



## 3D printing in fitting furniture to student anthropometry

(S) *La impresión 3D en el ajuste del mobiliario a la antropometría del alumnado*

Paramés-González, Adrián<sup>1</sup>; Prieto-Lage, Iván<sup>2</sup>; Gutiérrez-Santiago, Alfonso<sup>3</sup>.

### Resumen

**Introducción:** El alumnado universitario está una parte considerable de su día sentado, una falta de correspondencia entre las medidas antropométricas del alumnado y las dimensiones del mobiliario de la Facultad, puede tener efectos negativos posturales y académicos. La impresión 3D es una tecnología de fabricación por adición mediante la cual se puede crear un objeto tridimensional, en nuestro caso podría ser crear piezas para adaptar la altura del mobiliario existente. **Objetivos:** analizar el grado de ajuste del mobiliario de la Universidad de Vigo a las características antropométricas de su alumnado y buscar soluciones al grado de desajuste por medio de la impresión 3D. **Métodos:** En la investigación participaron 50 estudiantes universitarios (12 mujeres y 38 hombres). Se realizaron las mediciones de altura poplíteo, altura del codo y del hombro sentado, con un antropómetro, para calcular su altura de mobiliario ideal y posteriormente compararlos con el mobiliario que utilizan en clase. **Resultados y discusión:** Los resultados muestran que para el 50% del alumnado, la silla está dentro de los parámetros ideales. Mientras que el 14% utiliza un modelo de mesa que coincide con sus medidas ideales. La impresión 3D permitiría dar una solución al ajuste del 52% de estudiantes que necesitan una silla más alta. **Conclusiones:** Existe un desajuste entre las características antropométricas del alumnado y el mobiliario que utilizan. La impresión 3D, es una tecnología a tener en cuenta en la búsqueda de soluciones de ajuste antropométrico.

**Palabras clave:** ergonomía; antropometría; mobiliario; desajuste; impresión 3D

### Abstract

**Introduction:** The university students are a considerable part of their day sitting, a lack of correspondence between the anthropometric measurements of the students and the dimensions of the furniture of the Faculty, can have negative postural and academic effects. 3D printing is an addition manufacturing technology through which a three-dimensional object can be created, in our case it could be creating pieces to adapt the height of the existing furniture. **Aim:** to analyze the degree of adjustment of the furniture of the University of Vigo to the anthropometric characteristics of its students and to find solutions to the degree of mismatch through 3D printing. **Methods:** 50 university students (12 women and 38 men) participated in the research. Popliteal height, elbow height and sitting shoulder measurements were made with an anthropometer to calculate their ideal furniture height and then compare them with the furniture they use in class. **Results & discussion:** The results show that for 50% of the students, the chair is within the ideal parameters. While 14% use a table model that matches their ideal measurements. 3D printing would provide a solution to the adjustment of 52% of students who need a higher seat. **Conclusions:** There is a mismatch between the anthropometric characteristics of the students and the furniture they use. 3D printing is a technology to consider when looking for anthropometric adjustment solutions.

**Keywords:** ergonomics; anthropometry; furniture; mismatch; 3d print

**Tip:** Original

**Section:** Physical activity and health

Author's number for correspondence: 1 - Sent: 04/2020; Accepted: 05/2020

<sup>1</sup>Special didactics, Faculty of Sciences of Education and Sports, University of Vigo – Spain - Paramés-González, Adrián, [aparames@uvigo.es](mailto:aparames@uvigo.es), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1874-4270>

<sup>2</sup>Special didactics, Faculty of Sciences of Education and Sports, University of Vigo – Spain - Prieto-Lage, Iván, [ivanprieto@uvigo.es](mailto:ivanprieto@uvigo.es), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2569-4999>

<sup>3</sup>Special didactics, Faculty of Sciences of Education and Sports, University of Vigo – Spain - Gutiérrez-Santiago, Alfonso, [ags@uvigo.es](mailto:ags@uvigo.es), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8071-3833>

Paramés-González, Adrián; Prieto-Lage, Iván; Gutiérrez-Santiago, Alfonso. (2021). 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*. 5(2): 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity - ISSN: 2603-6789



**(P) Impressão 3D no ajuste dos móveis à antropometria dos alunos**

**Resumo**

**Introdução:** Os estudantes universitários são uma parte considerável do seu dia sentado, a falta de correspondência entre as medidas antropométricas dos alunos e as dimensões dos móveis da Faculdade, pode ter efeitos posturais e acadêmicos negativos. A impressão 3D é uma tecnologia adicional de fabricação através da qual um objeto tridimensional pode ser criado; no nosso caso, poderia estar criando peças para adaptar a altura dos móveis existentes. **Objetivos:** analisar o grau de adaptação dos móveis da Universidade de Vigo às características antropométricas de seus alunos e encontrar soluções para o grau de incompatibilidade através da impressão 3D. **Métodos:** 50 estudantes universitários (12 mulheres e 38 homens) participaram da pesquisa. As medidas de altura poplíteia, altura do cotovelo e ombro sentado foram feitas com um antropômetro para calcular a altura ideal dos móveis e compará-las com os móveis usados nas aulas. **Resultados e discussão:** Os resultados mostram que para 50% dos alunos, a cadeira está dentro dos parâmetros ideais. Enquanto 14% usam um modelo de tabela que corresponde às suas medidas ideais. A impressão 3D forneceria uma solução para o ajuste de 52% dos estudantes que precisam de um assento mais alto. **Conclusões:** Há uma incompatibilidade entre as características antropométricas dos alunos e os móveis que eles usam. A impressão 3D é uma tecnologia a considerar ao procurar soluções de ajuste antropométrico.

**Palavras-chave:** ergonomia; antropometria; móveis; incompatibilidade; impressão 3D.

Citar así:

Paramés-González, A., Prieto-Lage, I., & Gutiérrez-Santiago, A. (2021). 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*, 5(2), 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

Paramés-González, Adrián; Prieto-Lage, Iván; Gutiérrez-Santiago, Alfonso. (2021). 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*. 5(2): 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity - ISSN: 2603-6789



## I. Introduction / Introducción

El alumnado universitario emplea una parte considerable de su día en la facultad, de 5 a 8 horas según (Kahya, 2019), realizando la mayoría de sus actividades sentados en el mobiliario de la misma (Tunay & Melemez, 2008). A lo largo de las últimas décadas se ha producido un incremento en el interés de la ergonomía, aumentando los estudios sobre el desajuste entre las medidas antropométricas del alumnado y las dimensiones del mobiliario (Castellucci, Arezes, Molenbroek, de Bruin, & Viviani, 2017; Lin & Kang, 2013; Onawumi, Oyawale, & Dunmade, 2016). Estas investigaciones han evidenciado una falta de correspondencia entre las medidas antropométricas del alumnado y las dimensiones del mobiliario, siendo ésta, probablemente, un desencadenante de una serie de efectos negativos, tales como postura incómoda del cuerpo o el dolor musculoesquelético (Fallon & Jameson, 1996; Milanes & Grimmer, 2004). Así, hay investigaciones que concluyen que las sillas de pequeña dimensión tienen relación con la aparición de dolor de cuello o el dolor de espalda (Murphy, Buckle, & Stubbs, 2007). El desajuste en la altura del escritorio puede causar más carga de trabajo muscular, incomodidad y el dolor en la región del hombro (Castellucci, Catalán, Arezes, & Molenbroek, 2016). Además, el aprendizaje puede verse afectado, ya que las posturas corporales incómodas pueden hacer disminuir el interés del estudiante en el aprendizaje, incluso durante las lecciones más estimulantes e interesantes (Knight & Noyes, 1999; Savanur, Altekar, & De, 2007; Hira, 1980).

El alumnado, a menudo, está expuesto a mobiliario fijo, con pocas oportunidades de ajuste para adaptarse a su propio cambio antropométrico (Castellucci, Arezes, Molenbroek, de Bruin, & Viviani, 2017). Esta situación ha provocado una preocupación por el diseño de mobiliario adecuado a las características antropométricas de los mismos. Hay una opinión consensuada entre los estudios publicados que un cambio apropiado en las dimensiones de mobiliario escolar da como resultado mejoras posturales, menos esfuerzo muscular y menos malestar y dolor (Bravo, Bragança, Arezes, Molenbroek, & Castellucci, 2018). Otros trabajos determinaron que las dimensiones del mobiliario escolar afectan a las respuestas físicas del estudiantado y/o su rendimiento (Castellucci et al., 2017). Teniendo en cuenta esto, es fundamental que el mobiliario se adapte a las necesidades de los estudiantes (Savanur & Altekar, C. De, 2007).

Existe un gran número de estudios publicados en todo el mundo que muestran una falta de coincidencia entre las características antropométricas del alumnado y las dimensiones de las sillas y mesas, algunos están centrados en población escolar (Brewer, Davis, Dunning, & Succop, 2009; Castellucci, Arezes, & Molenbroek, 2014, 2015; Castellucci et al., 2017; Castellucci, Arezes, & Viviani, 2010; Castellucci et al., 2016; Chung & Wong, 2007; Cotton, O'Connell, Palmer, & Rutland, 2002; Dianat, Ali Karimib, Asl



Hashemic, & Bahrampour, 2013; Lin & Kang, 2013; Onawumi, Oyawale, & Dunmade, 2016; Panagiotopoulou, Christoulas, Papanickolaou, & Mandroukas, 2004; Parcels, Stommel, & Hubbard, 1999; Ramadan, 2011; Van Niekerk, Louw, Grimmer-Somers, Harvey, & Hendry, 2013). A su vez, existen artículos que han centrado sus investigaciones en población universitaria como Kahya, (2019), Thariq et al. (2010), Hossain & Ahmed (2010), Musa & Ismaila (2014), Hoque et al. (2014), Bhuiyan & Hossain (2015), Fidelis et al. (2018), Odunaiya et al. (2012) describiéndose en todos ellos desajustes entre las medidas antropométricas del alumnado estudiado y el mobiliario que utilizan.

Para determinar las medidas que debe tener un mobiliario adaptado a las características individuales de cada persona, la mayor parte de los estándares internacionales utilizados para la selección de mobiliario sugieren el uso de la estatura de los estudiantes, suponiendo que todas las demás características antropométricas también serán apropiadas. Pero la revisión y análisis de investigaciones concluyen que medidas antropométricas como la altura poplítea, son las más precisas para fines de selección de mobiliario de aula. Por tanto, los datos antropométricos son esenciales para la aplicación de los principios ergonómicos para el diseño y mejora del mobiliario escolar (Castellucci et al., 2017). En algunos países existen unas pautas generales para la estandarización del diseño de mobiliario escolar, como es el caso de Colombia (ICONTEC, 1999), Chile (INN, 2002) o Japón (JIS, 2011). En el caso de España, se ha observado que carece de una norma propia y se rige por las directrices Unión Europea (BS, 2015). Esta referencia Europea no está siendo respetada por algunas Comunidades Autónomas, por ejemplo en Galicia está vigente un catálogo de mobiliario del año 2007 (Xunta-de-Galicia, 2019). Las medidas que se proponen en el catálogo gallego son cuatro tallas de sillas (36, 40, 44 y 48 cm) y otras cuatro tallas de mesas (60, 66, 72 y 78 cm). Las cuales difieren de las establecidas la norma europea (BS, 2015), donde se proponen las siguientes medidas de sillas (21, 26, 31, 35, 38, 43, 46 y 51 cm) y los modelos para las mesas de (40, 46, 53, 59, 64, 71 y 82 cm).

En la búsqueda de soluciones para adaptar materiales, en los últimos años han surgido un grupo de tecnologías de fabricación por adición, denominadas de impresión 3D, mediante las cuales un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material (Leal, 2015). El aditivo de fabricación se lleva a planos virtuales de diseño asistido por ordenador o software de modelado y animación, produciéndose en secciones digitales para que la máquina lo utilice sucesivamente como una guía para la impresión (Svoboda et al., 2019). Dependiendo de la máquina que se utiliza, el material se deposita sobre una plataforma hasta que el material de estratificación se completa y se imprime el modelo final en 3D. Este sistema permite diseñar una pieza con las medidas y formas que determine el usuario, eligiendo incluso las propiedades mecánicas. En este sentido esta tecnología puede ser útil para diseñar piezas que permitan adaptar el material existente, como podría ser en nuestro caso el mobiliario.

**Paramés-González, Adrián; Prieto-Lage, Iván; Gutiérrez-Santiago, Alfonso. (2021).** 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*. 5(2): 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

**ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity - ISSN: 2603-6789**



Ante la falta de estandarización del mobiliario, así como el desajuste descrito en la bibliografía en relación a las universidades entre el mobiliario y las medidas antropométricas del alumnado. En la presente investigación se propone analizar el grado de ajuste del mobiliario de la Universidad de Vigo a las características antropométricas de su alumnado, así como, buscar soluciones al grado de desajuste por medio de la impresión 3D.

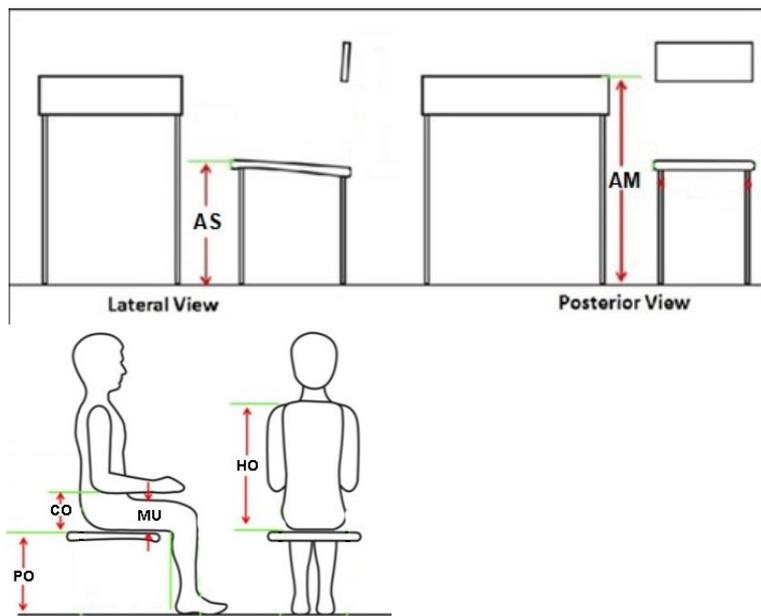
### ***I.1. Aims / Objetivos:***

- Conocer el grado de ajuste del mobiliario de la Universidad de Vigo a las características antropométricas de su alumnado.
- Analizar el grado de ajuste de la medida ideal de silla y la medida ideal de mesa de los estudiantes, con las tallas propuestas por la referencia europea.
- Buscar soluciones al grado de desajuste por medio de la impresión 3D.

## **II. Methods / Material y métodos**

En esta investigación participaron 50 alumnos y alumnas (12 mujeres y 38 hombres) pertenecientes a la Universidad de Vigo. Fueron solicitados los permisos pertinentes correspondientes. En todo momento se respetaron los principios éticos de investigación médica en seres humanos de la Declaración de Helsinki (Harriss & Atkinson, 2015). El estudio fue aprobado por el comité ético perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte de la Universidad de Vigo.

Para las medidas antropométricas se siguió el procedimiento empleado en otras investigaciones similares (Castellucci et al., 2010; Parcels et al., 1999). Se realizaron las valoraciones tomando las medidas en el lado derecho, sentados en una silla de altura ajustable con un asiento de superficie horizontal, las piernas flexionadas en un ángulo de 90° y con los pies totalmente apoyados sobre el suelo. Durante el proceso de medición, las mediciones se efectuaron con los sujetos descalzos, con pantalón y camiseta corta. Para todas las mediciones, se empleó un antropómetro Cescorf de 60 cm, homologado por ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría). Todas las medidas fueron realizadas por el mismo antropometrista y registradas en centímetros por un ayudante en dos sesiones diferentes. La precisión y la repetibilidad de las mediciones se lograron mediante la capacitación del especialista en antropometría certificado nivel ISAK 2 con experiencia previa en este tipo de valoraciones.



**Figura 1.** Medidas antropométricas del alumnado (adaptación de Castellucci, Arezes, & Molenbroek, 2014).

Las siguientes medidas antropométricas de la EN ISO 7250-1 (ISO, 2017), fueron tomadas para estimar las dimensiones ideales del mobiliario:

- Altura del hombro sentado (HO): distancia vertical desde la superficie en la que se sienta el sujeto hasta el acromion.
- Altura del codo sentado (CO): tomada con el codo flexionado en ángulo de 90°. Distancia vertical desde la parte inferior de la punta del codo (olecranon) hasta la superficie sobre la que se sienta el sujeto.
- Altura poplítea (PO): la rodilla deberá estar en una flexión de 90°. Distancia vertical desde el suelo hasta la superficie posterior de la rodilla (superficie poplítea).

Los datos antropométricos fueron obtenidos aplicando el protocolo de medida. A continuación se compararon con las dimensiones del mobiliario que utilizan en las aulas de la Facultad, con el objetivo de identificar una coincidencia o un desajuste entre los mismos, existiendo un desajuste cuando las dimensiones del mobiliario no se ajustan al rango obtenido en las siguientes fórmulas (Castellucci et al., 2014):

- Altura de la silla (AS):  $(PO + 2,5) \cos 30^\circ \leq AS \leq (PO + 2,5) \cos 5^\circ$
- Altura de la mesa (AM):  $(AS + CO) \leq AM \leq (AS + CO * 0,7396 + HO * 0,2604)$

Una vez realizadas las medidas antropométricas, se introdujeron los datos en las fórmulas anteriores, para obtener la talla de silla y mesa ideal de cada alumno. Las cuales se compararon posteriormente con las



medidas de mesa y silla de la Facultad. La altura de los asientos de la Universidad con las que se valoró el grado de ajuste es de 43,5 cm y de 76,5 cm el de la mesa.

### III. Results / Resultados

En la siguiente tabla se indican las características antropométricas del estudiantado analizado, así como la altura ideal del mobiliario que le correspondería.

**Tabla 1.** Análisis descriptivo de los valores antropométricos y medidas del mobiliario escolar del alumnado.

Curso	Número Edad (años)	Altura hombro (cm)	Altura codo (cm)	Altura poplítea (cm)	Altura ideal de silla (cm)	Altura ideal de mesa (cm)
3 <sup>o</sup> CCAFD	n=50 (21 años)	56.8	21.8	42.8	42.16	68.49

De los datos se puede extraer que, en relación con la silla, para el 50% la silla de la universidad está dentro de los parámetros de altura identificados como ideales, mientras que el otro 50% no está dentro del rango de altura idea. A su vez, en las medidas de la mesa tan solo el 14% de los alumnos utilizan un modelo de mesa que coincide con sus medidas ideales, estando el 86% utilizando una mesa no adaptada a sus medidas antropométricas.

Asimismo, se estableció una relación entre la altura ideal del mobiliario respecto a la talla que le correspondería según la referencia europea.

**Tabla 2.** Correspondencia de talla según catálogo europeo

Talla	Silla		Mesa	
	Frec	Porc	Frec	Porc
Amarilla (35 – 59)	1	2	5	10
Roja (38 -64)	11	22	20	40
Verde (43 -71)	25	50	17	34
Azul (46 - 76)	13	26	7	14
Marrón (51- 82)			1	2

Otro aspecto a tener en cuenta es la coincidencia entre la talla ideal de silla y su relación con la de mesa. Así el 48% utilizan la misma talla de mesa y silla, existiendo por tanto un 52% de alumnos que no les coinciden las tallas, necesitando una talla para silla y otra diferente para mesa.



#### IV. Discussion / Discusión

El objetivo de la intervención era la de analizar el grado de ajuste entre el mobiliario y las medidas antropométricas del alumnado de la Universidad de Vigo. De tal forma que se ha podido observar que el mobiliario que utilizan los estudiantes no está adaptado a sus medidas. Así, para el 50% del alumnado la silla de la universidad está dentro de los parámetros de altura identificados como ideales, mientras que el otro 50% no está dentro del rango de altura ideal. A su vez, en las medidas de la mesa tan solo el 14% de los alumnos utilizan un modelo de mesa que coincide con sus medidas ideales, estando el 86% utilizando una mesa no adaptada a sus medidas antropométricas. Estos resultados guardan relación con los de otros estudios existentes en la bibliografía que también encontraron desajustes. Así, Brewer, Davis, Dunning, & Succop (2009), en una investigación realizada en escolares norteamericanos, observaron que el alumnado utilizaba una silla inadecuada hasta en el 95% de los casos y empleaba una mesa incorrecta en el 58% de las ocasiones. En población de este mismo país (Parcells et al., 1999), evidenciaron rangos de error que oscilaban entre el 60-92% en mesa y entre 82-96% en silla entre tres modelos diferentes empleados. Desajustes elevados se han observado también en poblaciones asiáticas (Chung & Wong, 2007), con un 93% en sillas y 99% en mesas cuando emplean un tipo de mobiliario y hasta 100% y 61% respectivamente cuando emplean otro. De manera similar, Castellucci, Catalán, Arezes, & Molenbroek (2016), en su investigación sobre las dimensiones del mobiliario escolar en escuelas públicas, concertadas y privadas chilenas, encontraron que más del 90% de alumnado utilizaba un silla incorrecta y hasta en un 72% de los casos la altura de la mesa era errónea. En población europea también se han encontrado resultados similares. Así, en Portugal, (Gonçalves, 2012), encontraron desajustes de hasta el 87% para el caso de las sillas y 97% en las mesas. En población universitaria los resultados siguen la misma tendencia, Musa and Ismaila (2014) analizaron 720 estudiantes de entre 17 y 27 años de instituciones universitarias de Nigeria, encontrando un grado sustancial de desajuste entre sus medidas antropométricas y las dimensiones del mobiliario. Del mismo modo, Hoque et al. (2014) también evaluaron el potencial de desajuste entre mobiliario de clases universitarias y medidas antropométricas de 500 estudiantes universitarios de Bangladés, encontrando diferencias significativas. Fidelis et al. (2018) desarrollaron su investigación con 261 estudiantes de la Universidad Federal de Tecnología de Akure, Nigeria; el estudio reveló que el 92% del alumnado estudiado utilizaba mobiliario que no se ajustaba con sus medidas antropométricas.

En la bibliografía los autores han realizado diferentes aproximaciones en la búsqueda de soluciones. Ante la variedad de medidas que serían necesarias en un aula, algunos autores indican que una posibilidad podría ser que en cada clase existiera mobiliario de diferentes tallas (Parcells et al., 1999). Otros indican

**Paramés-González, Adrián; Prieto-Lage, Iván; Gutiérrez-Santiago, Alfonso. (2021).** 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*. 5(2): 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity - ISSN: 2603-6789

la posibilidad de utilizar mobiliario ajustable y regulable a cada estudiante (Kahya, 2019). Una vez hechas estas recomendaciones, los autores indican también que estas soluciones por lo general no serían viables por el coste que generaría a las Universidades. Debido a esta problemática, como segundo objetivo de la intervención nos propusimos buscar una solución creando un sistema que permitiera crear un mobiliario ajustable a partir del existente, pero que fuera de bajo coste. Para ello aplicamos la tecnología de impresión 3D, creando unas piezas como las mostradas en la figura 2. Las cuales se ajustan a las patas de la silla y permitirían adaptar la altura de la misma a las medidas antropométricas del alumnado. Con unas propiedades de material y diseño que garantizan la utilización de la silla en condiciones de seguridad y adaptación ergonómica.



**Figura 2.** Silla con pieza realizada por impresión 3D

En la literatura científica se habla que la impresión 3D puede ser aplicada a ámbitos como el diseño industrial, arquitectura, construcción, automoción, industrias médicas... (Leal, 2015), pero no se encuentran referencias de que se haya realizado una aplicación de esta tecnología como la propuesta en esta investigación. Si bien es cierto que se trata de un sistema que permite la creación de cualquier tipo de elemento, con las propiedades que se quieran establecer. No hay constancia de su utilización con el objetivo de adaptar el mobiliario a las características antropométricas del alumnado.

En la población estudiada esta propuesta permitiría dar una solución al ajuste del 52% de estudiantes que necesitan una silla más alta en base a sus medidas antropométricas. Esta solución también sería aplicable en otras investigaciones con hallazgos similares, en los que la silla utilizada por el alumnado es inferior a la ideal que debieran utilizar. Así, Kahya (2019) informa que el 34,67% de alumnos universitarios utilizan las dimensiones de la silla menores de las recomendadas. Del mismo modo Odunaiya et al. (2012) observaron que el 61,2% de los estudiantes, utilizaban una silla de altura inferior a la recomendada para sus características antropométricas. La importancia de buscar una solución, radica en



las consecuencias que conlleva utilizar un mobiliario desajustado, concretamente una silla más baja producirá problemas tales como el incremento del peso en las tuberosidades isquiáticas (Hoque et al. 2014). Otros autores indican que mayores ángulos de flexión lumbar, predisponen a la persona a un mayor riesgo de dolor lumbar (Milanese y Grimmer, 2004; Pheasant, 1998). Con nuestra propuesta de piezas diseñadas mediante impresión 3D en las patas de la silla, se eliminarían estos problemas, manteniendo las curvas lordóticas y cifóticas de la columna vertebral, en una posición de sedestación correcta. De este modo, el sistema permite un ajuste de las sillas actuales, a la altura necesaria en base a sus características antropométricas, sin que sea necesario adquirir nuevo mobiliario.

Por último, indicar que a pesar de la originalidad de esta investigación, existen ciertas debilidades metodológicas inherentes a las características de la muestra (principalmente el reducido número de alumnos evaluados, pertenecientes además a una única facultad), que deben ser tenidas en cuenta, pues limitan la interpretación y transferencia de los resultados presentados.

## **V. Conclusions / Conclusiones**

En la presente investigación se ha podido constatar que existe un desajuste entre el mobiliario existente en la universidad y las características antropométricas del alumnado. Este desajuste puede influir de forma negativa en el rendimiento académico y producir problemas en la salud de los estudiantes, por lo que es preciso buscar soluciones viables para las administraciones más allá de adquirir un nuevo mobiliario. En nuestra propuesta valoramos de forma positiva la utilización de la impresión 3D, como herramienta de creación de piezas que permitan regular el mobiliario existente a las características antropométricas del alumnado, manteniendo las condiciones de seguridad y ergonomía del mismo. De este modo su utilización permitiría la elevación del mobiliario fijo existente en el aula, a la medida ideal previamente calculada mediante los parámetros antropométricos de cada alumno. La aplicación de esta propuesta ayudaría a un conjunto elevado de alumnado que se encuentra en esta situación y ha podido ser analizado en la presente intervención. A su vez, esta propuesta podría ser extrapolable a otros casos que han sido identificados en la literatura científica. Ya que sus hallazgos son similares a los presentados, en el desajuste antropométrico y del mobiliario, tanto en ámbitos universitarios como etapas educativas previas, pudiéndose por tanto también beneficiar de la propuesta realizada.



## VI. Acknowledgements / Agradecimientos

## VII. Conflict of interests / Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## VIII. References / Referencias

- Bravo, G., Bragança, S., Arezes, P. M., Molenbroek, J. F. M., & Castellucci, H. I. (2018). A literature review of anthropometric studies of school students for ergonomics purposes: Are accuracy, precision and reliability being considered? *Work*, 60(1), 3–17. <https://doi.org/10.3233/WOR-182719>
- Brewer, J. M., Davis, K. G., Dunning, K. K., & Succop, P. A. (2009). Does Ergonomic Mismatch at School Impact Pain in School Children? *A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 34(4), 455–464.
- Bhuiyan, T.H., Hossain, M.S.J., 2015. University hall furniture design based on anthropometry: an artificial neural network approach. *Int. J. Ind. Syst. Eng.* 20 (4), 469–482.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M. (2014). Applying diferent equations to evaluate the level of mismatch between students and school furniture. *Applied Ergonomics*, 45(4), 1123–1132.
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M. (2015). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. *Applied Ergonomics*, 46(Part A), 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.08.005>
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., Molenbroek, J. F. M., de Bruin, R., & Viviani, C. (2017). The influence of school furniture on students' performance and physical responses: results of a systematic review. In *Ergonomics* (Vol. 60). <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1170889>
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Viviani, C. A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied Ergonomics*, 41(4), 563–568. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.001>
- Castellucci, H. I., Catalán, M., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M. (2016). Evaluation of the match between anthropometric measures and school furniture dimensions in Chile. *Work*, 53(3), 585–595.
- Chung, J. W. Y., & Wong, T. K. S. (2007). Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics*, 50(3), 323–334. <https://doi.org/10.1080/00140130600842328>



- Cotton, L. M., O'Connell, D. G., Palmer, P. P., & Rutland, M. D. (2002). Mismatch of School Desks and Chairs by Ethnicity and Grade Level in Middle School. *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 18(3), 269–280.
- Dianat, I., Ali Karimib, M., Asl Hashemic, A., & Bahrampour, S. (2013). Classroom Furniture and Anthropometric Characteristics of Iranian High School Students: Proposed Dimensions Based on Anthropometric Data. *Applied Ergonomics*, 44(1), 101–108.
- Fallon, E., & Jameson, C. (1996). *An Ergonomic Assessment of the Appropriateness of Primary School Furniture in Ireland*.
- Fidelis, O.P., Ogunlade, B., Adelakun, S.A., Adukwu, O., 2018. Ergonomic analysis of classroom furniture in a Nigerian university. *Niger. J. Technol.* 37 (4), 1154–1161.
- Gonçalves, M. A. M. N. da S. (2012). *Análise das condições ergonómicas das salas de aula do primeiro ciclo do ensino básico*. Tesis doctoral. Universidade do Minho, Portugal.
- Gouvali, M. K., & Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied Ergonomics*, 37(6), 765–773. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.11.009>
- Hoque, A.S.M., Parvez, M.S., Halder, P.K., Szecsi, T., 2014. Ergonomic design of classroom furniture for university students of Bangladesh. *J. Ind. Prod. Eng.* 31 (5), 239–252.
- Hossain, M.S.J., Ahmed, M.T., 2010. An Anthropometric Study to Determine the Mismatches of Furniture Used by Bangladeshi University Students a Case Study: Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET). iDECON 2010: International Conference on Design and Concurrent Engineering. Melaka, Malaysia.
- Hira, D. S. (1980). An ergonomic appraisal of educational desks. *Ergonomics*, 23(3), 213–221.
- ICONTEC. (1999). *Norma Técnica Colombiana 4641. Muebles Escolares. Pupitres con Silla para Aulas de Clase*. Bogotá: ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación).
- INN. (2002). *Norma chilena 2566. Mobiliario escolar de silla y mesas escolares y requisitos dimensionales*. Santiago de Chile: INN (Instituto nacional de Normalización de Chile).
- ISO. (2017). *ISO 7250-1: Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- JIS. (2011). *JIS S 1021 School furniture - Desk and chairs for general learning space*. Tokyo: JIS (Japanese Industrial Standards).
- Kahya, E. (2019). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures of university students. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74, 102864.



- Knight, G., & Noyes, J. (1999). Children's behavior and the design of school furniture. *Ergonomics*, 42, 747–760.
- Leal, Silvia (11 de noviembre de 2015). *E-Renovarse o morir: 7 Tendencias tecnológicas para convertirte en un líder digital*. LID Editorial. ISBN 9788483562703.
- Lin, R., & Kang, Y. (2013). Ergonomic Design of Desk and Chair for Primary School Students in Taiwan. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 4(1), 1–6.
- Milanes, S., & Grimmer, K. (2004). School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics*, 47(4), 416–426.
- Milanese, S., Grimmer, K., 2004. School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics* 47 (4), 416–426.
- Murphy, S., Buckle, P., & Stubbs, D. (2007). A cross-sectional study of self-reported back and neck pain among English schoolchildren and associated physical and psychological risk factors. *Applied Ergonomics*, 38(6), 797–804.
- Musa, A.I., Ismaila, S.O., 2014. Student anthropometric data and furniture mismatches in selected institutions in Abeokuta, Ogun State, Nigeria. *Theor. Issues Ergon. Sci.* 15 (2), 205–213.
- Onawumi, A. S., Oyawale, F. A., & Dunmade, I. S. (2016). Ergonomic Assessment of School Furniture in Primary Schools in Nigeria. *Occup. Ergon.*, 6(2–3), 85–95.
- Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanickolaou, A., & Mandroukas, K. (2004). Classroom Furniture Dimensions and Anthropometric Measures in Primary School. *Applied Ergonomics*, 35(2), 121–128.
- Parcells, C., Stommel, M., & Hubbard, R. P. (1999). Mismatch of classroom furniture and student body dimensions. *Journal of Adolescent Health*, 24(4), 265–273. [https://doi.org/10.1016/s1054-139x\(98\)00113-x](https://doi.org/10.1016/s1054-139x(98)00113-x)
- Ramadan, M. Z. (2011). Does Saudi School Furniture Meet Ergonomics Requirements? *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 38(2), 93–101.
- Savanur, C., & Altekar, C. De, A. (2007). Lack of conformity between Indian classroom furniture and student dimensions: proposed future seat/table dimensions. *Ergonomics*, 50(10), 1612–1625.
- Svoboda, J., Tauber, J., & Zach, M. (2019). 3D print application in furniture manufacturing. Paper presented at the Digitalisation and Circular Economy: Forestry and Forestry Based Industry Implications - Proceedings of Scientific Papers, 131-140
- Thariq, M.G.M., Munasinghe, H.P., Abeysekara, J.D., 2010. Designing chairs with mounted desktop for university students: ergonomics and comfort classroom. *Int. J. Ind. Ergon.* 40, 8–18.



ESHPA

Education, Sport, Health and Physical Activity

Van Niekerk, S., Louw, Q. A., Grimmer-Somers, K., Harvey, J., & Hendry, K. J. (2013). The Anthropometric Match Between High School Learners of the Cape Metropole Area, Western Cape, South Africa and Their Computer Workstation at School. *Applied Ergonomics*, 44(3), 366–371.

Xunta-de-Galicia. (2019). Equipamento de centros: catálogos xerais. Retrieved July 1, 2019, from Conselleria de Educación, Universidade e Formación Profesional website:  
<https://www.edu.xunta.gal/portal/node/495>

**Paramés-González, Adrián; Prieto-Lage, Iván; Gutiérrez-Santiago, Alfonso. (2021).** 3D printing in fitting furniture to student anthropometry. *ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity*. 5(2): 76-89. doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4228118>

**ESHPA - Education, Sport, Health and Physical Activity - ISSN: 2603-6789**