



## Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

### Design and 3d printing of face shields by university teachers to protect healthcare personnel against the Covid-19

**Carlos Hervás-Gómez.**  
Universidad de Sevilla.  
[hervas@us.es](mailto:hervas@us.es)

**Pedro Román-Graván.**  
Universidad de Sevilla.  
[proman@us.es](mailto:proman@us.es)

**M<sup>a</sup>. Ángeles Domínguez-González.**  
Universidad de Sevilla.  
[manyelesdg@gmail.com](mailto:manyelesdg@gmail.com)

**Manuel Reina-Parrado.**  
Universidad de Sevilla.  
[manuelreina@parrado@gmail.com](mailto:manuelreina@parrado@gmail.com)

#### RESUMEN.

Desde que la Organización Mundial de la Salud elevó la situación de emergencia de salud pública ocasionada por el COVID-19 a pandemia internacional, la rapidez en la evolución de los hechos, a escala nacional e internacional, ha requerido la adopción de medidas inmediatas y eficaces para hacer frente a esta coyuntura. En este contexto, han surgido iniciativas y soluciones desde la solidaridad y la innovación, con el objetivo de paliar la escasez de material sanitario y de equipos de protección individual. La impresión 3D ha sido una alternativa tecnológica usada con éxito para darle una respuesta rápida y efectiva a la necesidad de fabricar material sanitario y de protección para los profesionales. A nivel educativo, la irrupción de la tecnología de impresión 3D presenta el reto de conocer cómo estos medios tecnológicos pueden dar soporte a actividades de enseñanza-aprendizaje, utilizados como vía para adquirir conocimiento y desarrollar capacidades organizativas y de creación, así como el de la *cultura "maker"*, en la que se potencia que los individuos creen artefactos adaptados a sus necesidades o mejoren los ya existentes, utilizando la tecnología. Como docentes debemos educar para cooperar, inculcar valores..., dando ejemplo a nuestros estudiantes, futuros docentes en formación inicial.

Diseño e impresión en 3d de 8656 protectores de pantallas faciales con implicación de docentes universitarios en un grupo makers durante dos meses, se utilizaron programas de diseño como Tinkercad, Blender (Windows 10), OpenScad, FreeCad, entre otros; y aproximadamente 80 impresoras, trabajando por el bien común, la cooperación, la justicia social, la equidad y la solidaridad conseguiremos una sociedad mejor para todos.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





## PALABRAS CLAVE.

COVID-19; Tecnologías emergentes; Modelado en 3D; Impresión en 3D; Makerspaces.

## ABSTRACT.

Since the World Health Organization elevated the public health emergency situation caused by COVID-19 to an international pandemic, the rapid evolution of events, at the national and international levels, has required the adoption of immediate and effective measures. to face this situation. In this context, initiatives and solutions have emerged from solidarity and innovation, with the aim of alleviating the shortage of medical equipment and personal protective equipment. 3D printing has been a technological alternative successfully used to provide a quick and effective response to the need to manufacture sanitary and protective materials for professionals. At an educational level, the emergence of 3D printing technology presents the challenge of knowing how these technological means can support teaching-learning activities, used as a way to acquire knowledge and develop organizational and creative capacities, as well as that of “maker” culture, in which individuals are encouraged to create artifacts adapted to their needs or improve existing ones, using technology. As teachers we must educate to cooperate, instill values..., setting an example for our students, future teachers in initial training.

Design and 3d printing of 8656 face screen protectors with the involvement of university teachers in a maker group for two months, design programs such as Tinkercad, Blender (Windows 10), OpenScad, FreeCad, among others; and approximately 80 printers, working for the common good, cooperation, social justice, equity and solidarity, we will achieve a better society for all.

## KEY WORDS.

COVID-19; Emerging technologies; 3D modeling; 3D printing; Makerspaces.

## 1. Introducción.

Desde que la Organización Mundial de la Salud declaró el pasado 30 de enero de 2020 que la situación en relación con el coronavirus COVID-19 suponía una emergencia de salud pública de importancia internacional, se han ido adoptando una serie de medidas orientadas a proteger la salud y seguridad de los ciudadanos, contener la progresión de la enfermedad y reforzar el sistema de salud pública.

Estas medidas se han ido ampliando conforme lo ha requerido la situación creada por la evolución de la pandemia, incluyendo la declaración del estado de alarma en todo el territorio nacional por parte del Gobierno de España mediante el [Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo \(https://www.boe.es/boe/dias/2020/03/14/pdfs/BOE-A-2020-3692.pdf\)](https://www.boe.es/boe/dias/2020/03/14/pdfs/BOE-A-2020-3692.pdf)

Hay que recordar que la Organización Mundial de la Salud elevó el pasado 11 de marzo de 2020 la situación de emergencia de salud pública ocasionada por el COVID-19 a pandemia internacional. La rapidez en la evolución de los hechos, a escala nacional e internacional, ha requerido la adopción de medidas inmediatas y eficaces para hacer frente a esta coyuntura. Esta concurrencia de circunstancias extraordinarias constituye, sin duda, una crisis sanitaria



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





sin precedentes y de enorme magnitud tanto por el muy elevado número de ciudadanos afectados como por el extraordinario riesgo para sus derechos (<https://www.boe.es/boe/dias/2020/03/14/pdfs/BOE-A-2020-3692.pdf>). En este sentido, por ejemplo, la magistrada del Juzgado de lo Social de Teruel, Elena Alcalde reconoce que "los empleados y trabajadores sanitarios han estado desarrollando su trabajo, a pesar del grave e inminente riesgo para su vida y su salud por su exposición al COVID-19, y ello, fundamentalmente, por la falta de medios de protección individuales adecuados, aun cuando podrían haber interrumpido y abandonado su actividad, pero gracias a su vocación de servicio a los demás, no sólo no han paralizado su trabajo, a pesar de las condiciones de protección precarias, sino que lo han desarrollado heroicamente" (<https://www.facua.org/es/noticia.php?ld=15560>).

A nivel nacional, nos hemos encontrado con una gran parte de la población confinada en los domicilios, a excepción de los profesionales pertenecientes a diferentes colectivos que han desempeñado trabajos esenciales en esta pandemia. En este contexto, las relaciones humanas, tanto sociales como laborales, han cambiado radicalmente. Así, hemos tenido un auge del teletrabajo, las empresas se han adaptado al mundo digital y transformado su producción. Ciudadanos que apenas hacían uso de las tecnologías de la información y comunicación, se han transformado digitalmente. Asimismo, como era de esperar, la crisis sanitaria del COVID-19 ha afectado de lleno al desarrollo de la actividad docente desde todas las perspectivas posibles.

En este contexto que estamos viviendo, debido a la propagación del coronavirus COVID-19, han surgido iniciativas y soluciones desde la solidaridad y la innovación, con el objetivo de paliar la escasez de material sanitario y de Equipos de Protección Individual (EPIs) existentes. La impresión 3D ha sido una alternativa tecnológica usada con éxito para dar una respuesta rápida y efectiva a la necesidad de fabricar material sanitario y de protección para los profesionales.

## 2. La irrupción de la tecnología de impresión 3D.

### 2.1. ¿Qué es la impresión 3D?

Actualmente la impresión 3D es una de las tecnologías más revolucionarias del siglo XXI. Para Joiner (2018), es un estilo de fabricación conocido como aditivo, ya que es un proceso de fabricación de objetos sólidos tridimensionales a partir de un archivo digital.

La impresión 3D en el sentido original del término se refiere a los procesos en los que secuencialmente se acumula material en una plataforma o cama por diferentes métodos de fabricación, tales como polarización, inyección de aporte, inyección de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal, depósito metálico. ([https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D))

La impresión 3D es una nueva tecnología emergente que permite crear objetos mediante la formación de capas de material (Novak & Wisdom, 2018). Para estos autores, el proceso de crear impreso en 3D objetos implica diseñar un modelo 3D del objeto deseado utilizando software de diseño asistido por ordenador (CAD) e imprimir los objetos utilizando una impresora 3D. Esta tecnología se está volviendo rápidamente disponible y accesible para el



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





gran público debido a la disminución constante de los precios de las impresoras 3D a escala de escritorio y la disponibilidad de aplicaciones CAD de código abierto diseñadas para usuarios.

Siguiendo a Novak (2019), la impresión 3D, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital, permiten manipular de manera automática distintos materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un objeto en tres dimensiones.

Por lo tanto, el proceso de imprimir en 3D consiste en crear los objetos por capas superpuestas de abajo a arriba. Antes de empezar la impresión, el software divide el gráfico 3D en capas tan finas como el diámetro del plástico de salida (dependiendo de la boquilla o nozzle que tengamos en la impresora, que las hay normalmente desde 0.10 hasta 1.10 mm, siendo 0.4mm la más habitual). Así, la impresora en cada una de las capas va desplazándose sobre el plano para soltar el plástico sobre las coordenadas adecuadas, con lo cual va formando una figura en tres dimensiones. Básicamente una impresora 3D es una máquina de control numérico (CNC) de tres ejes (X, Y, Z) y un extrusor (componente que calienta y empuja el filamento para que salga en forma de hilo fino y quede con la forma y el sitio deseados).

## 2.2. Historia de la impresión 3D.

Los orígenes de la impresión 3D se remontan a 1976, cuando se inventó la impresora de inyección de tinta. Desde entonces, la tecnología ha evolucionado para pasar de la impresión con tinta a la impresión con materiales, y la impresión 3D ha sufrido cambios durante décadas en diferentes ramas de la industria (Novak, 2019).

Es a partir de 1984 y, sobre todo, durante la segunda mitad de los 80, cuando se precipitan los acontecimientos que propician el nacimiento de la impresión 3D como industria. Durante estos años se crean las primeras patentes y empresas. Nacen oficialmente las tecnologías de impresión 3D:

- **SLA** o Stereo LitogrAphy (la más antigua): este método de impresión 3D consiste en que, mediante un láser, un foto-polímero líquido se convierte, capa por capa, en plástico sólido, es lo que se llama estereolitografía. Se imprime a partir de resinas sensibles a los rayos ultravioleta (UV), por eso las impresoras están tapadas con unas láminas protectoras de color naranja, verde, rojo o amarillo.
- **SLS** o Selective Laser Sintering: en lugar de que un láser solidifique un líquido, esta tecnología, que también utiliza un láser, pero de mayor potencia, sinteriza polvo de plástico, poliamida o nylon, aunque también se usa poliamida con carga de fibra de vidrio.
- **DLP** o Digital Light Processing: son impresoras que usan un proyector de luz digital UV para solidificar el material. SLA y DLP usan material parecido: una resina fotosensible se endurece (cura) cuando recibe los rayos UV.
- **FDM** o Fused Deposition Modelling (las más extendidas actualmente): se basa en la deposición de filamento fundido. El filamento se calienta para poder ser extruido a través de una boquilla y se deposita en una plataforma o cama, que puede estar calefactada o no.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





En el año 2009 se puso en el mercado el primer kit de impresora 3D, que permitía al usuario comprar impresoras 3D más baratas a cambio de montarlas y calibrarlas por sí mismos. Así entramos en la década 2010, marcada por la llegada definitiva de las impresoras 3D a los hogares. Y desde entonces no ha parado su evolución e inserción en nuestra vida cotidiana (<http://impresorad3d.com/impresoras-3d-historia>).

### 2.3. Funcionamiento de la impresión 3d.

Para Kostakis, Niaros, & Giotitsas (2015) la impresión tridimensional (3D) es en realidad un subconjunto de la fabricación aditiva: proceso de unión material, capa por capa, para hacer objetos a partir de datos de modelos 3D (generalmente creados por un software de diseño asistido por ordenador o un escaneo de un objeto existente), en contraste con las tecnologías de fabricación sustractivas: en el que las piezas se producen al eliminar el material de un bloque sólido para producir la forma que se desea.

Esta capacidad tecnológica existe desde hace más de tres décadas, conocida como la "máquina de creación rápida de prototipos" (Bradshaw, Bowyer, & Haufe, 2010; Campbell, Williams, Ivanova, & Garrett, 2011).

Se llamaba "rápido" porque las piezas se podían hacer más fácil y rápidamente que en las máquinas convencionales y se llamaba "prototipos" porque era demasiado lento y costoso utilizarlas para la producción (Bradshaw et al., 2010). Así, por ejemplo, un arquitecto podría imprimir en 3D el diseño de un edificio o un ingeniero podía imprimir una pieza de un prototipo de automóvil para afinar el diseño. Sin embargo, últimamente las impresoras 3D han sido adoptadas, especialmente por las industrias aeroespaciales y de atención médica (Bullis, 2011), para fabricar piezas funcionales. Al mismo tiempo, el aumento de las impresoras 3D de escritorio de código abierto, de costo relativamente bajo (Kalish, 2011) han dado la oportunidad a los aficionados y entusiastas del bricolaje a experimentar, diseñar y producir cosas que se conciben entre "creación de prototipos" a "fabricación".

Siguiendo a Joiner (2018), la impresión 3D comienza con la creación de un modelo 3D en el ordenador. Este diseño digital es un archivo CAD (diseño asistido por ordenador). Un modelo 3D, ya sea creado desde cero con software de modelado 3D o basado en datos generados con un escáner 3D, o también se puede descargar desde Internet. El modelo digital 3D generalmente se guarda en STL (Surface Tessellation Language o STereoLithography) y luego se envía a la impresora (en un formato de archivo tipo gcode).

### 2.4. Ventajas de la impresión 3D.

A modo de resumen presentamos los diez principios de la impresión 3D, que sirven para hacernos una idea de las ventajas de esta nueva tecnología frente a la fabricación tradicional (Lipson & Kurman, 2013):

1. La complejidad de fabricación es gratuita. En la fabricación tradicional, cuanto más complicada es la forma de un objeto, más cuesta hacerla. En una impresora 3D, la complejidad cuesta lo mismo que la simplicidad. Fabricar un adorno de forma complicada no requiere más tiempo, habilidad o costo que imprimir un bloque simple. La complejidad interrumpirá los modelos de precios tradicionales y cambiará la forma en que calculamos el costo de fabricar cosas.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





2. La variedad es gratis. Una sola impresora 3D puede hacer piezas de muchas formas. Las máquinas de fabricación tradicionales son mucho menos versátiles y solo pueden hacer cosas en un espectro limitado de formas. La impresión 3D elimina los costos generales asociados con el reentrenamiento de las personas o el reequipamiento de máquinas de fábrica. Una sola impresora 3D solo necesita un archivo diferente cada vez si la pieza a imprimir es distinta y un nuevo lote de materia prima a fundir o solidificar, según sea el proceso de creación.
3. No se requiere ensamblaje. La impresión 3D puede imprimir algunos modelos de piezas ya montadas, no es necesario imprimirlas y ensamblarlas posteriormente. La fabricación en masa se basa en la columna vertebral de la línea de montaje. En las fábricas modernas, las máquinas fabrican objetos idénticos que luego son ensamblados por robots o trabajadores humanos. Cuantas más partes contenga un producto, más tiempo demorará en ensamblarse y más costoso será hacerlo. Al hacer objetos en capas, una impresora 3D podría imprimir una puerta y bisagras interconectadas al mismo tiempo, sin necesidad de ensamblaje. Menos montaje acortará las cadenas de suministro, ahorrando dinero en mano de obra y transporte; las cadenas de suministro más cortas serán menos contaminantes.
4. No hace falta tener estocaje. Una impresora 3D puede imprimir bajo demanda cuando se necesita una pieza, figura, etc. La capacidad de fabricación sobre el terreno reduce la necesidad de que las empresas acumulen inventario físico. Los nuevos tipos de servicios empresariales se hacen posibles a medida que las impresoras 3D permiten a una empresa crear objetos especiales o personalizados bajo pedido en respuesta a las peticiones de los clientes. La fabricación sin tiempo de entrega podría minimizar el costo del envío a larga distancia si los productos impresos se hacen cuando se necesitan y cerca de donde se necesitan.
5. Diseño, formas y texturas sin límite. Las tecnologías de fabricación tradicionales y los artesanos humanos solo pueden hacer un repertorio finito y limitado de formas. La capacidad para crear formas está limitada por las herramientas disponibles para el ser humano. Por ejemplo, un torno de madera tradicional solo puede hacer objetos de un tipo. Un molino solo puede hacer piezas a las que se pueda acceder con una herramienta de fresado. Una máquina de moldeo solo puede hacer formas que se puedan verter y luego extraer de un molde. Una impresora 3D elimina estas barreras, abriendo nuevos y vastos espacios de diseño. Una impresora puede fabricar formas que hasta ahora solo habían sido posibles en la naturaleza.
6. No son necesarias habilidades especiales. Los artesanos tradicionales se entrenan como aprendices durante años para obtener las habilidades que necesitan. La producción en masa y las máquinas de fabricación guiadas por ordenador disminuyen la necesidad de producción cualificada. Sin embargo, las máquinas de fabricación tradicionales aún exigen un experto para ajustarlas y calibrarlas. Una impresora 3D obtiene la mayor parte de su orientación de un archivo de diseño. Para hacer un objeto de igual complejidad, una impresora 3D requiere menos habilidad del operador que una máquina de moldeo por inyección. La fabricación no



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





7. Fabricación compacta y portátil. Por volumen de espacio de producción, una impresora 3D tiene más capacidad de fabricación que una máquina de fabricación tradicional, salvo las limitaciones propias del tamaño a imprimir. Por ejemplo, una máquina de moldeo por inyección solo puede hacer objetos significativamente más pequeños que sí misma. En contraste, una impresora 3D puede fabricar objetos tan grandes como su cama de impresión (superficie donde se deposita el objeto fundido o donde se solidifica el material). Si una impresora 3D está dispuesta para que su aparato de impresión pueda moverse libremente, una impresora 3D puede fabricar objetos más grandes que sí misma.
8. Menos material de desecho. Las impresoras 3D crean menos material de desecho que las técnicas tradicionales de fabricación. A medida que mejoran los materiales de impresión, la fabricación de "forma neta" podría ser una forma más ecológica de hacer cosas, ya que incluso el material defectuoso que genere puede fundirse de nuevo y transformarse en nuevo material para ser utilizado.
9. Tonos infinitos de materiales. Combinar diferentes materias primas en un solo producto es difícil con las máquinas de fabricación actuales. Dado que las máquinas de fabricación tradicionales tallan, cortan o moldean las cosas en forma, estos procesos no pueden mezclar fácilmente diferentes materias primas. Por lo tanto, con la impresión 3D tenemos la posibilidad de mezclar materiales en distintas proporciones, lo que implica poder imprimir en infinitas variaciones de materiales mezclados entre sí. Las nuevas mezclas de materia prima previamente inaccesibles nos ofrecen una paleta de materiales mucho más grande, en su mayoría inexplorada, con propiedades novedosas o tipos de comportamientos útiles.
10. Capacidad de crear réplicas exactas. La tecnología de escaneado, combinada con una impresora 3D nos permitirá, cada vez más, replicar a la perfección objetos existentes. Escanaremos, editaremos y duplicaremos objetos físicos para crear réplicas exactas o para mejorar el original.

### 3. La revolución de la impresora 3D en educación.

Actualmente la impresión 3D presenta numerosas oportunidades en todas las disciplinas (Shahrubudin, Lee, & Ramlan, 2019), y se está integrando rápidamente dentro de las escuelas como parte de cambios tecnológicos más amplios descritos por la cuarta revolución industrial (Schwab, 2017), también conocido como Industria 4.0. Para Novak (2019) a pesar de la creciente presión de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), se ofrece poco apoyo a las escuelas y docentes para aprender sobre la impresión 3D, las habilidades asociadas como por ejemplo el diseño asistido por ordenador (CAD) y el escaneo 3D. Tales tecnologías han sido tradicionalmente del dominio de diseñadores e ingenieros, formados durante años en la universidad, y puede ser desalentador para muchos maestros y maestras, particularmente aquellos donde su formación informática y técnica ha sido mínima. De acuerdo con Novak (2019), no es realista esperar que los docentes agreguen capacitación en estas tecnologías a su ya excesiva carga de trabajo. Pero, por otro lado, habría que



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





articular una estrategia para garantizar que los docentes y los estudiantes se beneficien de las oportunidades que presenta la impresión 3D, ya que los docentes de todos los niveles y de todas las disciplinas, se enfrentan a la necesidad de adoptar rápidamente este nuevo cuerpo de conocimiento.

Gore (2013) también afirma que esta área ha sido tradicionalmente un reino para los diseñadores, ingenieros y arquitectos, utilizada para como herramienta de creación de prototipos, y crear modelos tridimensionales con software CAD. Dichas herramientas a menudo requieren muchos años de formación y, como tales, rara vez ha sido dominio de quienes siguen un camino hacia una educación escolar más básica o humanística y social. Sin embargo, con la incorporación de la impresión 3D al aula, se alienta a los docentes de todas las disciplinas no solo a desarrollar nuevas habilidades, sino a desarrollar actividades innovadoras dentro de los planes de estudio existentes con la idea de educar a la próxima generación de trabajadores, que necesitarán la experiencia técnica asociada con la impresión 3D para los trabajos del futuro.

La impresión 3D es una tecnología emocionante que está ganando impulso en los centros educativos de todo el mundo. En los próximos años, las tecnologías de impresión 3D serán, en la mayoría de los casos, una alternativa a los procesos de fabricación actuales, por lo tanto, será una revolución en la forma en que los productos serán creados y entregados.

Las TIC han revolucionado los procesos de trabajo, comunicación y formación (Vázquez-Cano, León-Urrutia, Parra-González y López-Meneses, 2020). Así, la irrupción de la tecnología de impresión 3D presenta el reto de conocer cómo estos medios tecnológicos pueden dar soporte a actividades de enseñanza-aprendizaje, utilizados como vía para adquirir conocimiento y desarrollar capacidades organizativas y de creación, así como el de la *cultura "maker"*, en la que se potencia que los individuos creen artefactos adaptados a sus necesidades o mejore los ya existentes, utilizando la tecnología.

Según Ford & Minshall (2019), aunque los nuevos avances en investigación y desarrollo en equipos y productos de impresión 3D continúan afectando a todos los sectores de la industria, el uso de la impresión 3D en la educación generalmente se limita a equipos de impresión 3D de bajo coste y a nivel del cliente, con pocos estudios relacionados. Para Novak (2020) la tecnología de impresión 3D se está utilizando en escuelas, bibliotecas públicas, museos e instituciones de educación superior para:

- Involucrar a los estudiantes en proyectos de impresión 3D basados en problemas. Los estudiantes diseñan objetos impresos de esta manera en respuesta a un desafío. Dichos proyectos implican explorar y generar ideas de diseño, crear archivos CAD (Computer-Aided Design) en 3D, convertirlos en archivos listos para imprimir en 3D e imprimir el objeto con una impresora.
- Educar sobre la tecnología de impresión 3D y prácticas relacionadas con el diseño de piezas. Este tipo de impresoras se están utilizando para presentar a los estudiantes la tecnología y las habilidades específicas, así como ideas del impacto de la tecnología de impresión 3D en los negocios y la industria, la economía, la sociedad, el arte, la educación, el medio ambiente, etc.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





- Crear o usar artefactos impresos en 3D como herramientas (modelos de bajo coste para apoyar el aprendizaje de los estudiantes), por ejemplo, modelos de huesos, extremidades y órganos en sesiones de anatomía; estructuras moleculares y atómicas en clases de biología y química; recursos del patrimonio artístico y cultural, mapas 3D, modelos geométricos en matemáticas...
- Producir tecnologías de asistencia para estudiantes con necesidades especiales, incluyendo los visuales, motores y cognitivos. Por ejemplo, la tecnología de impresión 3D se puede utilizar para crear diversos artefactos táctiles para estudiantes con discapacidad visual, incluidos objetos escritos en braille, libros ilustrados, modelos en tres dimensiones del terreno, líneas braille, etc.

Los usos educativos de la tecnología de impresión 3D se pueden clasificar en términos generales en la integración activa y pasiva de la impresión 3D en los planes de estudio (Ford & Minshall, 2019). La integración activa implica crear experiencias de aprendizaje que faciliten el desarrollo de habilidades de impresión 3D. La integración pasiva implica el uso de objetos impresos en 3D, como tecnología de asistencia, herramientas y modelos impresos en 3D, para la enseñanza y el aprendizaje. Por ejemplo, la impresión 3D se usa cada vez más en la educación médica y biológica para el desarrollo de dispositivos, la planificación quirúrgica y la educación del paciente, así como para el desarrollo de modelos físicos en tres dimensiones de células, tejidos humanos, huesos y órganos. Estas herramientas y modelos impresos en 3D de bajo coste crean un acceso más equitativo a los recursos que generalmente solo están disponibles en las principales instituciones y centros de investigación de alto nivel.

Ejemplo de ello lo tenemos en @Trauma3D (<https://twitter.com/Trauma3D>), que conforman el equipo I+D+i en Fabricación Aditiva Médica y la Unidad Hospitalaria de Impresión 3D en Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla (@HospitalUVRocio @saludand).

Las competencias STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se centran en las habilidades que los estudiantes han de desarrollar para poder desenvolverse en el futuro ya que resultan cruciales para el desarrollo y el crecimiento de nuestra sociedad. Nuestras vidas son digitalizadas y digitales (López-Gil y Bernal-Bravo, 2019) lo que requiere de una ciudadanía formada adecuadamente para poder afrontar los retos y novedades que han surgido.

Así para Novak (2020), la integración activa de la tecnología de impresión 3D tiene como objetivo crear experiencias de aprendizaje ricas en competencias STEM que se centran en prácticas de ingeniería y diseño. Involucrar a los estudiantes en el diseño de objetos 3D fomenta la creatividad, la innovación y la resolución de problemas de improvisación de orden superior a través del aprendizaje centrado en el estudiante y basado en problemas. Presenta a los estudiantes problemas del mundo real que requieren habilidades interdisciplinarias que involucran a los estudiantes en el diseño abierto de objetos impresos en 3D personalmente significativos. La impresión 3D tiene el potencial de renovar el aula al apoyar un aprendizaje más auténtico basado en el diseño, donde los maestros actúan como "entrenadores de diseño" y los estudiantes se convierten en "decisiones reflexivas". La integración activa de la impresión 3D en un plan de estudios crea oportunidades para el aprendizaje lúdico y



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





experimental que promueve la investigación, el trabajo en equipo y el pensamiento crítico (Becker et al., 2018; Figg, Jennifer, Shannon & Pelchat, 2018).

En general, la literatura sugiere los efectos positivos de actividades de diseño e impresión 3D en las percepciones de los estudiantes, independientemente de las características demográficas del estudiante, haciendo que el aprendizaje sea positivo (Novak, 2020).

Sin embargo, la disponibilidad simple de la tecnología de impresión 3D es no es suficiente para que los maestros utilicen su potencial en sus aulas. Debe combinarse con contenido, basado en el desarrollo de prácticas adecuadas e integradas sistemáticamente en los programas de formación inicial y permanente del profesorado (Sullivan & McCartney, 2017).

#### 4. Desarrollo de la experiencia vivida: pantalla de protección facial y salva orejas.

Esta pequeña experiencia de cooperación que presentamos pretende sencillamente mostrar desde nuestra humilde parcela, la labor desarrollada durante estos meses, desde que se declara el estado de alarma en España, debido a la pandemia del coronavirus COVID-19.

**Origen:** a partir de ese momento, y teniendo familiares implicados como profesionales (sanitarios sobre todo y miembros de las fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado), nos transmitieron sus necesidades y peticiones de cómo les podríamos ayudar con la impresión 3D. Navegando por la red, vimos que había múltiples grupos de makers a nivel nacional e internacional que se estaban intentando organizar, para fabricar material de protección (pantallas de protección facial, respiradores, salva orejas, etc.) para los profesionales con la impresión 3D.

**Diseño e impresión:** comenzamos con la impresión de pantallas protectoras, para ello, previamente se trabaja con software de diseño 3D, una vez obtenido el modelo y puesto en la red como archivo stl (ejemplo: <https://www.thingiverse.com/thing:4261923>). Actualmente, además de Thingiverse, hay muchos espacios de almacenamiento en la red, que ofrecen gratuitamente (la gran mayoría), este tipo de archivos 3D: Cults3D, Free3D, GrabCad, MyMiniFactory, Pinshape, STLfinder, Sketchfab, ...

El archivo con formato stl se descarga y se modifica con programas on-line como <https://www.tinkercad.com> (Figura 1).

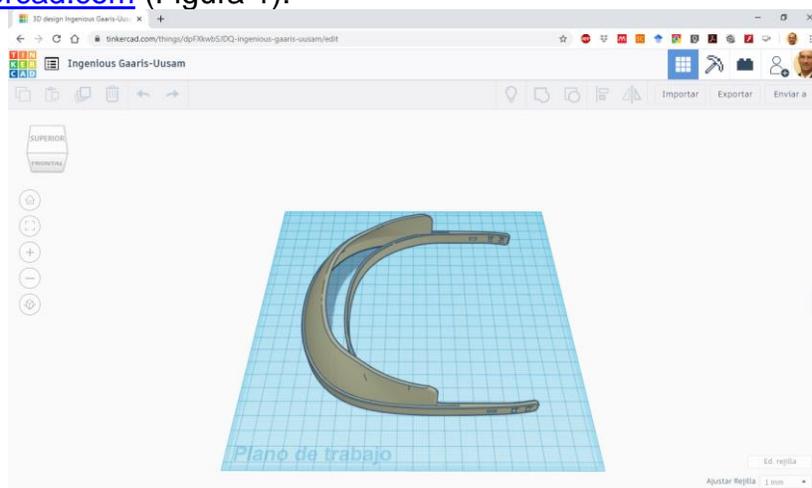


Figura 1. Pantalla facial en la rejilla de trabajo de Tinkercad.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





Además de Tinkercad, hay otros muchos programas de diseño, modelado y edición 3D: Blender (Windows 10), OpenScad, FreeCad, entre otros.

Una vez modificado el diseño del archivo y ajustado a la rejilla de nuestra impresora. Lo exportamos como archivo stl, para posteriormente importarlo con el software laminador Cura (Figura 2) o con Prusaslicer (algunos de los programas para imprimir piezas 3D más populares).

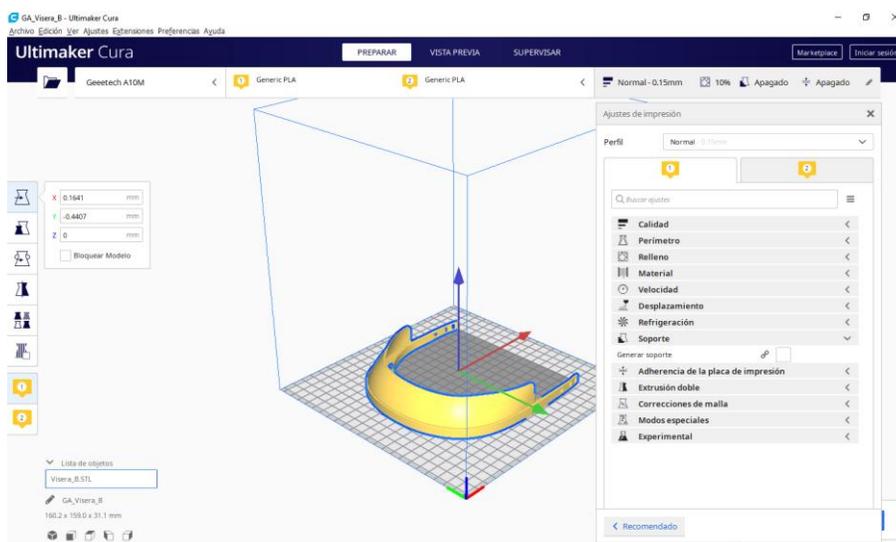


Figura 2. Pantalla facial con el software Cura.

Con estos programas lo que se hace es seleccionar la impresora que utilizaremos, configurar los ajustes de impresión, y se lamina, con lo cual se genera un archivo formato gcode, preparado para grabar en la tarjeta micro-sd y pasar a imprimir. El archivo gcode de impresión generado usando el software Ultimaker Cura, está configurado en calidad media de impresión (altura de capa de 0.2 mm), con un relleno del 10%, relleno tipo cúbico y una velocidad de impresión de 60 mm/s y temperatura de impresión de 200°. Se obtiene un tiempo aproximado de 2 horas 33 minutos por pantalla impresa, y una estimación de consumo aproximado de 32 gramos de filamento PLA por unidad.

**Organización-coordinación:** nos integramos en un grupo de makers denominado “Renault al rescate” (formado por aproximadamente 70 personas). En este grupo de makers, se constituyeron dos grupos de WhatsApp (Figura 3): uno para resolver dudas técnicas, consultas y problemas de impresión 3d; y otro grupo de comunicación logístico, en el cual se planteaba la recogida de toda la producción individual realizada en el día, centralizándose en un domicilio, para pasar el control de calidad correspondiente, y de allí se distribuía a los hospitales, clínicas, residencias de ancianos, cuerpos y fuerzas de seguridad del estado...



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





Figura 3. Captura de la descripción de los dos grupos de whatsapps.

Dentro del grupo maker, teníamos seis coordinadores, cada uno de ellos con una función específica:

1. Coordinador de makers (dudas, etc.).
2. Gestión de nuevas incorporaciones y producciones.
3. Gestión económica/donaciones.
4. Organización de pedidos/coordinación con otras redes.
5. Coordinador con exterior.
6. Coordinadora logística, diseño página web.

Contábamos con una página web (<https://iht7ifvxzfzqayioawnz6q-on.driv.tw/WEB9.html>), donde veíamos el progreso tanto de producción, como de distribución, así como las necesidades demandadas (Figura 4).

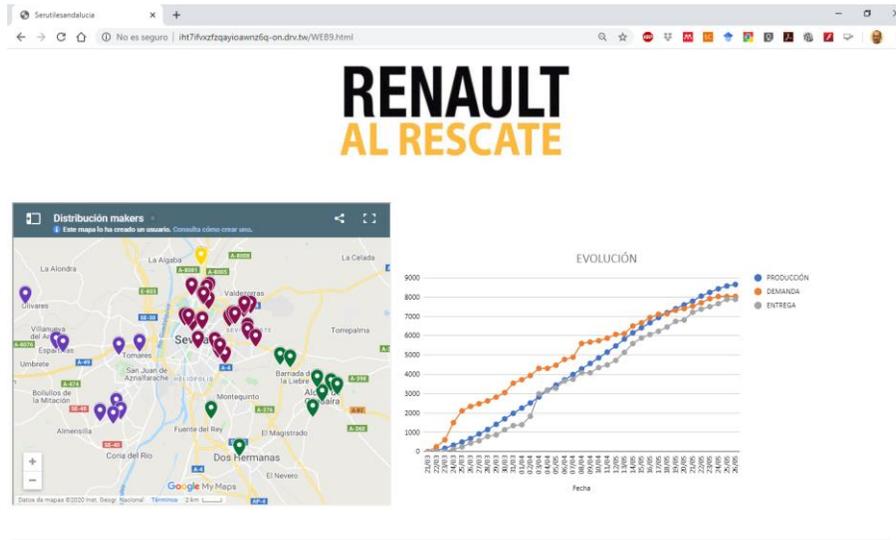


Figura 4. Página web de Renault al rescate (elaborada por Loreto Oliva Gutiérrez).

También se compartió un espacio en drive (Figura 5), donde estaban los archivos a imprimir, guías, parámetros en función de las distintas impresoras, software de diseño, mantenimiento básico de las impresoras, un archivo excel con la producción diaria, repuesto pedido por las averías...

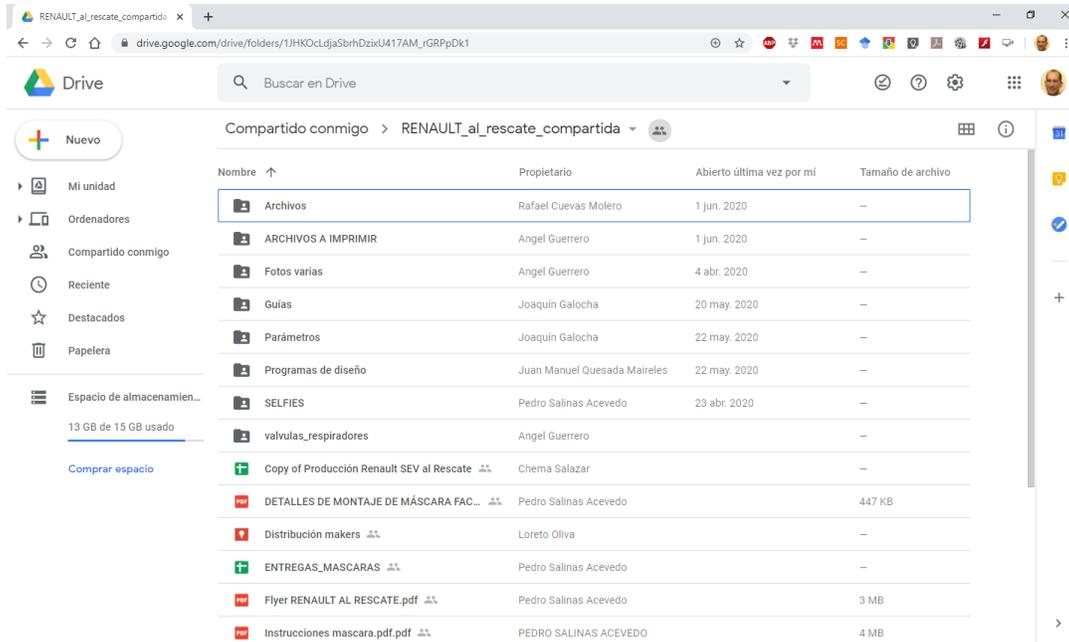


Figura 5. Captura de pantalla del espacio en Drive.





**Distribución de los protectores de pantallas faciales:** ya que teníamos profesionales cercanos, eran estas personas las encargadas de llevarlas a sus trabajos y distribuir entre los compañeros. Debido al estado de alarma, un integrante del grupo makers, al ser transportista (pieza fundamental en esos momentos), ejercía la labor de la recogida diaria por los distintos hogares de los integrantes del grupo makers de la producción del día, y la centralizaba en un domicilio para realizar el control de calidad a la producción (Figura 6).



Figura 6. Mesa de trabajo para el control de calidad de la producción diaria.

Cada maker tenía asignado un número, que se reflejaba con rotulador en su producción en cada una de las pantallas, seguido de la fecha correspondiente, por ejemplo, la anotación 54-21-04 significaba que esa pantalla la había imprimido el maker número 54, el día 21 de abril. En otras ocasiones, hemos contado con la inestimable colaboración de la Policía Nacional, Local y la Guardia Civil de tráfico (Figura 7).

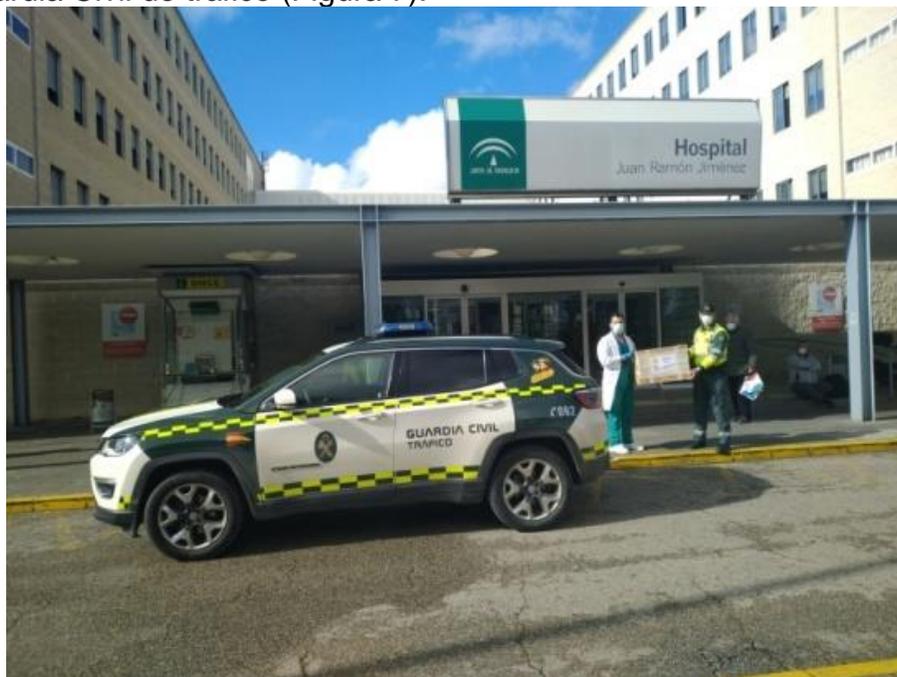


Figura 7. Entrega en la puerta del Hospital Juan Ramón Jiménez (Huelva) gracias a la agrupación de la Guardia Civil de tráfico.





Desde que el grupo comenzó su producción el día 21 de marzo de 2020 hasta el día 26 de mayo de 2020, se ha alcanzado la cifra de 8656 pantallas de protección facial impresas (Figura 8). Aquí apreciamos la curva ascendente, observando al principio la diferencia entre la demanda que nos hacían y la producción, y terminando dicha curva en que se había estabilizado y la producción por tanto era mayor.

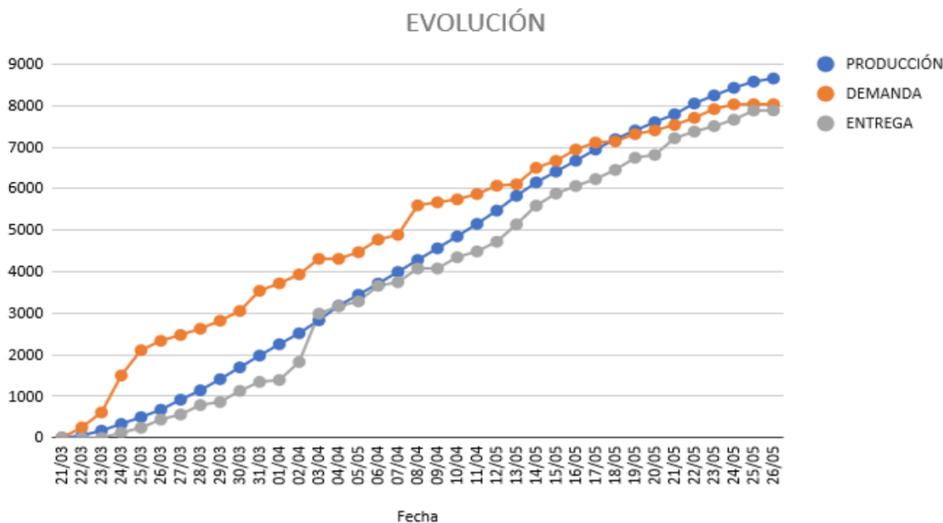


Figura 8. Evolución de la producción, demanda y entrega por fechas.

La mayor satisfacción de esta experiencia ha sido el agradecimiento mostrado por todos los profesionales al recibir las pantallas de protección facial, con comentarios que apoyan la comodidad de estas al realizar sus trabajos, desde personal de urgencias, quirófanos hasta llegar a las alturas de la mano del 112 (Figura 9).

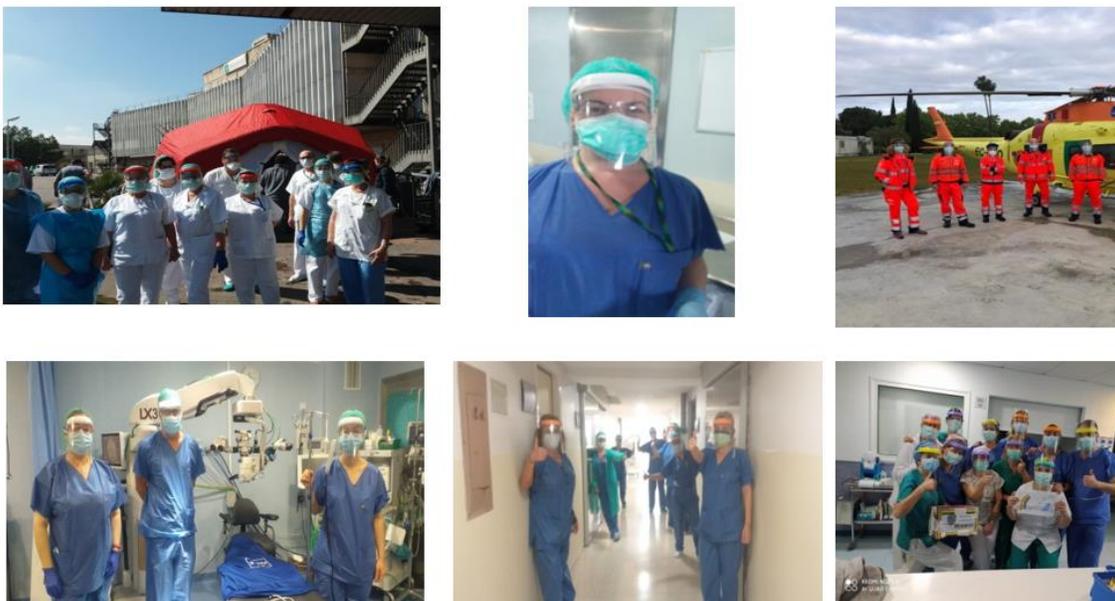


Figura 9. Distintos profesionales sanitarios usando el protector facial.





**Homenaje:** ha sido tal la satisfacción, cooperación, colaboración, compañerismo del grupo de makers, que, al alcanzar la cifra de 8.000 pantallas impresas, el compañero César Gotor, realizó un homenaje a esa edición (Figura 10).



Figura 10. Homenaje a la impresión 8000 gracias a César Gotor.

**Facultad de Educación de la Universidad de Sevilla:** recibimos el apoyo por parte de nuestro centro de trabajo con un pequeño texto el día 6 de abril en la web del centro. “Como docentes debemos educar para cooperar y aquí estos docentes nos dan una muestra de su buen hacer. Trabajando por el bien común, la cooperación, la justicia social, la equidad y la solidaridad conseguiremos una sociedad mejor para todos” (Figura 11).



Figura 11. Captura de la página web de la Facultad de Educación de la Universidad de Sevilla.



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020  
Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56  
ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





**Salva orejas:** también nos hemos centrado en las últimas semanas en la impresión de salva orejas, ya que el personal sanitario demandaba la necesidad de fabricar piezas en 3D denominadas salva orejas para mascarillas, con el fin de evitar las molestias y el daño que pueden causar en las orejas las gomas elásticas de las mascarillas (hay que recordar que suelen tener turnos de 12 horas). Esta pieza (Figura 12) se puede descargar en formato .stl en el siguiente enlace: <https://www.thingiverse.com/thing:4249113>. A partir de ese modelo se modifica y elaboran otros como en el ejemplo de la Figura 13.

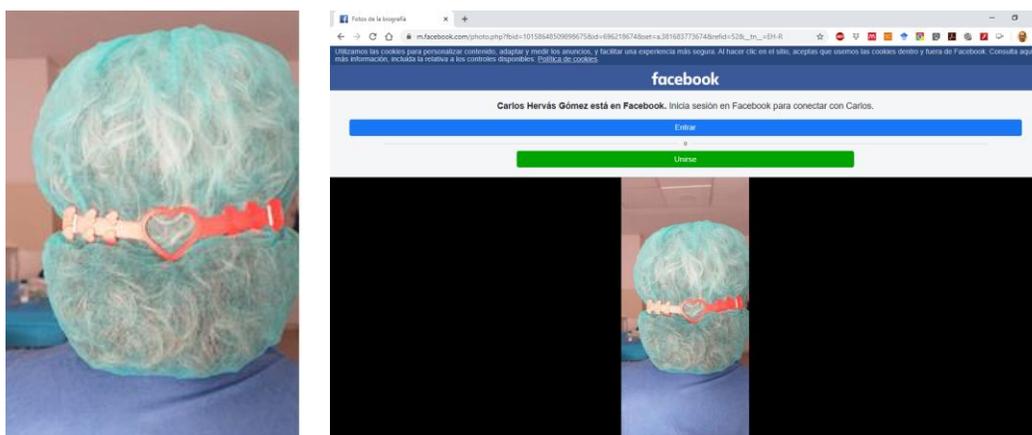


Figura 12. Personal sanitario con un modelo de salva orejas para las mascarillas.



Figura 13. Distintos modelos de salva orejas en 3D y dispositivos de apertura de puertas/ventanas.

**Redes sociales:** a través de ellas no sólo se ha dado difusión de esta experiencia, sino que gracias a ellas nos llegaron muchas peticiones, colaboraciones, etc. durante la pre y post fases del estado de alarma (Figuras 14 y 15).

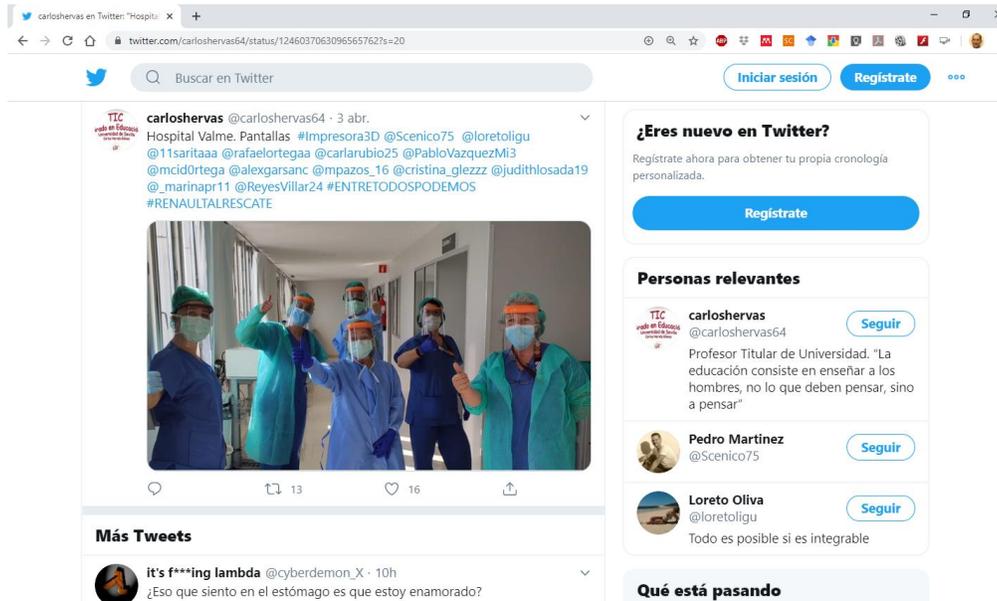


Figura 14. Hospital de Valme (Sevilla). Profesionales con nuestras pantallas de protección facial. (<https://twitter.com/carloshervas64/status/1246037063096565762?s=20>)



Figura 15. Hospital de San Juan de Dios, Bormujos (Sevilla). (<https://twitter.com/promanito/status/1244932710914760704>)





No quisiéramos terminar este manuscrito sin agradecer también la inestimable colaboración de otro de los grupos de trabajo a nivel nacional que más repercusión ha tenido en España: CoronavirusMakers (@CoronavirusMak3). Que, con los más de 780.000 euros invertidos en costes de materiales, han fabricado más de 992.000 viseras, 374.000 salva orejas y casi 135.000 abre puertas/ventanas (Figura 16).



Figura 16. CoronavirusMakers. (<https://www.coronavirismakers.org>)

Otro grupo a nivel andaluz: Sevilla Maker Society (@MakerSocietySVQ), que con sus más de 300 kilos de filamento PLA fundido y las casi 65.000 viseras impresas en 3D, se ha convertido también en referente durante esta pandemia, solamente en la provincia de Sevilla (Figura 17).



Figura 17. Sevilla Maker Society. (<https://sevillamakers.com>).





Por último, y no menos importante, el FabLab (@fablabsevilla) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla (Figura 18), que ha logrado imprimir más de 20.000 máscaras de protección facial y ha contado con la colaboración de unos 150 voluntarios que ayudaron a su ensamblaje y distribución en toda la provincia de Sevilla.

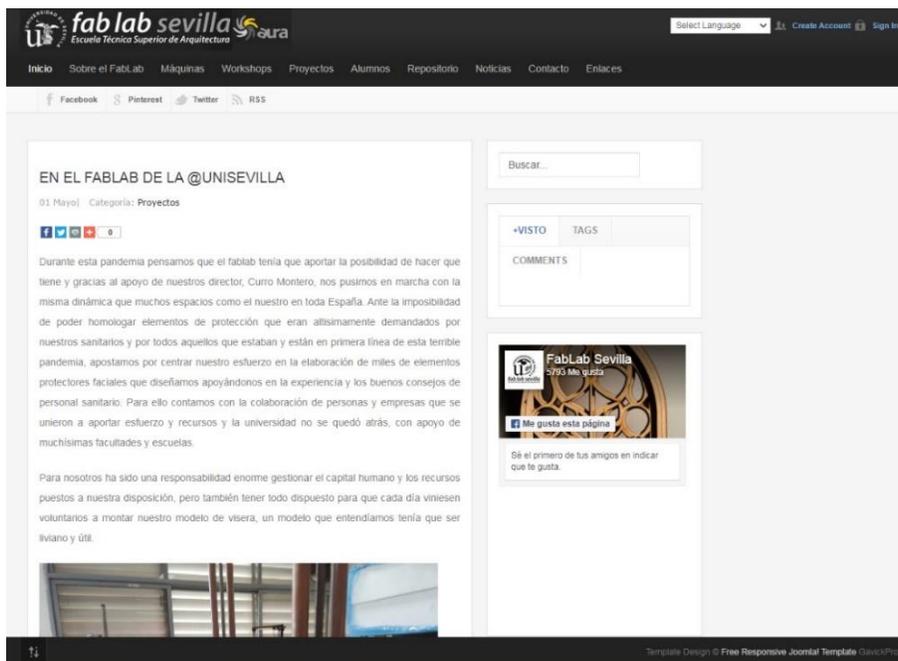


Figura 18. FabLab de la Universidad de Sevilla (<http://fablabsevilla.us.es>).

## 5. Conclusiones.

La rapidez en la evolución de la pandemia ocasionada por el COVID-19, a escala nacional e internacional, ha requerido la adopción de medidas inmediatas y eficaces para hacer frente a esta coyuntura. En este contexto, han surgido iniciativas y soluciones desde la solidaridad y la innovación, con el objetivo de paliar la escasez de material sanitario y de equipos de protección individual. La impresión 3D ha sido una alternativa tecnológica usada con éxito para darle una respuesta rápida y efectiva a la necesidad de fabricar material sanitario y de protección para los profesionales. A nivel educativo, la irrupción de la tecnología de impresión 3D presenta el reto de conocer cómo estos medios tecnológicos pueden dar soporte a actividades de enseñanza-aprendizaje, utilizados como vía para adquirir conocimiento y desarrollar capacidades organizativas y de creación.

El avance de las tecnologías ofrece al profesorado nuevas herramientas y formas de abordar el proceso de enseñanza/aprendizaje. Desde esta perspectiva la impresora 3D abre un abanico de posibilidades al profesorado que hasta el momento era difícil de abarcar en todas las disciplinas (Ford & Minshall, 2019).

Las tecnologías emergentes, como la impresión 3D, son una parte intrínseca de la vida hoy y en consecuencia a los ajustes de educación. La impresión 3D promueve en los estudiantes la motivación y les permite ir más allá de los conceptos teóricos a los productos prácticos,



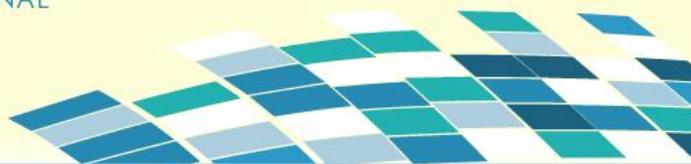
Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI), 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





que tiene un impacto extraordinario en la imaginación de los niños, porque las ideas de los niños pueden transformarse en objetos de la vida real (Szulzyk-Cieplak, Duda, & Sidor, 2014). La impresión 3D proporciona un medio novedoso para producir equipos médicos y de salud, especialmente cuando las cadenas de suministro establecidas están en peligro y el suministro no puede mantenerse al día con la demanda. La respuesta de impresión 3D a los desafíos de COVID-19 durante los primeros meses de 2020 ha ofrecido una oportunidad para la impresión 3D, cómo se utiliza en un contexto de fabricación, atención médica y cómo se percibe (Novak & Loy, 2020).

Actualmente la tecnología de impresión 3d está en auge, convirtiéndose en una herramienta fundamental en la lucha contra la pandemia ocasionada por el COVID-19, ya que nos permite imprimir materiales de protección a bajo costo y bajo demanda.

### Referencias bibliográficas.

- Becker, S. A., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., & Pomerantz, J. (2018). *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*. Retrieved from: <https://library.educause.edu/resources/2019/4/2019-horizon-report>
- Bradshaw, S., Bowyer, A., & Haufe, P. (2010). The intellectual property implications of low-cost 3D printing. *SCRIPTed* 7, 5–31.
- Bullis, K., (2011). GE and EADS to print parts for airplanes. *Technol. Rev.* Retrieved from <http://www.technologyreview.com/news/423950/ge-and-eads-toprint-parts-for-airplanes/>
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B., (2011). *Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*. Atlantic Council, Washington.
- Figg, C., Jennifer, R., Shannon, W., & Pelchat, K. (2018). *Using Informal Learning of Makerspaces to Enhance Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)*. Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2018, Washington, D.C., United States. Retrieved from: <https://www.learntechlib.org/p/182808>
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>
- Gore, A. (2013). *The Future*. New York: Random House.
- Joiner, I. (2018). *Emerging library technologies: it's not just for geeks*. Chandos Publishing, an imprint of Elsevier.
- Kalish, J., (2011). *Ultimaker: There's a new 3D printer in town. Make*. Retrieved from: <http://blog.makezine.com/2011/08/01/ultimaker-theres-a-new-3dprinter-in-town/>
- Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and Informatics*, 32, 118-128.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3d printing*. Retrieved from: <http://ebookcentral.proquest.com>



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>





- López-Gil, M., y Bernal-Bravo, C. (2019). El perfil del profesorado en la Sociedad Red: reflexiones sobre las competencias digitales de los y las estudiantes en Educación de la Universidad de Cádiz. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (11), 83-100. Recuperado de: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/3265>
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based Learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>
- Novak, E. (2020). *3D Printing in Education*. Routledge Encyclopedia of Education.
- Novak, J.I. (2019). Re-educating the educators: colaborative 3d printing education. In I. M. Santos, N. Ali, and S. Areepattamannil (Eds.). *Interdisciplinary and international perspectives on 3D printing in education* (pp. 28-49). United States of America: IGI Global.
- Novak, J.I. & Loy, J. (2020). A critical review of initial 3D printed products responding to COVID-19 health and supply chain challenges. *Emerald Open Res*, 2(24) <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.13697.1>
- Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. *Boletín Oficial del Estado*, 67, de 14 de marzo de 2020, 25390-25400. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/03/14/pdfs/BOE-A-2020-3692.pdf>
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- Shahrubudin, N, Lee, T.C., & Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296.
- Sullivan, P., & McCartney, H. (2017). Integrating 3D printing into an early childhood teacher preparation course: reflections on practice, *J. Early Child. Teach. Educ.* 38, 39-51, <https://doi.org/10.1080/10901027.2016.1274694>.
- Szulzyk-Cieplak, J., Duda, A., & Sidor, B. (2014). 3D Printers - New Possibilities in Education. *Advances in Science and Technology*, 8 (24), 96-101.
- Vázquez-Cano, E., León Urrutia, M., Parra-González, M. E. & López-Meneses, E. (2020). Analysis of interpersonal competences in the use of ICT in the Spanish University Context. *Sustainability*, 12, 476.

#### Sitios web de recursos informáticos citados en el trabajo:

- <http://impresorad3d.com/impresoras-3d-historia/> [Fecha de consulta: 13/06/2020].
- <https://www.thingiverse.com/thing:4261923> [Fecha de consulta: 13/06/2020].
- <https://www.tinkercad.com/> [Fecha de consulta: 13/06/2020].
- <https://www.thingiverse.com/thing:4249113> [Fecha de consulta: 13/06/2020].
- <https://es.digitaltrends.com/fotografia/historia-de-la-impresion-en-3d/> [Fecha de consulta: 13/06/2020].
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D) [Fecha de consulta: 13/06/2020].



Fecha de recepción: 14-06-2020 Fecha de aceptación: 20-06-2020

Hervás-Gómez, C., Román-Graván, P., Domínguez-González, M<sup>a</sup>. A. & Reina-Parrado, M. (2021). Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19

*International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 15, 35-56

ISSN: 2386-4303 DOI <https://doi.org/10.46661/ijeri.4970>

