cm, utilizado como referencia para la delimitación de la zona de trabajo intermedia. Estos parámetros permiten cubrir aproximadamente el 90% de la población evaluada, conforme a criterios ergonómicos convencionales.

Diseño dimensional de la superficie de trabajo

A partir de los resultados estadísticos obtenidos, se definieron tres zonas funcionales: zona frecuente, zona intermedia y zona infrecuente. La configuración final de la superficie de trabajo se presenta en la Figura 2.

Figura 2.

Diseño de la superficie de trabajo.



La zona frecuente fue establecida dentro del límite de 46 cm, con el fin de reducir desplazamientos repetitivos amplios de miembros superiores. La zona intermedia se delimitó hasta los 70 cm, permitiendo el acceso funcional a elementos de uso ocasional. La zona infrecuente fue excluida del diseño final debido a su baja relevancia operativa en la tarea evaluada.

Resultados de la evaluación postural mediante RULA

La evaluación postural se realizó utilizando el método RULA. Los resultados del análisis del Grupo A (miembros superiores) se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Resultados del análisis RULA – Grupo A.

Elemento	Posición	Puntuación	Modificación
Brazo	Flexión > 45° y 90°	3	Existe punto de apoyo -1
Ante Brazo	Flexión entre 60° y 100°	1	No es aún lado del cuerpo ni cruza la línea media del cuerpo 0
Muñeca	Flexión o extensión >0° y < 15°	2	Sin desviación radial ni cubital 0
Giro de la muñeca	No existe Pronación / Supinación	0	
Grupo A		3	

Los resultados correspondientes al Grupo B (cuello, tronco y piernas) se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Resultados del análisis RULA – Grupo B.

Elemento	Posición	Puntuación	Modificación
Cuello	Flexión >20°	3	Sin rotación ni inclinación lateral 0
Tronco	Flexión entre 0° y 20°	2	Sin rotación ni inclinación lateral
Piernas	Sentado con las piernas y los pies bien apoyados	1	No aplica
Grupo B		3	

Al considerar la naturaleza repetitiva de la tarea, se incrementó en una unidad la puntuación final, obteniéndose un valor global de 4. Este resultado indica la necesidad de realizar ajustes en el diseño del puesto de trabajo para reducir el nivel de riesgo postural identificado.

DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en el análisis antropométrico confirman la importancia de utilizar criterios percentilares para el diseño ergonómico de superficies de trabajo. La delimitación de la zona frecuente hasta el percentil 95 del alcance mínimo con agarre garantiza accesibilidad funcional para la mayoría de los usuarios evaluados, reduciendo desplazamientos innecesarios de miembros superiores. Este enfoque coincide con los principios establecidos por Pheasant y Haslegrave (2006), quienes sostienen que el diseño basado en percentiles extremos permite cubrir aproximadamente al 90% de la población objetivo. De igual manera, Sanders y McCormick (1993) enfatizan que el uso combinado de percentiles 5 y 95 constituye una práctica estándar en el diseño de estaciones de trabajo inclusivas.

La exclusión de la zona infrecuente en el diseño final responde a criterios funcionales derivados del análisis de la tarea. La literatura señala que la organización espacial debe priorizar los elementos de uso continuo dentro del rango de alcance cómodo, minimizando la carga biomecánica acumulativa (Kroemer y Grandjean, 1997). En este sentido, la propuesta desarrollada en el presente estudio se alinea con modelos biomecánicos que relacionan la eficiencia operativa con la reducción de movimientos amplios y repetitivos. La simplificación de la distribución espacial no solo optimiza la postura, sino que también puede incidir positivamente en la productividad del usuario (Núñez Diban y Amaral Gontijo, 2015).

En cuanto a la evaluación postural, la puntuación global de 4 obtenida mediante el método RULA indica la necesidad de intervención ergonómica moderada. De acuerdo con la escala propuesta por Lynn McAtamney y E. Nigel Corlett (1993), valores entre 3 y 4 sugieren que se deben realizar investigaciones adicionales y considerar modificaciones en el puesto de trabajo. Estudios posteriores han validado la sensibilidad del método para identificar riesgos en tareas repetitivas de oficina e industriales (Kee y Karwowski, 2007). En este contexto, la identificación temprana de un nivel 4 permite implementar medidas correctivas antes de que se desarrollen trastornos musculoesqueléticos asociados a la actividad.

La propuesta de incorporar una superficie ajustable en altura e inclinación se fundamenta en la necesidad de reducir la flexión del cuello y la elevación sostenida del brazo observadas durante la evaluación postural. La evidencia científica indica que el mobiliario ajustable mejora la alineación corporal y disminuye la carga estática en la región cervical y lumbar (Dul, 2008). Asimismo, la adaptabilidad dimensional permite compensar la variabilidad antropométrica existente en la población usuaria, fortaleciendo la inclusión y funcionalidad del diseño. En consecuencia, la integración de mecanismos de ajuste representa una estrategia coherente con los hallazgos estadísticos y biomecánicos del estudio.

Desde una perspectiva organizacional, la implementación de mejoras ergonómicas basadas en datos objetivos puede generar beneficios tanto en la salud ocupacional como en el desempeño laboral. Núñez y Amaral (2015) sostienen que la incorporación de especificaciones ergonómicas en el diseño de puestos de trabajo contribuye a reducir riesgos y mejorar la eficiencia operativa. En concordancia, estudios recientes en ergonomía aplicada evidencian que la adaptación del entorno físico a las características del usuario incrementa la precisión en tareas manuales y cognitivas (Leibman y Choi, 2025; Haney et al., 2025). Por lo tanto, los resultados obtenidos no solo tienen implicaciones técnicas, sino también organizacionales y económicas.

Finalmente, la integración del análisis antropométrico con la evaluación postural mediante RULA constituye una fortaleza metodológica del estudio. La combinación de datos dimensionales objetivos con la identificación de riesgos biomecánicos permite formular propuestas de diseño más robustas y fundamentadas. Esta articulación metodológica favorece una intervención ergonómica integral, alineada con los principios contemporáneos de diseño

centrado en el usuario. En consecuencia, el estudio aporta evidencia aplicada que respalda la importancia de incorporar criterios científicos en el desarrollo de superficies ergonómicas de trabajo.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió establecer parámetros dimensionales objetivos para el diseño de una superficie ergonómica de trabajo, a partir del análisis antropométrico de una población evaluada en posición sedente. El uso de percentiles 5 y 95 garantizó una cobertura aproximada del 90% de los usuarios, asegurando criterios de inclusión y funcionalidad en la propuesta de diseño. La aplicación de estos parámetros confirmó la relevancia de fundamentar el desarrollo de estaciones de trabajo en datos cuantificables y no en estimaciones generales.

La delimitación de zonas funcionales —frecuente e intermedia— permitió optimizar el espacio de trabajo en función del alcance cómodo y reducir desplazamientos innecesarios de miembros superiores. Esta organización espacial contribuye a minimizar la carga biomecánica acumulativa asociada a movimientos repetitivos y posturas sostenidas. La exclusión de la zona infrecuente respondió a criterios operativos derivados del análisis específico de la tarea evaluada, favoreciendo un diseño más eficiente y simplificado.

La evaluación postural mediante el método RULA evidenció un nivel de riesgo moderado (valor 4), lo que indica la necesidad de implementar ajustes ergonómicos en el puesto de trabajo. Este hallazgo confirma que, aun en ausencia de manipulación de cargas significativas, la repetitividad y la postura mantenida pueden generar condiciones que requieren intervención preventiva. En consecuencia, la propuesta de incorporar una superficie ajustable en altura e inclinación constituye una medida técnicamente justificada para mejorar la alineación corporal y reducir el riesgo postural.

Finalmente, la integración del análisis antropométrico con la evaluación biomecánica fortaleció la coherencia metodológica del estudio, permitiendo formular una propuesta de diseño basada en evidencia cuantitativa. El trabajo desarrollado demuestra la importancia de aplicar principios ergonómicos científicos en la configuración de superficies de trabajo, contribuyendo tanto a la salud ocupacional como al desempeño operativo. En este sentido, el estudio aporta fundamentos técnicos que pueden ser replicados y ampliados en investigaciones futuras orientadas al diseño ergonómico aplicado.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. En primer lugar, el tamaño muestral fue reducido y seleccionado mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, lo que limita la posibilidad de generalizar los hallazgos a poblaciones más amplias. Asimismo, las mediciones antropométricas se realizaron en un único contexto y momento temporal, sin considerar posibles variaciones asociadas a factores como edad, género o condiciones ocupacionales específicas. Por otra parte, el análisis estadístico fue de carácter descriptivo, sin aplicación de pruebas inferenciales que permitan establecer comparaciones entre subgrupos. Finalmente, la evaluación postural mediante el método RULA se basó en observación directa de una tarea específica, lo que restringe su extrapolación a otras actividades laborales.

ESTUDIOS FUTUROS

Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el tamaño y diversidad de la muestra, incorporando participantes de diferentes sectores productivos y características demográficas, con el fin de obtener parámetros antropométricos más representativos. Asimismo, sería pertinente incluir análisis estadísticos inferenciales que permitan comparar variables según sexo, edad o tipo de actividad laboral. La integración de herramientas digitales de captura de

movimiento podría complementar la evaluación postural y mejorar la precisión del análisis biomecánico. Finalmente, se sugiere evaluar el impacto real de la implementación del diseño propuesto mediante estudios longitudinales que midan cambios en indicadores de confort, productividad y reducción de riesgos musculoesqueléticos.

RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por facilitar los espacios y recursos necesarios para la realización de las mediciones antropométricas. Asimismo, se reconoce la colaboración voluntaria de los participantes que formaron parte del estudio, cuyo aporte fue fundamental para el desarrollo de la investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS COAUTORES

Victoria Cervantes Hernández: participó en la recolección de datos antropométricos y en el procesamiento estadístico de la información.

Ricardo Martínez López: contribuyó en el análisis del diseño ergonómico y la aplicación del método RULA.

Sandra Guadalupe Valenzuela Ramírez: colaboró en la estructuración metodológica y revisión académica del manuscrito.

Adriana Contreras Basurto: apoyó en la sistematización de resultados y elaboración de tablas y figuras.

Emilio Alejandro Rivera Landero: supervisó el desarrollo integral del estudio y realizó la revisión crítica final del contenido.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en relación con la investigación, autoría y/o publicación del presente artículo.

REFERENCIAS

- Benavides, F. G., Delclós, J., & Serra, C. (2018). Estado de bienestar y salud pública: el papel de la salud laboral. *Gaceta sanitaria*, 32(4), 377-380. <https://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.07.007>
- Caple, D. C. (2012). Globalization of Ergonomics Through the International Ergonomics Association. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 20(4), 18-21.
- Collins, J. D., & O'Sullivan, L. W. (2015). Musculoskeletal disorder prevalence and psychosocial risk exposures by age and gender in a cohort of office based employees. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 46, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.12.013>
- Czaja, S. J., & Nair, S. N. (2012). Human factors engineering and systems design. *Handbook of human factors and ergonomics*, 38-56. <https://doi.org/10.1002/9781118131350.ch2>
- Dul, J. (2001). *Ergonomics For Beginners: A Quick Reference Guide*, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780203212097>
- Espinoza Freire, E. E. (2020). El problema, el objetivo, la hipótesis y las variables de la investigación. *Portal de la Ciencia*, 1(2), 1-71.
- Espinoza Freire, E. E. (2020). La búsqueda de información científica en las bases de datos académicas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 31-35.
- Espinoza-Freire, E. E. (2022). Ética en la investigación científica. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 1(2), 35-43.

- Espinoza-Freire, E. E. (2025). Estrategias de búsqueda de información en bases de datos científicas: Una guía práctica. *Sociedad & Tecnología, 8*(S2), 647-658.
- Espinoza-Freire, E. E. (2025). La investigación cuantitativa: fundamentos, características y aplicaciones en las ciencias sociales. *Sociedad & Tecnología, 8*(S3), 1283-1298.
- Espinoza-Freire, E. E. (2025). PRISMA en la práctica: Guía y desafíos en la conducción de revisiones sistemáticas. *Sociedad & Tecnología, 8*(S2), 623-646.
- García, A. M., Boix, P., G. Benavides, F., Gadea, R., Rodrigo, F., & Serra, C. (2016). Participación para mejorar las condiciones de trabajo: evidencias y experiencias. *Gaceta Sanitaria, 30*, 87-92. DOI: 10.1016/j.gaceta.2016.03.006
- García, A. M., Sevilla, M. J., Gadea, R., & Casañ, C. (2012). Intervención de ergonomía participativa en una empresa del sector químico. *Gaceta sanitaria, 26*(4), 383-386. DOI: 10.1016/j.gaceta.2011.12.010
- González, B. A., Adenso-Díaz, B., & Torre, P. G. (2003). Ergonomic performance and quality relationship: an empirical evidence case. *International journal of industrial ergonomics, 31*(1), 33-40. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(02\)00116-6](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(02)00116-6)
- Greca, M. F., & Moreira, L. R. (2015). Work ergonomic analysis at the quality material inspection station in a graphic industry. *Procedia Manufacturing, 3*, 4330-4337. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.426
- Haney J. M., Ammons D., Choi H. (2025), Effects of robot arm design and movement speed during human-robot interaction. *Applied Ergonomics, 129*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104578>.
- Helander, M. G. (2006). *A Guide to Human Factors and Ergonomics* (2nd ed.). Taylor & Francis.
- Jakobsen, L., Munk-Hansen, M., Nielsen, K. J., Madeleine, P., & Lysdal, F. G. (2025). Replicating cheese maturing warehouse conditions in laboratory slip resistance testing: Identifying safety footwear for a specific working environment. *Applied Ergonomics, 129*, 104565.
- Kee, D., & Karwowski, W. (2007). A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 13*(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/10803548.2007.11076702>
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (1997). *Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics* (5th ed.). Taylor & Francis. <https://www.routledge.com/Fitting-the-Task-to-the-Human-Karl-H-E-Kroemer-Edward-Grandjean/p/book/9780419210900>
- Leibman D., Choi H. (2025). Going beyond the mean in examining the effects of exoskeleton use on motor and attentional task performance. *Applied Ergonomics, 129*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104567>.
- 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. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Namwongsa, S., Puntumetakul, R., Swangnetr Neubert, M., Chaiklieng, S., & Boucaut, R. (2018). Ergonomic risk assessment of smartphone users using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) tool. *PLOS ONE, 13*(8), e0203394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203394>
- Núñez Diban, D. O., & Amaral Gontijo, L. (2015). Proposition of a supporting method for the generation of ergonomic specifications. *Procedia Manufacturing, 3*, 6036-6043. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.725

- Núñez Diban, D. O., & Amaral Gontijo, L. (2015). The complexity of ergonomic in product design requirements. *Procedia Manufacturing*, 3, 6169-6174. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.909
- Pazos, J. M., Silva, J. K., & García, P. P. (2025). Magnification of the Galilean system and work posture in dental students: a crossover study. *Applied Ergonomics*, 129, 104579. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104579>
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work* (3rd ed.). CRC Press/Taylor & Francis. <https://www.routledge.com/Bodyspace-Anthropometry-Ergonomics-and-the-Design-of-Work-Third-Edition/Pheasant-Haslegrave/p/book/9780415285209>
- Ponsa, P., Amante, B., & Díaz, M. (2009). Evaluación de la Usabilidad para la Tarea de Supervisión Humana en Sala de Control Industrial. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 6(1), 84-93. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(09\)70079-2](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(09)70079-2)
- Sanders, M. S & McCormick, E. J. (1993). *Human factors in engineering and design* (7th ed.). New York: McGraw-Hill