

Consideraciones para el diseño del conjunto silla-mesa escolar desde el punto de vista ergonómico

YAJAHIRA MONSERRAT VALDEZ RODRÍGUEZ
Universidad de Guadalajara
yajahira.valdez@alumnos.udg.mx

PALABRAS CLAVE
Mobiliario escolar
Conjunto silla-mesa escolar
Diseño ergonómico
Antropometría
Biomecánica

KEYWORDS
School furniture
Classroom desk-chair set
Ergonomic design
Anthropometry
Biomechanics

Este artículo plantea una serie de consideraciones para llevar a cabo el diseño de mobiliario escolar, específicamente del conjunto de silla-mesa, desde el punto de vista ergonómico. Para estar más claros con los conceptos se hace un repaso de lo que son la ergonomía, el diseño, el proceso de diseño y las propiedades ergonómicas, para después describir los conceptos que componen la metodología propuesta (análisis de las actividades realizadas en el aula, postura sedente, antropometría y análisis de comodidad e incomodidad percibidas). Esto con el objetivo de proporcionar a diseñadores, arquitectos, técnicos y otros prescriptores de mobiliario, la información necesaria para la obtención de criterios fundamentales de diseño de mobiliario que pueden resultar útiles a la hora de elegirlo o diseñarlo.

This article examines the elements that should be taken into account from an ergonomic point of view when designing school furniture, specifically classroom desk and chair sets. In order to clarify the concepts, a review of ergonomics, design, the design process and ergonomic properties is made, followed by a description of the concepts in the proposed methodology (analysis of activities carried out in the classroom, seated posture, anthropometry and analysis of perceived comfort and discomfort). The aim is to provide designers, architects, technicians and others who may need this information with the basic criteria useful for designing or choosing this type of classroom furniture.

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo las instituciones de enseñanza mexicanas han intentado actualizar sus métodos de aprendizaje, pero la realidad es que el modelo tradicionalista es el que aún se utiliza en la mayoría de escuelas de educación básica del país. Éste se centra en la transmisión del conocimiento de tipo declarativo, favoreciendo un aprendizaje por recepción-repetitivo, en donde el papel principal lo desempeña el docente, como única autoridad ante el grupo. El profesor es orador, transmisor del conocimiento, y el alumno es receptor pasivo (Esquivias, González, y Muria, 2017) y, debido a esto, los alumnos pasan una gran cantidad de tiempo sentados en las aulas de clase.

Durante la jornada escolar la mayoría de los estudiantes de educación básica pasan entre 60% y 80% del tiempo en estado sedente (Savanur y Altekar, 2007), usando un conjunto de silla-mesa escolar que se basa típicamente en decisiones que no están relacionadas con sus necesidades (Parcelles et al., 1999; Corlett, 2006). Esto puede llevar al alumno a asumir posturas incorrectas que pueden dificultar su aprendizaje al tener que estar cambiando de postura constantemente, y al desarrollo posterior de problemas musculoesqueléticos, ya que está comprobado que estar sentados durante mucho tiempo en una postura estática “pone en una tensión fisiológica extrema a los músculos, los ligamentos y, en particular, los discos intervertebrales” (Bendix y Brunswic, citados en Panagiotopoulou et al., 2004: 121). Por lo tanto, es de gran importancia proporcionar confort y facilitar una postura fisiológica adecuada a los sujetos en crecimiento (Quintana et al., 2004: 4).

El diseño de mobiliario es un proceso complejo en el que se hace uso de información que se encuentra en diferentes sitios y de formas muy variadas (artículos científicos, libros, tablas de datos antropométricos, etc.); para tener acceso a ella y seleccionar la que es relevante para los objetivos del diseño se debe invertir mucho tiempo. Generalmente los “diseñadores tienen que lidiar con fechas límite, y ellos no siempre cuentan con el respaldo técnico o tiempo para investigar (Persad et al., 2007; Cardoso y Clarkson, 2012; González y Morer, 2016), por lo tanto la realidad es que hay una brecha entre las

necesidades de los usuarios y la investigación de factores humanos.

Es por ello que el objetivo de este trabajo es poner a disposición de diseñadores, arquitectos, técnicos y otros prescriptores de mobiliario un marco teórico, desde la perspectiva de la ergonomía, que contenga la información necesaria para la obtención de criterios fundamentales de diseño de mobiliario escolar, en especial del conjunto de silla-mesa, adaptado a las características de los usuarios, tareas y usos a los que va destinado, que pueden resultar útiles a la hora de elegir o diseñar mobiliario escolar.

ERGONOMÍA Y DISEÑO

Todos los días interactuamos con miles de productos que esperamos que funcionen de acuerdo a nuestras necesidades, pero lamentablemente éste no siempre es el caso. Diseñar productos de consumo que satisfagan las necesidades y expectativas humanas no es fácil, por eso el proceso de diseño, que implica la aplicación de los factores humanos y los principios y conocimientos de ergonomía, se esfuerza por lograr los objetivos mencionados y, al mismo tiempo, reducir el riesgo de falla del producto, el potencial de accidentes y contribuir a la aceptación general y la utilidad; además de disminuir el costo total del ciclo de vida del producto (Karwowski et al., 2011). Los diseñadores industriales son los encargados de esta tarea; en cada diseño colocan al usuario en el centro del proceso, adquiriendo así un profundo conocimiento de sus necesidades a través de la empatía y aplicación pragmática de un proceso de resolución de problemas centrada en el usuario para diseñar productos, sistemas, servicios y experiencias (Orga-

nización Mundial de Diseño, WDO por sus siglas en inglés).

Durante el proceso de diseño es indispensable el uso de la ergonomía, que es la aplicación de información científica concerniente a los seres humanos en el diseño de objetos, sistemas y ambientes para uso humano (Pheasant, 1991); de esto depende, en gran medida, la buena o mala aceptación de un producto debido a que éste puede ayudar o perjudicar en el desempeño de las tareas que se realizan. Este éxito depende de la correcta incorporación del análisis de las necesidades físicas, psicológicas, sensoriales y anatómicas de los usuarios.

Proceso de diseño

“El proceso de diseño (PD) es una estructura de pensamiento futura dirigida a resolver un problema” (Cross, citado en Karwowski et al., 2011) y existen muchas maneras de abordarlo. Según Dong, McGinley, Nickpour y Cifter (2015), las etapas de un típico PD son: *explorar, definir, desarrollar y entregar*.

Según Karwowski et al. (2011), las etapas fundamentales incluyen la *planificación*, con el fin de identificar las prioridades y elaborar un plan de acción; *analizar*, para los requisitos de estructuración; *concepto de diseño*, en relación con el desarrollo de conceptos para resolver problemas; *diseño de detalle*, donde las especificaciones del producto están establecidas; *evaluación de simulación/prueba y pre-serie*, a fin de evaluar requisitos técnicos y humanos.

En el modelo para el proceso de diseño que propone el Consejo de Diseño (véase Figura 1) se plantean las etapas en el llamado *modelo de doble diamante*: 1) *Descubrir*, observar, analizar el contexto y la inves-

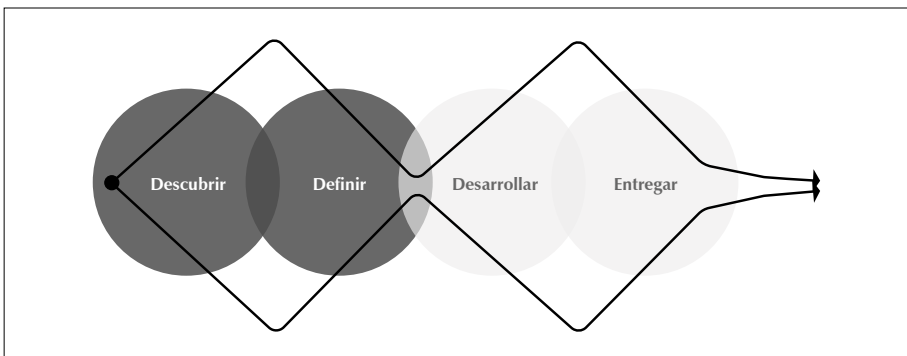


Figura 1. “Modelo de doble diamante de cuatro etapas principales del proceso de diseño (Design Council, 2007)”. Fuente: González y Morer, 2015.

tigación de campo. 2) *Definir* y evaluar las necesidades identificadas. 3) *Desarrollar*, proponer soluciones. 4) *Entregar* y probar las decisiones finales.

De acuerdo con González y Morer (2016), las dos primeras áreas del modelo de doble diamante (descubrir y definir) son la parte más conceptual y abstracta del proyecto; en esta primera etapa del diamante se incluye el proceso de familiarización e investigación del diseñador y la idea abstracta y conceptual. Para ese propósito, es común que los diseñadores realicen investigaciones de campo, y como resultado de esta fase, el diseñador tiene una idea de cómo debe ser el producto, cuál es el uso final, quién lo va a usar y en qué contexto, y más o menos cómo se verá el producto final. Por lo tanto, es durante estas etapas donde los datos son más usados (Dong *et al.*, 2015) y “es en la fase de diseño conceptual donde los diseñadores de productos requieren tener tanta inspiración de factores humanos como sea posible” (Suri y Marsh, citados en González y Morer, 2016).

Método general de análisis y diseño ergonómico

Para realizar la incorporación de la ergonomía o factores humanos al diseño de producto se debe realizar un análisis exhaustivo de las interacciones que tienen lugar entre el usuario y el producto en un entorno determinado. El diseño de productos es un proceso de creación de nuevos productos o de mejoramiento de los existentes para facilitar las actividades de las personas; para alcanzar este fin, un producto debe ser ergonómico, y es considerado de tal manera cuando es fácil de usar, fácil de aprender a usar, fácil de conservar en buen estado, seguro y cómodo (Prado y Ávila, 2014).

De acuerdo con Cushman y Rosenberg (1991), para realizar el análisis y diseño ergonómico se debe comenzar por describir el sistema donde se desarrolla: especificar los objetivos para los cuales el objeto va a ser desarrollado, realizar el “perfil de usuario”, analizar las tareas y sugerir soluciones para su optimización. A continuación, se describen las etapas del sistema planteadas por Cushman y Rosenberg:

1. Objetivos del sistema: todo producto debe ser visto como un sistema diseñado para un objetivo específico.

2. Descripción de las características funcionales y operativas del producto: detallar las características de forma, dimensiones, mecanismos, controles, indicadores, etc., que hacen posible la funcionalidad del producto.
3. Descripción de las características generales del usuario (perfil de usuario): grupo de personas a las que va dirigido el producto. La descripción debe incluir edades, sexo, niveles económicos, educativos y culturales.
4. Descripción del entorno: lugar o ambiente en particular donde se va a utilizar el producto.

Propiedades ergonómicas

Las propiedades ergonómicas son características específicas de los elementos físicos de los objetos que han sido determinadas por su adecuación a los diferentes aspectos de los factores humanos (Prado y Ávila, 2014). El diseñador debe incluir en su propuesta de diseño las propiedades ergonómicas que permitan el cumplimiento de los objetivos de la ergonomía:

- Facilidad de uso: determinada por la menor cantidad de elementos indispensables en la interfaz hombre-objeto para realizar la actividad del sistema.
- Facilidad de mantenimiento: características que permiten conservar el componente objetual en óptimas condiciones de funcionamiento durante la vida útil de éste. Se logra mediante la reducción de la cantidad de elementos, su simplificación, la reducción de partes móviles, uso de pocas y sencillas herramientas de limpieza.
- Facilidad de asimilación: cualidad que permite aprender rápidamente el uso, función y significado que el objeto incorpora.
- Habitabilidad: condiciones tanto del objeto como del entorno del sistema que posibilitan la seguridad e higiene de los usuarios. En el objeto esta característica está representada por la ausencia de extremos punzocortantes en la interfaz; la incorporación de elementos de protección al usuario durante su manejo, mantenimiento, transporte y almacenamiento de los componentes.

Es necesario considerar estos principios cuando se pretende llevar a cabo una optimización ergonómica que se entiende como el ajuste multidimensional mediante un pro-

ceso de análisis de las características físicas y funcionales de un objeto y del entorno a las características del ser humano (Prado y Ávila, 2014).

Lineamientos para el diseño de mobiliario

Cornell (2002) menciona que la mayoría de los diseños de mobiliario se enfocan sólo en las necesidades funcionales, como la flexibilidad y movilidad, pero que en el enfoque de diseño centrado en el usuario deberían de considerarse más dimensiones que únicamente la funcionalidad, como son confort, seguridad, salud, usabilidad y atracción psicológica. A continuación, se explican las dimensiones de Cornell antes mencionadas:

- Confort, seguridad y salud: el confort es para minimizar distracciones, esto debido al método “stand and deliver” ya que requiere pasar demasiadas horas en postura sedente y el resultado puede ser fatiga muscular. También deberíamos ser capaces de movernos cuando estamos sentados, por lo tanto, las sillas con respaldo ajustable son preferibles ya que permiten un mayor movimiento y el acomodo de usuarios de diferentes alturas.
- Usabilidad: un producto podrá ser tremendamente funcional y maravillosamente ergonómico, pero si no es usable, si los usuarios no entienden cómo funciona, entonces es un fracaso. Ellos necesitan comprender su operación y sentirse facultados para usarlo.
- Atracción psicológica: el espacio predispone a la gente a cierto tipo de comportamiento. Cuando los usuarios se sienten cómodos con su entorno se acercarán, quedarán y regresarán. También menciona que el entorno predispone a las personas a cierto tipo de comportamiento, por ejemplo, un entorno donde las sillas estén mirando hacia el frente y sean fijas dice que el ambiente está hecho sólo para escuchar y no se permite la interacción, un mobiliario con ruedas da la impresión de ser un entorno reconfigurable, el mobiliario ajustable comunica una preocupación por sus usuarios y su confort.
- Funcionalidad: los muebles deben ayudar al instructor y al estudiante a alcanzar sus objetivos utilizando los métodos y herramientas de su elección. Los muebles deben estar hechos para cubrir las siguientes capacidades:

Fold-n-go (Doblar y listo): los usuarios (instructores y estudiantes) deben poder reconfigurar rápida y fácilmente las salas de conferencias a grupos pequeños y viceversa. El equipo no utilizado debe guardarse fácilmente.

Plug-n-play (Conecta y reproduce): se debe proporcionar acceso a la tecnología tanto a los estudiantes como a los instructores. Las conexiones de alimentación y datos deben ser ubicuas, sin abrazar las paredes para la conectividad. “Conectarse a” puede ser físico o inalámbrico.

Say-n-see (Decir y ver): los instructores y los estudiantes deben poder presentar, modificar y registrar información dentro del aula, ya sea que se utilice presentación electrónica o no electrónica, o las dos, ambas necesitan ser masivamente compatibles.

Relate-n-reflect (Relacionar y reflexionar): la colaboración estudiantil debe ser apoyada desde diadas hasta grupos de quince, así como la concentración en solitario. En algún lugar del entorno, ambos deben estar disponibles.

Inspire-n-invite (Inspira e invita): la motivación juega un papel importante en el aprendizaje. Los entornos que son divertidos, enérgicos y agradables brindarán mejores oportunidades de aprendizaje.

Fold-n-go (Doblar y listo): sólo empujar los muebles no utilizados hacia un lado no funciona, ya que es desordenado y desperdicia espacio. Es mejor si el mueble se pliega, se comprime o está diseñado para almacenarse. Las ruedas generalmente funcionan mejor, pero la construcción ligera puede permitir el apilamiento. El piso debe ser plano, sin materiales sueltos ni plataformas.

Plug-n-play (Conecta y reproduce): los instructores generalmente obtienen toda la tecnología, pero ahora los estudiantes también la necesitan. Los puertos y dúplex se pueden montar en la mesa o proporcionarse en postes independientes. Las cajas de piso son menos convenientes pero viables. Las computadoras portátiles son pequeñas en comparación con las

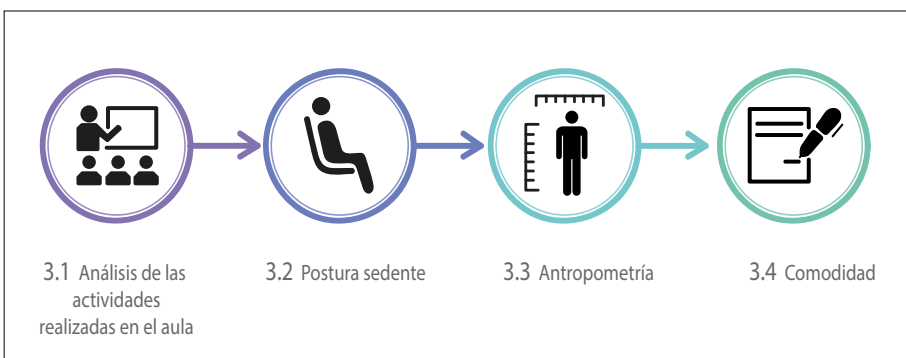


Figura 2. Diagrama de procedimiento para el diseño de mobiliario escolar.

computadoras de escritorio, pero aún requieren más espacio de trabajo que el estudio en papel y lápiz (superficie de treinta pulgadas de ancho por un mínimo de veinticuatro de profundidad).

De acuerdo con Cornell (2002), “cuando el diseño une ergonomía, usabilidad y funcionalidad, el mobiliario ayudará a estudiantes y docentes a alcanzar sus objetivos de aprendizaje”.

CONSIDERACIONES AL DISEÑAR MOBILIARIO ESCOLAR

Para comenzar con la primera etapa de diseño, debemos comprender la interacción que tienen los alumnos con el conjunto de silla-mesa escolar, es decir, se deben conocer las actividades que realizan dentro del aula para saber qué elementos es necesario incorporar. También se deben conocer las características físicas de los usuarios, tales como sus dimensiones corporales (antropometría), la postura sedente y sus implicaciones con el conjunto silla-mesa escolar (biomecánica). Además, en la etapa de prototipo se debe evaluar la comodidad de los usuarios. A continuación, se encuentran los conceptos antes mencionados explicados con más amplitud.

Análisis de las actividades realizadas por los alumnos en el aula

Para llevar a cabo el análisis de las actividades que realizan los alumnos en el aula de clases, se hace uso de la metodología de análisis de puestos de trabajo; en este análisis se observan las tareas que se desempeñan durante las horas de clase y el comportamiento de los usuarios. A continuación, se presentan las clasificaciones de las tareas que hicieron algunos autores:

Soares (1990) agrupa y define las actividades que realizan los alumnos de la siguiente manera:

- Sentarse: pasar de la posición de pie a sentada, flexionando las piernas, apoyando la región de las nalgas sobre la superficie del asiento de la silla.
- Conversar: dirigir la palabra a un interlocutor, mirando en su dirección, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Escribir: utilizar pluma o lápiz en una de las manos para registrar caracteres del abecedario sobre un soporte de papel apoyado en un portapapeles, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Leer: dirigir los ojos a un soporte escrito, apoyando éste sobre un portapapeles, las piernas o las manos, comprendiendo el mensaje transmitido, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Observar: dirigir la mirada atentamente a una persona (profesor o colega) o un soporte (proyecciones, transparencias) que presentan contenidos didácticos de una exposición de clase, permaneciendo callado y manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Pedir la palabra: solicitar a través de la verbalización y/o mediante un gesto con los brazos y las manos, una intervención oral durante una exposición de clase, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Entregar materiales a los colegas: entregar materiales escolares o pertenencias individuales a un colega que se encuentra a un

lado, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.

- Guardar materiales: introducir materiales escolares o pertenencias individuales dentro de un bolso o mochila, manteniendo la región de las nalgas apoyada sobre la superficie del asiento de la silla.
- Levantar: pasar de la posición sentada con las nalgas apoyadas sobre la superficie del asiento de la silla a la posición de pie, en una situación intermedia que busca mantener las piernas y el tronco erectos.

En el libro *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico* (Page y García, 1992) publicado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, se dividen las actividades realizadas en el salón de clases en cuatro:

- Tomar apuntes: esta actividad implica trabajar sobre la mesa dirigiendo la mirada de forma alternativa a la pizarra y al papel. Generalmente se realiza con el tronco inclinado hacia adelante, alternando movimientos con flexión y extensión de cuello.
- Atender las explicaciones: el alumno dirige la mirada hacia el frente para escuchar al profesor sin tomar apuntes. En principio esta actividad podría realizarse con el tronco en posición erguida y apoyada en el respaldo, sin embargo, es frecuente que la postura asociada a esta tarea sea similar a la anterior, con el tronco flexionado.
- Trabajar sobre la mesa: el alumno lee libros y escribe sobre la mesa sin dirigir la mirada al frente.
- Otras: tareas diversas como entrar y salir del mobiliario, hablar con los compañeros, tomar o guardar objetos, comer.

De acuerdo con Page y García (1992), los alumnos pasan entre 40% y 50% del tiempo en el salón de clases en atender explicaciones, 30% escribiendo y el resto en otras actividades sin clasificar. También mencionan que “estas actividades básicas determinan los objetivos a cubrir por el conjunto silla-mesa”. Además, sugieren algunas soluciones para las actividades antes mencionadas: para atender explicaciones señalan que es importante mantener “el tronco erguido y descansado sobre el respaldo, y la cabeza levantada, evitándose la flexión excesiva del

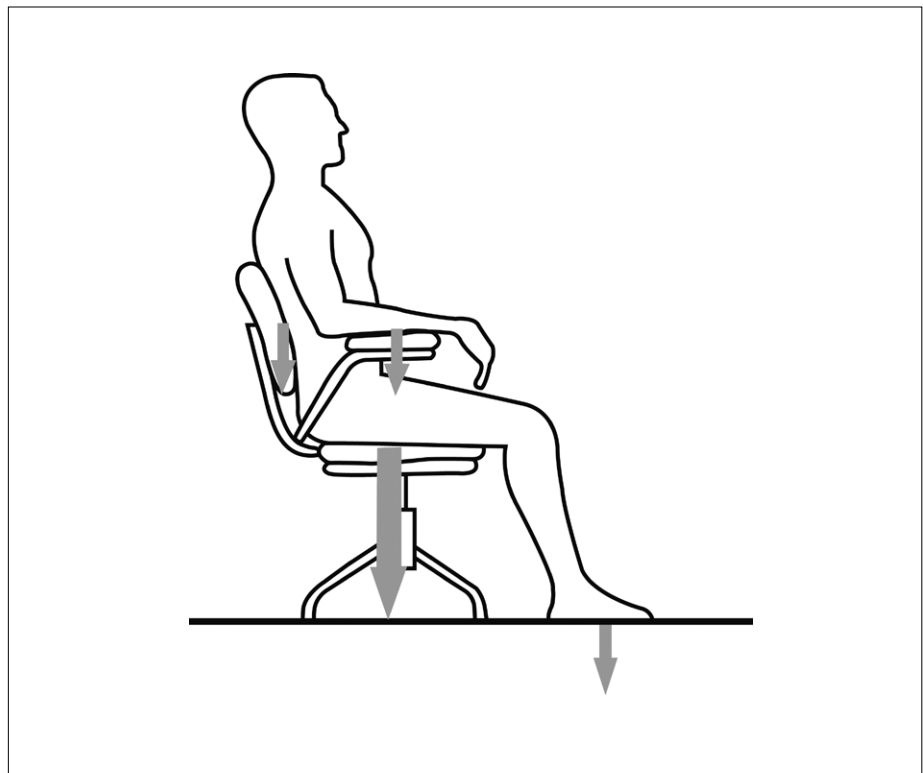


Figura 3. Postura sedente. El peso corporal se transmite al asiento, así como al suelo, el respaldo y al reposabrazos. Fuente: Page y García, 1992.

cuello respecto al tronco”. Para las actividades de escritura y lectura se debe cuidar la “fatiga muscular en hombros y cuello, asociada a una excesiva flexión de la cabeza y a la elevación de hombros producida por un incorrecto dimensionamiento de la altura de la mesa”.

Postura sedente

La postura sedente se ha definido como una posición en la que una proporción considerable del peso corporal se transfiere a una superficie de apoyo (Page y García, 1992) (Figura 3). Una buena postura sentada se caracteriza por un esfuerzo muscular mínimo; la primera ley para una buena sedestación es poder cambiar la postura regularmente; para Nordin y Frankel (2004) la postura se ve influida por la forma de la silla.

Biomecánica de la postura sedente

La biomecánica utiliza las aplicaciones de la mecánica clásica para el análisis de los sistemas biológicos y fisiológicos, por ejemplo, los principios de la estática han sido aplicados para analizar la magnitud y la naturaleza de las fuerzas implicadas en varias articu-

laciones y músculos del sistema musculoesquelético (Nordin y Frankel, 2004).

Para este proyecto es fundamental tomar en cuenta los principios biomecánicos para poder definir las posturas que toman los usuarios en las diferentes actividades que realizan al estar sentados en el mobiliario, y basándonos en eso, poder definir las mejores opciones de soportes para dichas actividades (véase Figura 4).

Postura sedente prolongada

Cuando se está sentado, las estructuras primarias de apoyo del cuerpo son la columna vertebral, la pelvis, las piernas y los pies (Osborne, 2004). Estudios han demostrado que estar expuestos a largas jornadas de sedentarismo en posturas inadecuadas lleva a niños y adolescentes a problemas musculoesqueléticos (Murphy *et al.*, 2004; Castellucci *et al.* 2010; Trevelyan y Legg, 2010; Al-saleh *et al.*, 2013), además de que los alumnos frecuentemente usan un conjunto de silla-mesa escolar que no se ajusta a sus necesidades antropométricas (Parcells *et al.*, 1999; Panagiotopoulou *et al.*, 2004; Gouvali y Boudolos, 2006; Saarni *et al.*, 2009; Saarni

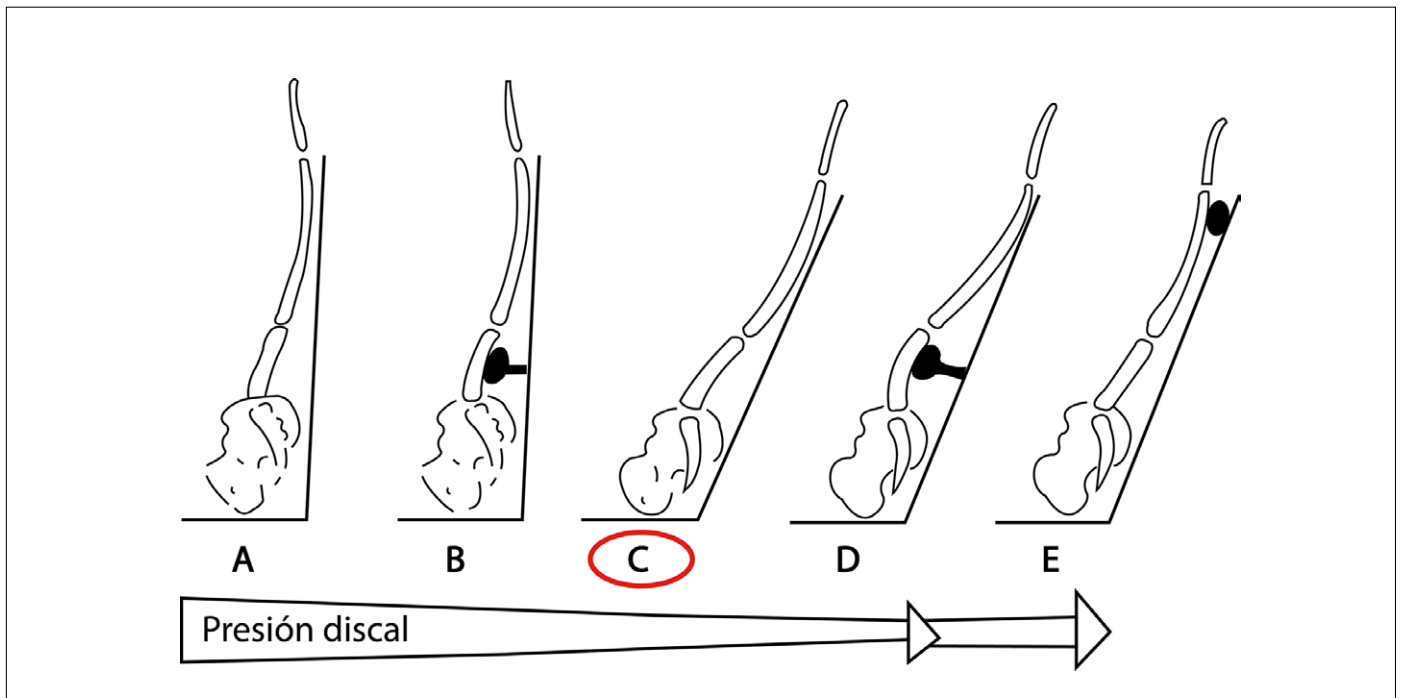


Figura 4. Influencia de la inclinación del respaldo y el apoyo para la espalda sobre las cargas de la columna lumbar, en términos de presión en el tercer disco lumbar, durante la sedestación mantenida. A. la inclinación del respaldo es 90° y la presión discal está al máximo. B. Añadir un apoyo lumbar disminuye la presión discal. C. La inclinación hacia atrás del respaldo es 110° pero sin apoyo lumbar, produce menos presión discal. D. Añadir un apoyo lumbar con ese grado de inclinación del respaldo disminuye la presión. E. el desplazamiento del apoyo a la región torácica empuja el tronco hacia adelante, moviendo la columna lumbar hacia la cifosis e incrementando la presión discal (Nordin, M. y Frankel, V., 2004).

et al., 2009; Agha, 2010; Castellucci *et al.*, 2010), sumado a la mala postura al utilizarlo (Hedge y Lueder, 2008). “La presencia de síntomas musculoesqueléticos en la adolescencia ha demostrado ser un factor de riesgo significativo para tales síntomas en la edad adulta (Harreby *et al.*, 1995; Siivola *et al.*, 2004; Dianat *et al.*, 2013).

Cifosis y lordosis

La columna vertebral se divide en cuatro regiones: cervical, torácica, lumbar y sacrococcígea. Visto de frente el raquis parece recto y visto lateralmente presenta una curvatura compuesta; las regiones cervicales y lumbares muestran una concavidad llamada lordosis, y en las regiones torácica y sacrococcígea la curvatura es de convexidad posterior llamada cifosis (véase Figura 5) (Page y García, 1992). El raquis torácico es el menos móvil, ya que forma parte de la caja torácica junto con las costillas y el esternón. En cambio, el raquis cervical y el lumbar no sólo soportan grandes cargas sino que son extremadamente móviles, siendo el origen de la mayoría de los dolores de espalda por su mayor demanda funcional.

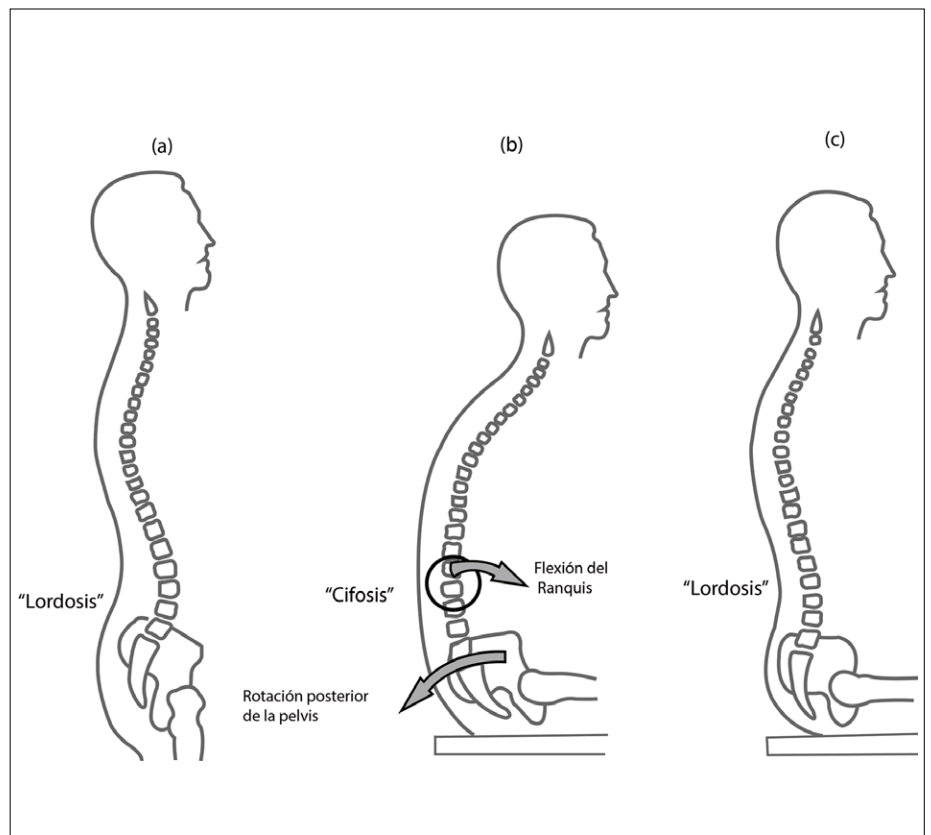


Figura 5. Curvatura del raquis lumbar en distintas posturas (Page y García, 1992).

Implicaciones biomecánicas de los elementos de un asiento

A continuación, se describe cada uno de los elementos del asiento y las consideraciones biomecánicas que se deben tomar en cuenta para su diseño, éstas mismas se pueden encontrar en forma más organizada en el Anexo 1.

De acuerdo con Nordin y Frankel (2004), la postura corporal se ve muy influida por la forma de la silla. Una buena postura sedente se caracteriza por un esfuerzo muscular mínimo, lo que se consigue con un adecuado soporte por parte de los reposabrazos, respaldo, asiento y apoyo podal.

Para el diseño del respaldo se debe considerar que durante la postura sentado el peso del tronco descansa en él, esto reduce la actividad muscular aliviando la presión intradiscal, “en una sedestación prolongada, la prevención de la cifosis lumbar parece ser la función más importante de un respaldo” (Nordin y Frankel, 2004: 442). Para la inclinación del soporte lumbar (Andersson *et al.*, 1974, como se citó en Pheasant, 1996: 103) se propone una almohadilla lumbar que sobresalga 40 mm del respaldo para apoyar la espalda en una posición que se aproxima a la normal; a medida que aumenta el ángulo del respaldo, se soporta una mayor proporción del peso del tronco, por lo que disminuye la fuerza de compresión entre el tronco y la pelvis (y con ella la presión intradiscal). Además, el aumento del ángulo entre el tronco y los muslos mejora la lordosis. Sin embargo, el componente horizontal de la fuerza de compresión aumenta. Esto tenderá a empujar las nalgas hacia adelante fuera del asiento a menos que sea contrarrestado por una inclinación adecuada del asiento o esfuerzo muscular del sujeto (Pheasant, 1996).

Para el ancho del respaldo se debe tomar de referencia el ancho de los codos y se debe permitir el libre movimiento de los brazos. En cuanto a la curvatura, la ICONTEC (2000) sugiere que debe ser de 500 mm y para la pendiente del respaldo propone una inclinación de 100°, mientras que Pheasant (1996) la recomienda de 100°/110°.

De acuerdo con Nordin y Frankel (2004), la altura superior del respaldo no debe ser más alto que el borde inferior de las escápulas, ya que la columna torácica es rígida (costillas) y por lo tanto un respaldo alto empuja las escápulas hacia adelante, esto hace que el soporte lumbar no realice su función

e impide estirar los hombros y girar hacia la derecha o la izquierda. El respaldo de bajo nivel da soporte a la región lumbar, torácica baja y termina por debajo de los omoplatos, permite así la libertad para hombros y brazos. Para soportar la parte inferior de la espalda y dejar libres las zonas de los hombros, se requiere una altura total del respaldo de aproximadamente 400 mm (Pheasant, 1996). Para el borde inferior del respaldo es importante tomar en cuenta que se debe dejar un espacio para las nalgas. “Con un respaldo recto que comienza desde el asiento, no se puede dar un apropiado soporte a la parte superior de la pelvis y a la columna lumbar” (Nordin y Frankel, 2004).

En cuanto al asiento, el peso de las extremidades superiores, cabeza y tronco recae en las tuberosidades isquiáticas. Un asiento totalmente horizontal aumenta la fricción de las tuberosidades isquiáticas, pero ésta puede ser eliminada mediante un ángulo moderado en el asiento (Nordin y Frankel, 2004). Las recomendaciones del ángulo que debería tener el asiento de acuerdo al eje horizontal son muy variadas, la ICONTEC (2000) recomienda que sea de 0° a 3°; Farrer, Minaya, Escalante, y Ruiz (1994) de 2° a 3° y Pheasant (1996) de 5° a 10°.

El ancho del asiento se tiene que basar en el ancho de caderas del percentil 95 de las mujeres y se debe considerar una holgura de 7 cm; dentro de este margen se considera la ropa y el espacio necesario para el movimiento (Farrer *et al.*, 1994). Para la altura del asiento se debe evitar la isquemia de la compresión de los muslos ya que la reducción de la circulación en las extremidades inferiores puede conducir a sentir “alfileres y agujas”, pies hinchados y molestias considerables (Pheasant, 1996). Las piernas del sujeto no deben colgar del asiento y los pies deben apoyarse en el suelo; se recomienda un ángulo de 90° entre los muslos y los perneros/consultar con la autora/(Prado, 2011); por lo tanto, la altura óptima del asiento se considera que es la altura poplíteo (Pheasant, 1996; Molenbroek *et al.*, 2003) y cuando esto no se pueda realizar, es preferible un asiento que sea demasiado bajo a uno que sea demasiado alto (Pheasant, 1996).

Para determinar la profundidad del asiento se debe considerar la longitud nalga-poplíteo (Chaffin y Anderson, 1991; Pheasant, 1996). Si la profundidad del asiento es más grande que la longitud nalga-poplíteo

el usuario no podrá usar el respaldo de manera efectiva porque sentirá una presión inaceptable en la parte posterior de las rodillas y, si el asiento es pequeño, no será capaz de soportar las tuberosidades isquiáticas (Pheasant, 1996).

Para la altura de la mesa es necesario que la postura de los hombros sea relajada (no elevados), los brazos reposando naturalmente al lado del cuerpo con un ángulo brazo-antebrazo de aproximadamente 90° (Prado, 2011). Los hombros no se deben mantener en una postura elevada prolongada para evitar fatiga y dolor de los miembros. En el borde inferior de la mesa se debe considerar el espacio para las piernas y su libre movimiento. Pheasant (1991) menciona que debe permitirle al usuario estirar las piernas y cambiar de posición; 200 mm le dan margen suficiente a un P95.

De acuerdo con Nordin y Frankel (2004), una silla es importante para una buena postura, pero cuando se realizan tareas como la lectura o escritura, la altura e inclinación del pupitre o mesa desempeñan un papel dominante. Los problemas aparecen cuando cada una de estas posturas son mantenidas durante largos periodos de tiempo (véase Figura 6). Nordin y Frankel (2004) recomiendan una inclinación de 12 grados y Page y García (1992), menor de 15 grados.

Antropometría

El término Antropometría se deriva de *anthropos*, que significa humano, y *metrikos*, que significa estar relacionado con una medición. Es la rama de las ciencias humanas que se trata de la medición del cuerpo humano (Pheasant, 1996). “La antropometría es la ciencia de la medición y el arte de la aplicación que establece la geometría física, las propiedades de la masa y las capacidades de esfuerzo del cuerpo humano” (Roebuck, citado en Prado *et al.*, 2005).

En el presente, la antropometría cumple una función importante en el diseño industrial, en la industria de diseños de indumentaria, en la ergonomía, la biomecánica y en la arquitectura. Se emplean datos estadísticos sobre la distribución de medidas corporales de la población para optimizar los productos. La ausencia de datos confiables de las dimensiones corporales de la población y la poca importancia que se da a los principios de la ergonomía son las razones principales de por qué los productos no son

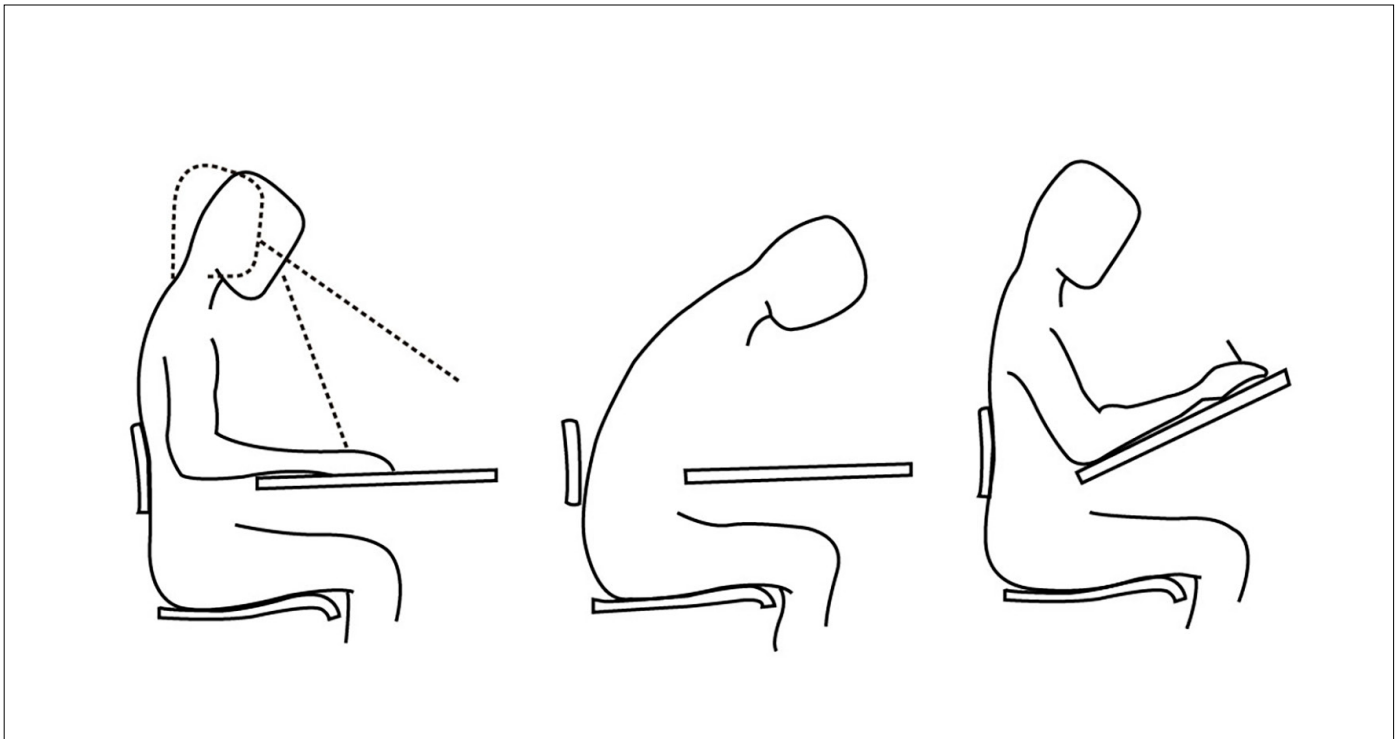


Figura 6. “A. La lectura mientras se está sentado erguido, demanda, debido a los ojos, una flexión de la columna cervical. Además, la distancia a la lectura es muy grande. B. Por lo tanto, la espalda está flexionada. C. Una altura apropiada y una pequeña inclinación del pupitre (hasta los 12 grados) aproxima el papel a los ojos y no lo contrario” (Nordin y Frankel, 2004).

adaptados correctamente a las dimensiones antropométricas de los usuarios reales (Prado *et al.*, 2005).

Dimensiones antropométricas relevantes en el diseño de mobiliario escolar

La postura sedente depende principalmente de tres cosas: la actividad, las relaciones dimensionales entre la antropometría del usuario y las dimensiones de los objetos involucrados en la actividad (Corlett y Bishop, 1976). Como se muestra en la Tabla 1, cada una de las medidas de los elementos del conjunto de silla-mesa escolar depende de una dimensión antropométrica específica. Para el diseño de mobiliario escolar, es importante considerar las siguientes dimensiones corporales: altura poplíteo, ancho de caderas sentado, longitud nalga-poplíteo, altura al omoplato, diámetro máximo bideltoideo, altura al codo sentado, altura máxima al muslo, alcance de brazo frontal, ancho de codos, profundidad máxima del cuerpo (Pheasant, 1996; Panagiotopoulou *et al.*, 2004; Al-saleh *et al.*, 2013; Molenbroek *et al.*, 2003). Cada una de estas dimensiones se relaciona con un elemento específico del mobiliario escolar (véase Figura 7).

Tabla 1. Relación de los elementos del mobiliario con las medidas corporales de los alumnos.			
		Elemento	Dimensiones antropométricas
Silla	Asiento	Altura de asiento	Altura poplíteo (AP)
		Ancho de asiento	Ancho cadera sentado (AC)
		Largo de asiento	Longitud nalga poplíteo (LNP)
	Respaldo	Altura Max. Respaldo	Altura al hombro sentado (AHS)
		Ancho respaldo	Diámetro máx. Bideltoideo (DMB)
Mesa	Soporte	Borde inferior de respaldo/altura de mesa	Altura al codo sentado (ACS)
	Superficie	Altura vertical del asiento a la mesa	Altura máxima al muslo (AMU)
		Ancho de mesa	Ancho de codos (AC)
		Holgura del respaldo al borde de la mesa	Profundidad máx. de cuerpo (PMC)

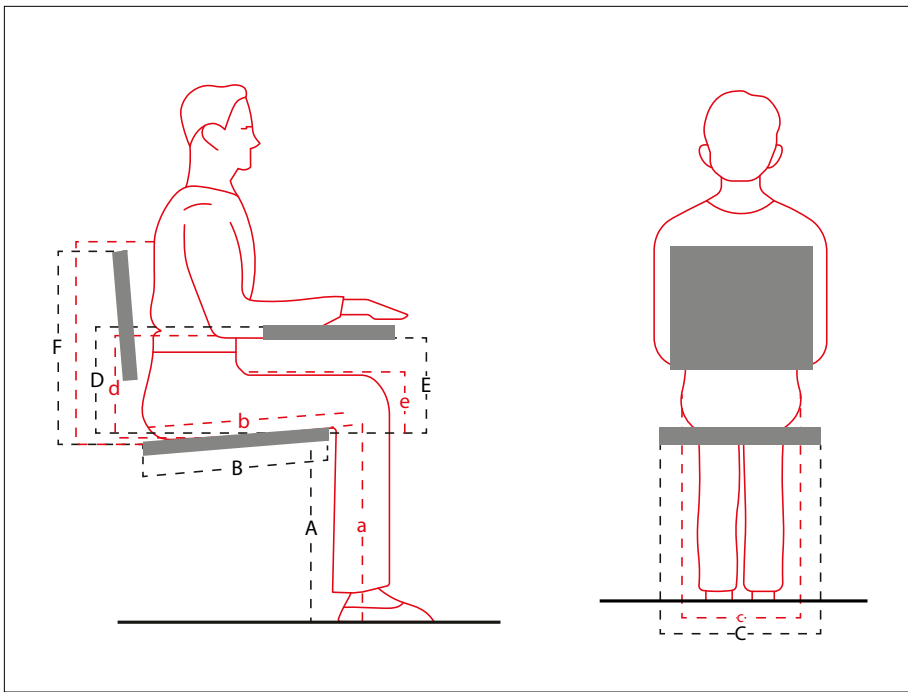


Figura 7. Relación de los elementos del mobiliario escolar con las medidas corporales de los alumnos.
A. Altura del asiento/a. Altura poplíteica; B. Profundidad del asiento/b. Longitud nalga-poplíteica; C. Ancho del asiento/c. Ancho de la cadera; D. Altura del codo sentado/d. Altura de la mesa; E. Altura del muslo/e. Holgura de la mesa; F. Altura del hombro/f. Borde superior del asiento.

Selección de percentiles

La obtención de datos antropométricos es fundamental en ergonomía para definir las dimensiones físicas de espacios de trabajo, herramientas, equipos, mobiliario y prendas de vestir entre otras aplicaciones. Es importante para evitar el desajuste físico entre las dimensiones del producto y el usuario al que va destinado, y así tener la seguridad de que se brinde comodidad, seguridad y utilidad en su uso; estas cualidades están relacionadas en gran medida con la población de usuarios y sus características (Prado, 2011).

Adecuar antropométricamente un objeto o espacio a una población significa que lo puedan utilizar de una manera aceptable, cómoda y segura, tanto los sujetos ubicados en el valor máximo como los del valor mínimo de la llamada Campana de Gauss (véase Figura 8). Con esto se pretende que el producto pueda ser usado por lo menos por 90% de la población. En antropometría, la variabilidad se expresa en términos de percentiles; el percentil 5 representa el valor mínimo y el percentil 95 el máximo (Prado, 2011). Basar cualquier tipo de ajuste en estos percentiles ha sido práctica común durante muchos años.

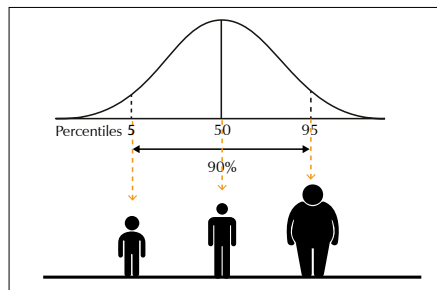


Figura 8. Campana de Gauss. Representación gráfica de la distribución normal de los datos de una población. Éstos se reparten en valores bajos (5%ile), medios (50%ile), y altos (95%ile), creando un gráfico de forma acampanada y simétrica con respecto a un determinado parámetro.

Como se vio en el apartado anterior, cada elemento del conjunto de silla-mesa escolar responde a una dimensión antropométrica específica; para calcular la medida adecuada para cada elemento del conjunto silla-mesa se necesitan tomar de guía los percentiles antropométricos de la población para la que se pretende diseñar, en la Tabla 2 se presentan los percentiles que se sugieren para realizar el cálculo de las medidas para cada elemento del conjunto silla-mesa.

Comodidad

De acuerdo con Vergara (1998), la comodidad es una sensación personal que experimenta el usuario mientras utiliza un asiento y comprende factores como la tarea que se desarrolla. “Es un estado ‘bienestar’ caracterizado por ‘armonía fisiológica, psicológica y física entre un ser humano y su entorno’” (Grainger et al., 2017: 449).

Para Helander y Zhang (1997), incomodidad y comodidad son diferentes entidades. Indican que la incomodidad es asociada con factores biomecánicos contracciones musculares, (ángulos de unión, distribución de presión) que producen sensaciones de dolor, entumecimiento y rigidez. Las sensaciones de incomodidad aumentan con el tiempo de la tarea y la fatiga; se pueden reducir eliminando las limitaciones físicas, pero esto no necesariamente produce comodidad.

La comodidad está relacionada con sentimientos de relajación y bienestar; la sensación de confort puede ser amplificada por un diseño estético de la silla u oficina. La ausencia de estos sentimientos no conducirá a la incomodidad porque para ello son necesarias condiciones biomecánicas adversas.

Métodos para evaluación de comodidad

Para el diseño de muebles y otros productos muy a menudo se usan métodos basados en tests subjetivos que se puedan utilizar para crear criterios ergonómicos (Cushman y Rosenberg, 1991). En ellos el usuario juzga el producto y da opiniones sobre él y sobre las sensaciones que él percibe en su uso (Vergara, 1998).

De acuerdo con Corlett y Bishop (1976), el principal factor que se ha de valorar en la evaluación de asientos es la comodidad. Se han utilizado varios métodos e instrumentos para poder medirla, uno de los más utilizados en la literatura es el Test de Comodidad General (Shackel et al., 1969; Drury y Coury, 1982); el objetivo de éste es obtener de los sujetos, a través de intervalos apropiados y mediante una sesión de prueba, una valoración de su sensación actual en una escala de comodidad-incomodidad. Para lograrlo se mide el nivel de comodidad mediante una escala de once grados que va desde la situación de máxima comodidad a dolor insoportable. El test es completado por los usuarios mientras utilizan la silla, cada cierto intervalo de tiempo que puede ir desde una a tres horas. “De esta forma se cuantifica la evolu-

Tabla 2.
Percentiles por elemento de mobiliario.

		Elemento de conjunto silla-mesa	Dimensión antropométrica	%ile	Género
Silla	Asiento	Altura de asiento	Altura poplítea (AP)	5	F
		Ancho de asiento	Anchura cadera sentado (ACS)	95	F
		Largo de asiento	Longitud nalga poplítea (LNP)	5	F
	Respaldo	Altura Max. Respaldo	Altura de hombro	5	F
Mesa	Soporte	Borde inferior de respaldo / altura de mesa	Altura del codo sentado (ACS)	5	M
	Superficie	Holgura silla / mesa vertical	Altura máxima del muslo (AMM)	95	M
		Ancho de mesa	Ancho de codos (AC)	95	M
		Holgura silla / mesa horizontal	Profundidad máxima de cuerpo (PMC)	95	F

ción del nivel de confort global que ofrece el mueble; se espera que la comodidad global disminuya con el tiempo, siempre dentro de unos niveles aceptables” (Vergara, 1998: 11).

Otro de los métodos es la Clasificación de Comodidad por Área del Cuerpo (Corlett y Bishop, 1976). En éste se pregunta al usuario por el nivel de dolor en diferentes partes del cuerpo mientras utiliza el conjunto de silla-mesa escolar, se realiza en intervalos de una a tres horas. Las respuestas son hechas dependiendo del nivel de molestia, con éste se obtiene la evolución del dolor en cada zona del cuerpo. Así, cualquier cambio que se produzca en las sensaciones de incomodidad o molestias (Drury y Coury, 1982), se deberá exclusivamente a los efectos de utilizar ese asiento. Las molestias deben ser relacionadas con las características de la tarea y del mueble, para obtener así criterios de diseño (Vergara, 1998). Al igual que el anterior, este cuestionario es ampliamente utilizado para la evaluación de sillas (Drury y Francher, Rogan y Porter, Thomas *et al.*, Michel y Helander, Graf *et al.*, Linton *et al.*, citados en Vergara, 1998).

El Test de Comodidad General (Shackel *et al.*, 1969) y la Clasificación de Comodidad por Área del Cuerpo (Corlett y Bishop, 1976) son utilizados en conjunto para poder observar la evolución temporal de la incomodidad y ver específicamente en que área del cuerpo se localiza.

La lista de chequeo de las características de la silla (Shackel *et al.*, 1969) fue creada con el objetivo de que las personas que

tenían mucha experiencia en el uso de sillas comentaran aquellas características que producían comodidad o incomodidad, y no se hiciera indirectamente como en la Clasificación de Comodidad por Área del Cuerpo (Shackel *et al.*, 1969). Shakel y Drury utilizaron esta *checklist* al final de cada sesión y después de haberse aplicado los dos tests antes mencionados.

Existen otros métodos que incluyen la evaluación por parte del usuario de la parte estética del mobiliario. Uno de ellos es el cuestionario que se aplicó a los alumnos en el trabajo de Troussier *et al.* (1999), este cuestionario se enfoca en preguntas sobre percepción subjetiva del mobiliario. También fue usado en trabajos como el de Panagioto-poulou *et al.* (2004).

Helander y Zhang (1997) desarrollaron una herramienta que mide comodidad e incomodidad, la lista de chequeo para evaluación de sillas. En su trabajo mencionan que la comodidad no es un concepto muy bien definido, muchos investigadores y practicantes asumen que la comodidad y la incomodidad son dos opuestos en una escala continua, que van desde la comodidad extrema a través de un estado neutral hasta una incomodidad extrema.

En estudios previos de estos autores se identificaron varias propiedades para definir comodidad e incomodidad. Algunos de los sentimientos con los que se definió la incomodidad fueron dolor, cansancio, inflamación y entumecimiento. Por otro lado, la evaluación de comodidad se basa en senti-

mientos de bienestar y en la impresión estética de la silla. Dado que la incomodidad y la comodidad se basan en factores independientes, la reducción de la incomodidad no necesariamente provoca sentimientos de comodidad (véase Anexos 2 y 3).

Por las características de los usuarios, se considera que la mejor opción para que los alumnos logren evaluar su conjunto de silla y mesa es la lista de chequeo para evaluación de silla de Helander y Zhang (1997). Con esta herramienta se pueden medir tanto comodidad como incomodidad con un solo test, esto es ideal para no abrumar a los participantes. Además de que es la única herramienta en que no se toma comodidad e incomodidad como una escala continua, lo que lleva a obtener resultados más concisos que ayuden en la toma de decisiones a la hora de hacer cambios en los diseños.

CONCLUSIONES

Este trabajo pretende explicar los elementos indispensables para llevar a cabo el diseño del conjunto escolar de silla-mesa y que intentan dar como resultado un producto que facilite la interacción entre los alumnos, su mobiliario y el contexto. Con esto se intenta prevenir problemas musculoesqueléticos al evitar el desajuste entre las dimensiones de los estudiantes y el conjunto de silla-mesa escolar que utilizan.

También tiene el propósito de ayudar a los diseñadores al proporcionar la información relacionada con los elementos de diseño del conjunto silla-mesa. De acuerdo con

González y Morer (2016), aunque existe una amplia gama de herramientas que abordan la primera y tercera fases del proceso de diseño (descubrir, desarrollar) ilustrado en el modelo de diamante (véase Figura 1), no existen herramientas diseñadas para abordar las necesidades de la segunda fase (definir), y como consecuencia, los diseñadores se quedan con poco más que intuición para superar esa brecha, lo que puede resultar de proyectar hasta corregir en un proceso iterativo en el que es fácil perderse. Además, al contar con esta información se pueden prevenir omisiones de datos importantes para el desarrollo del conjunto silla-mesa. Por otra parte, se recomienda que cuando sea posible, se les debe dar la oportunidad a los diseñadores de experimentar el contexto de diseño en persona. Dong *et al.* (2013) explican que esto les dará mayor información sobre el medio en el que se desempeñará el producto y sus decisiones se basarán en situaciones más realistas.

Cabe aclarar que en este trabajo no se proponen soluciones específicas, sino que se proporciona la dirección básica para que el diseñador que lo utiliza interprete los datos. Más particularmente, las pautas están destinadas a brindar asistencia durante la fase inicial de diseño, antes del dimensionamiento.

Con el objetivo de lograr una relación antropométrica adecuada y ayudar a lograr una postura cómoda, reducir los problemas musculoesqueléticos, visuales y de circulación (García-Acosta & Lange-Morales, 2007), se debe tomar especial atención en el mobiliario que va dirigido a niños y adolescentes; éste se tiene que asignar tomando en cuenta la antropometría de los usuarios, ya que en un mismo conjunto de personas podría haber una variabilidad considerable entre sus integrantes, aunque pertenezcan a un mismo grupo de edad; por lo que una sola talla de mobiliario no será suficiente para cubrir las necesidades de los usuarios. Esto se debe a que los cambios de edad no ocurren en el mismo grado o en la misma cantidad en cada persona y, por lo tanto, probablemente se requerirá más de un tamaño del conjunto de silla-mesa escolar para cubrir los diferentes rangos de dimensiones con tamaños estándar de muebles.

Es importante resaltar que la medición de comodidad e incomodidad de los usuarios es indispensable para el desarrollo del

diseño. Al momento de aplicar un test de comodidad e incomodidad, sobre todo a niños y adolescentes, se debe poner especial atención en explicar con claridad los términos del test y responder las dudas de los usuarios, ya que se ha demostrado en algunos estudios que a las personas de temprana edad les cuesta reconocer la incomodidad percibida. Un ejemplo de esto es el trabajo de Panagiotopoulou *et al.* (2004), en cuya investigación observaron que la percepción subjetiva de los niños sobre el mobiliario escolar no concordó con los resultados de las mediciones. La mayoría de los estudiantes calificaron al mobiliario como cómodo, pero en contraste con esta opinión, la evaluación del desajuste entre las medidas de las estudiantes y el mobiliario escolar mostró que era muy grande para todos los alumnos. El autor señala que este contraste entre los hallazgos del cuestionario y los hallazgos de las mediciones, puede deberse a la falta de experiencia de los niños en muebles ergonómicos y que también es posible que los niños no puedan relacionar la incomodidad que sienten con su postura sentada en la escuela.

Como se ha podido observar, son varios los elementos que se deben tomar en cuenta para el diseño del conjunto de silla-mesa escolar. En todo momento se debe tomar al usuario como el centro de nuestro diseño, tanto sus características físicas, como la comodidad e incomodidad que pueda percibir, las tareas que pretende realizar y el contexto en el que se desarrollará. Es mucha la información que se tiene que considerar si se quiere realizar un buen diseño de mobiliario escolar, en el caso de este trabajo en específico del conjunto de silla-mesa escolar, por lo que el marco teórico propuesto en este documento proporciona una base que ayuda al diseñador a encontrar un punto de partida para el siguiente paso en el proceso de diseño, a crear un modelo mental del usuario que coincida más con la realidad y concebir una solución más coherente con el entorno.

FUENTES CONSULTADAS

Agha, S. R. (2010). "School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip". *Ergonomics*, 53 (3): 344-354. En <https://doi.org/10.1080/00140130903398366>.

Al-saleh, K. S., M. Z. Ramadan y R. A. Al-ashaikh (2013). "Ergonomically adjustable school furniture for male students". *Educational Research and Reviews*, 8 (13): 943-955. En <https://doi.org/10.5897/ERR11.141>.

Castellucci, H. I., P. M. Arezes y C. A. Viviani (2010). "Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools". *Applied Ergonomics*, 41 (4): 563-568. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.001>

Chaffin, D. y G. Anderson (1991). *Occupational Biomechanics* (2da. ed.). Nueva Jersey: John Wiley.

Corlett, E. N. y R. P. Bishop (1976). "A technique for assessing postural discomfort". *Ergonomics*, 19 (2): 175-182. En <https://doi.org/10.1080/00140137608931530>.

Cornell, P. (2002). "The impact of changes in teaching and learning on furniture and the learning environment". *New Directions for Teaching and Learning*, 2002 (92): 33-42. En <https://doi.org/10.1002/tl.77>.

Cushman, W. y D. Rosenberg, (1991). "Human factors and the design process". *Human factors in product design*, 1-15. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. B. V.

Dianat, I., M. A. Karimi, A. Asl Hashemi y S. Bahrapour (2013). "Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data". *Applied Ergonomics*, 44 (1): 101-108. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.05.004>.

Dong, Hua *et al.* (2015). "Designing for designers: Insights into the knowledge users of inclusive design". *Applied Ergonomics*, 46 (PB): 284-291. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.003>.

Drury, C. G. y B. G. Coury (1982). "A methodology for chair evaluation". *Applied Ergonomics*, 13 (3): 195-202. En [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(82\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0003-6870(82)90006-0).

Esquivias González, María Teresa, Arturo González Cantú e Irene Muriá Vila (2017). "Solución de Problemas: Estudio evaluativo de tres enfoques pedagógicos en las escue-

- las mexicanas". *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 1 (2). En <https://doi.org/10.25115/ejrep.2.111>.
- Farrer Velázquez, Francisco et al. (1994). *Manual de Ergonomía*. Madrid: Fundación Mapfre.
- García-Acosta, G. y K. Lange-Morales (2007). *Definition of sizes for the design of school furniture for Bogotá schools based on anthropometric criteria*. *Ergonomics*, 50 (10), 1626-1642. <https://doi.org/10.1080/00140130701587541>.
- González, I. y P. Morer (2016). "Ergonomics for the inclusion of older workers in the knowledge workforce and a guidance tool for designers". *Applied Ergonomics*, 53: 131-142. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.002>.
- Gouvali, M. K. y K. Boudolos (2006). "Match between school furniture dimensions and children's anthropometry". *Applied Ergonomics*, 37 (6): 765-773. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.11.009>.
- Grainger, K., Z. Dodson y T. Korff (2017). "Predicting bicycle setup for children based on anthropometrics and comfort". *Applied Ergonomics*, 59: 449-459. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.09.015>.
- Hedge, A. y R. Lueder (2008). "School furniture for children". En R. L. y V. J. B. Rice (ed.), 721-751. Boca Raton: Taylor and Francis.
- Helander, Martin. G. y L. Zhang (1997a). "Field studies of comfort and discomfort in sitting". *Ergonomics*, 40 (9): 895-915. En <https://doi.org/10.1080/001401397187739>.
- ICONTEC (2000). Norma Técnica colombiana para muebles escolares, NTC 4641. En <https://vdocuments.mx/norma-tecnica-colombiana-ntc-4641.html>.
- Karwowski, Waldemar, M. Soares y N. Stanton (2011). *Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design*. Boca raton, Florida: Taylor & Francis Group.
- Molenbroek, Johan F. M., Y. M. T. Kroon-Ramaekers y C. J. Snijders (2003). "Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture". *Ergonomics*, 46 (7): 681-694. En <https://doi.org/10.1080/0014013031000085635>.
- Murphy, S., P. Buckle y D. Stubbs (2004). "Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren". *Applied Ergonomics*, 35 (2): 113-120. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.01.001>.
- Nordin, Margareta y Victor H. Frankel (2004). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético*. En <https://fboebrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Biomecanica-Basica-del-Sistema-Muscoesqueletico-Nordin-ilovepdf-compressed.pdf>.
- Osborne, D. J. (2004). *Postura de pie sentado. Ergonomía en acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre*. México: Trillas.
- Osborne, D. J. (1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*. Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- García, C. y A. Page del Pozo (1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Panagiotopoulou, C. et al. (2004). "Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school". *Applied Ergonomics*, 35 (2): 121-128. En <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2003.11.002>.
- Parcells, Claudia, M. Stommely R. P. Hubbard, (1999). "Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications". *Journal of Adolescent Health*, 24 (4): 265-273. En [https://doi.org/10.1016/S1054-139X\(98\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S1054-139X(98)00113-X).
- Pheasant, Stephen (1991). *Ergonomics, Work And Health*. Nueva York: Palgrave Macmillan. En <https://Doi.Org/0.1007/978-1-349-21671-0>.
- Pheasant, Stephen (1996). *Body space. Anthropometry, ergonomics and the design of work*. Londres: Taylor & Francis Group.
- Prado, L. L. R. (2011). "Anthropometric Fitting of Office Furniture for Mexican Users. En W. Karwowski, M. Soares y N. Stanton (eds.), *Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Uses and Applications*, 429-444. Londres: Taylor & Francis.
- Prado, L. L. R. y C. R. Ávila (2014). *Ergonomía en el diseño de interiores*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Prado, L. L. R., R. Ávila, E. Herrera y I. Ávila, (2005). *Factores ergonómicos en el diseño*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Quintana, E., A. Martín, J. Orejuela, J. Romero, L. Sánchez y R. Díez (2004). "Estudio del mobiliario escolar en una población infantil". *Fisioterapia*, 26 (1): 3-12. En [https://doi.org/10.1016/s0211-5638\(04\)73077-1](https://doi.org/10.1016/s0211-5638(04)73077-1).
- Saarni, L. et al. (2009). "Comparing the effects of two school workstations on spine positions and mobility, and opinions on the workstations-A 2-year controlled intervention". *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (6): 981-987. En <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.08.006>.
- Shackel, B., K. D. Chidsey y P. Shipley (1969). "The Assessment of Chair Comfort". *Ergonomics*, 12 (2): 269-306. En <https://doi.org/10.1080/00140136908931053>.
- Soares, M. (1990). *Custos humanos na postura sentada e parâmetros para avaliação e projeto de assentos: "carteira universitária", um estudo de caso*. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Rio de Janeiro.
- Trevelyan, Fiona C. y Stephen J. Legg (2010). "The prevalence and characteristics of back pain among school children in New Zealand". *Ergonomics*, 53 (12): 1455-1460. En <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.528455>.
- Troussier, B. et al. (1999). "Comparative study of two different kinds of school furniture among children". *Ergonomics*, 42 (3): 516-526. En <https://doi.org/10.1080/001401399185612>.
- Vergara Monedero, Margarita (1998). *Evaluación ergonómica de sillas. Criterios de evaluación basados en el análisis de la postura. Technology and Health Care*. Tesis. Valencia: Universitat Jaume I, U. P. Tecnología.

**Anexo 1.
Implicaciones biomecánicas de los elementos de un asiento.**

Ítem de mobiliario	Justificación biométrica	Referencia	Criterio de dimensión
Altura efectiva del respaldo	Durante la sedestación con apoyos, el peso del tronco se apoya en el respaldo, lo que reduce la actividad muscular, aliviando la presión Interdiscal (Andersson et al., 1999). La inclinación hacia atrás del respaldo y el uso del soporte lumbar reduce todavía más las cargas.	Pheasant, S. (1996). <i>Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the Desing of work</i> . Londres: Taylor & Francis.	Altura lumbar + altura subescapular = altura efectiva del respaldo
	Este apoyo no debería de estar más alto que el borde inferior de las escapulas. La columna torácica es bastante rígida (costillas) y un respaldo alto empuja las escapulas hacia adelante, lo que anula la acción del soporte lumbar e impide estirar los hombros y girar hacia la derecha o la izquierda.	Nordin, M. & Frankel, V. (2004). <i>Biomecánica básica del sistema musculoesquelético</i> . GEA consultoría editorial, S. L.L (Eds.), <i>Biomecánica de la columna lumbar</i> (pp. 266-292 España: Fareso, S. A.	No más alto que el borde lumbar de las escápulas
Inclinación para soporte lumbar	Cualquiera que sea su altura, generalmente será preferible y a veces es esencial que el respaldo se contorne a la forma de la columna vertebral, y e particular para dar un "soporte positivo" a la región lumbar en forma de una convexidad o almohadilla.		Anderson et al. (1974) encontraron que una almohadilla lumbar que sobresale 40 mm del plano principal del respaldo en su punto máximo, apoyará al respaldo en una posición que se aproxima a la de la posición normal (Pheasant, 1996)
Anchura del respaldo	Se debe permitir el libre movimiento de los brazos	_____	Distancia entre codos.
Radio de la curvatura del respaldo	_____	_____	500 mm (ICONTEC 2000), 300 mm mínimo (Farrer et al. 1994).
Altura inferior del respaldo, borde inferior	Para utilizar el soporte lumbar en su totalidad, también es necesario proporcionar holgura para los glúteos, por lo que en algunos tipos de silla (incluyendo sillas de trabajo) puede ser apropiado dejar un espacio entre la superficie del asiento y el borde inferior del respaldo.		Altura del codo
Punto superior del respaldo	Soporta las regiones de espalda y hombros. Para apoyo a nivel torácico medio se requiere una altura total de respaldo de aproximadamente 500 mm y para un soporte total de hombro de 650 mm (95% Valores masculinos redondeados).		Altura subescapular
Pendiente del respaldo (hacia atrás)	A medida que aumenta el ángulo del respaldo, se soporta una mayor proporción del peso del tronco, por lo que disminuye la fuerza de compresión entre el tronco y la pelvis (y con ella la presión intradiscal). Además, el aumento del ángulo entre el tronco y los muslos mejora la lordosis, sin embargo, el componente horizontal de la fuerza de compresión aumenta. Esto tenderá a empujar las nalgas hacia adelante fuera del asiento a menos que sea contrarrestado por (a) una inclinación adecuada del asiento; (b) tapicería de alta fricción; o (c) esfuerzo muscular del sujeto. aumentar el rastrillo también conduce a una mayor dificultad de la acción <i>standup / sit-down</i> .	Pheasant, S. (1996). <i>Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the Desing of work</i> . Londres: Taylor & Francis.	100° eje horizontal (ICONTEC, 2000) (Mondelo et al. (2000)
			100° - 110° (Pheasant, 1996)
			95° a 106° (International Organización for Standardization, 1979)
			100° a 104° (Sanders y McCormick, 1993)
			100° a 105° (Farrer et al., 1994)
Ancho de asiento	Se requiere una holgura de 25 mm más a cada lado de la anchura máxima de la cadera. Se considera la ropa y el margen necesario para el movimiento.	Farrer. F, Minaya, G. Escalante, J.N. and Ruiz, M. (1994). <i>Manual de Ergonomía</i> (Madrid Fundación Mapfre).	Ancho de cadera + 7cm

**Anexo I.
Implicaciones biomecánicas de los elementos de un asiento... (continuación)**

Ítem de mobiliario	Justificación biométrica	Referencia	Criterio de dimensión
Altura del asiento	Para evitar la isquemia de la compresión del muslo, las piernas del sujeto no deben de estar colgando del asiento, y los pies deben ser apoyados en el piso; por lo tanto, se recomienda un ángulo aproximado del 90° entre los muslos y los terneros.	Prado-León. L. R. (2011). <i>Anthropometric Fitting of Office Furniture for Mexican Users</i> . W. Karwowski, M. Soares & N. Stanton (Eds). <i>Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Uses and Applications</i> (pp. 429-444). Boca Raton, FL CRC Press, Taylor & Francis Group.	Altura poplítea (Molenbroek et al 2003, Phesant, 1996)
	La reducción resultante de la circulación a las extremidades inferiores puede conducir a "agujas y agujas", pies hinchados y molestias considerables. A medida que la altura disminuye, el usuario (a) tiende a flexionar la columna más (debido a la necesidad de lograr un ángulo agudo entre el muslo y el tronco); (b) experimentan mayores problemas para levantarse y sentarse, debido a la distancia a través de la cual su centro de gravedad debe moverse; y (c) requieren mayor espacio para las piernas. En general, por lo tanto, la altura óptima del asiento para muchos propósitos está próxima a la altura poplítea y cuando esto no se puede conseguir un asiento que es demasiado bajo es preferible a uno que es demasiado alto.	Phesant, S. (1996). <i>Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the Design of work</i> . Londres: Taylor & Francis.	
Profundidad del asiento	Si la profundidad del asiento es más grande que la longitud nalga-poplíteo, el usuario no podrá enganchar el respaldo de manera efectiva si presión inaceptable en la parte posterior de las rodillas.	Phesant, S. (1996). <i>Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the Design of work</i> . Londres: Taylor & Francis.	Longitud nalga-poplítea (Chaffin and Anderson 1991, Phesant, 1996)
Inclinación del asiento (hacia atrás)	Un ángulo de asiento positivo ayuda al usuario a mantener un buen contacto con el respaldo que ayuda a encontrarse cualquier tendencia a deslizar fuera del asiento. La inclinación excesiva reduce un ángulo de cada de la cadera/ bronco y la facilidad de levantarse y sentarse.	Phesant, S. (1996). <i>Body Space. Anthropometry, Ergonomics and the Design of work</i> . Londres: Taylor & Francis.	2° a 3° (Farrer et al 1994)
			0° a 3° (ICONTEC, 2000)
			5° - 10° (Phesant, (1996)
			0° a 4° (International Organisation for Standardisation 1979)

Anexo I.
Implicaciones biomecánicas de los elementos de un asiento... (continuación)

Ítem de mobiliario	Justificación biométrica	Referencia	Criterio de dimensión
Altura de la mesa	Los hombros deben estar relajados no (levantados), con los brazos colgando naturalmente a los lados del cuerpo, descansando sobre el reposabrazos con un ángulo brazo-antebrazo de aproximadamente 90°.	Prado-León, L. R. (2011). <i>Anthropometric Fitting of Office Furniture for Mexican Users</i> . W. Karwowski, M. Soares & N. Stanton (Eds). <i>Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Uses and Applications</i> (pp. 429-444). Boca Raton, FL CRC Press, Taylor & Francis Group.	Mínimo: altura de codo Máximo: flexión máxima del hombro 25° y abducción máxima del hombro 20° (Chaffin and Anderson, 1991)
Altura mínima de la mesa. Mínimo holgura del muslo			altura del muslo con la rodilla flexionada a 90° + 2 cm (Mandal, 1981)
Ancho mínimo de la mesa de trabajo			Anchura del hombro, distancia máxima entre los codos, pueden aplicarse áreas en común (Ferrer et al. 1994)
Mesa Inclinación del plano de la mesa	Leer con el tronco erguido requiere una segunda flexión de la columna cervical, que no puede ser mantenida durante mucho tiempo. Además, en esta posición la distancia de la lectura es mayor de 25 o 35 cm. en consecuencia, los niños y adultos siempre se inclinan hacia adelante con la columna curvada en la mesa.	Nordin, M. & Frankel, V. (2004). <i>Biomecánica básica del sistema musculoesquelético</i> . GEA Consultoría Editorial, S. L.L (Eds.), <i>Abordaje de la ingeniería de la postura en bioedestación, sedestación y descubrito</i> (pp. 434-451). España, Fareso, S. A.	12° porque en un ángulo mayor el papel podría resbalar (Snijders et al, 1990) y un ángulo mayor es inapropiado para el apoyo de los miembros superiores
	Flexión excesiva del tronco al leer o escribir.	Instituto de biomecánica de Valencia. (1992). <i>Mobiliario escolar. Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico</i> (pp. 126-131). Instituto de Biomecánica de Valencia: Valencia.	Menor a 15° (IBV, 1992)

DISCOMFORT factors are rated below				COMFORT factors are rated below			
I have sore muscles	Not at all	Moderately	Extremely	I feel relaxed	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I have heavy legs	Not at all	Moderately	Extremely	I feel refreshed	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I feel uneven pressure from seat pan or seat back	Not at all	Moderately	Extremely	The chair feels soft	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I feel stiff	Not at all	Moderately	Extremely	The chair is spacious	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I feel restless	Not at all	Moderately	Extremely	The chair looks nice	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I feel tired	Not at all	Moderately	Extremely	I like the chair	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		
I feel uncomfortable	Not at all	Moderately	Extremely	I feel comfortable	Not at all	Moderately	Extremely
	1 2 3 4 5 6 7 8 9				1 2 3 4 5 6 7 8 9		

Anexo 2.
Lista de chequeo para evaluación de sillas de Zhang (original).

Nombre: _____
 Grupo: _____ Edad: _____

Los factores de INCOMODIDAD se clasifican a continuación:

Tengo dolores musculares

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Siento las piernas entumidas

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Siento mas presión de un lado que de otro en el asiento o respaldo

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Siento que la silla no me permite moverme

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Tengo que estar cambiando constantemente de postura mientras estoy sentado

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Me siento cansado

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Me siento incomodo

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Los factores de COMODIDAD se clasifican a continuación:

Me siento relajado

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Me siento descansado

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

La silla se siente suave

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

La silla es espaciosa

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

La silla se ve bien

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Me gusta la silla

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Me siento comodo

para nada	moderado	demasiado
1 2 3	4 5 6	7 8 9

Anexo 3.
Lista de chequeo para evaluación de sillas de Zhang (traducción).