

REVISTA ODIGOS



CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y CIENCIAS EXACTAS

Vol. 3 Num. 3

2022

OCTUBRE ENERO



Universidad
Israel



CONTENIDO

5 Página legal

7 EDITORIAL
Mg. Renato M. Toasa
Editor de la Revista ODIGOS

9 El valle inquietante, su ejecución y cómo evitarlo en animaciones 3D
Víctor Daniel Maldonado Nolivos

27 Órtesis de inmovilización impresos en 3D para perros: revisión sistemática de la literatura
José Miguel Segnini Maizo
María Francisca Fernández Badillo
Juan Sebastián Velasco Correa
Mary Josefina Vergara Paredes

41 Infraestructura de datos espaciales como apoyo a la toma de decisiones en Gobiernos autónomos descentralizados en la provincia de Esmeraldas
Fabián Lizardo Caicedo Goyes

57 Implementación de un algoritmo para detección del movimiento en una aplicación de realidad virtual
Jonathan Marcelo Tipán Espinoza



75 Creación de un repositorio de código abierto de modelos en 3D de un kit odontológico utilizando Blender

Sara Marina Haro Loor

Danilo Alejandro Soria Maldonado

92 NORMAS DE PUBLICACIÓN
REVISTA ODIGOS

PÁGINA LEGAL

EDITOR GENERAL

Mg. Paúl Francisco Baldeón Egas
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

EDITOR REVISTA ODIGOS

Mg. Renato Mauricio Toasa Guachi
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

COMITÉ EDITORIAL

PhD. Victor Hugo Andaluz Ortiz
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
PhD. David Raimundo Rivas Lalaleo
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
PhD(c). César Leonardo Guevara Gordillo
Universidad Técnica Federico Santa María, Chile
PhD(c). John Reyes Vasquez
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
PhD(c). José Luis Varela Aldás
Universidad Tecnológica Indoamerica, Ecuador
PhD(c) . Fernando A. Chicaiza
Universidad Nacional de San Juan, Argentina
PhD(c). Christian Carvajal
Universidad Nacional de San Juan, Argentina
PhD(c). Javier Santiago Vargas Paredes
Universidad de Chile, Chile
M.Sc. Cristian Mauricio Gallardo Paredes
Universidad Politécnica de Tomsk, Rusia
M.Sc. Flores García Yolanda Graciela
Universidad Politécnica de Tomsk, Rusia
Mg. David Omar Guevara Aulestia
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
MSc. Nataly Pozo Viera
Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
MSc. Juan Pablo Guevara Gordillo
Universidad Central del Ecuador, Ecuador
MSc. Carlos Alfredo Silva Villafuerte
Universidad Técnica de Manabí , Ecuador
MSc. Christhel Alejandra Andrade Díaz
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
MSc. Darwin Stalin Ramirez Supe
Universidad Internacional de la Rioja, España
Mg. Estefanía de las Mercedes Zurita Meza
Instituto Tecnológico Superior Pelileo, Ecuador
MSc. Edgar Fabián Rivera Guzmán
Instituto Tecnológico Superior Oriente, Ecuador
Mg. Edison Andrés Gómez Reyes
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Ecuador
Mg. David Martínez Villacrés
Universidad de Guayaquil, Ecuador
MSc. Francisco Javier Galora Silva
Universidad Internacional de la Rioja, España
MSc. Mauricio Xavier López Flores



Universidad Internacional de la Rioja, España
MSc. Elvis Román López Flores
Universidad Internacional de la Rioja, España
MSc. Juan Carlos Barrera León
Instituto Politécnico de Leiria, Portugal

**GESTIÓN DE LA REVISTA
ELECTRÓNICA
RESPONSABLE DE ESTILO**

Mg. Paúl Francisco Baldeón Egas
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador
Lcda. Carla Cristina Florez
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

CORRECTOR

Carlos A. Scarabelli
Editor por la Universidad de Buenos Aires, Argentina

**RESPONSABLE DE DISEÑO,
MAQUETACIÓN Y
DIAGRAMACIÓN**

Mg. José Alejandro Vergelín Almeida
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

**RESPONSABLE
PROGRAMADOR**

Ing. Carlos Alberto Rivadeneira Proaño
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN - CUATRIMESTRAL

ENTIDAD EDITORA

Universidad Tecnológica Israel
Dirección: Marieta de Veintimilla E4-142 y Pizarro, Quito
Código postal EC-170522
editorial@uisrael.edu.ec - Teléfono: (02) 255-5741 ext. 113

EDITORIAL

Nos complace presentar el número 3, volumen 3 de la Revista ODIGOS, el tercer y último del año 2022. En esta ocasión se pone a disposición de toda la comunidad científica y académica 05 trabajos científicos que son resultado de investigaciones elaboradas con alta rigurosidad científica y metodológica, y que aportan significativamente a diversas áreas del conocimiento.

Como en todas nuestras publicaciones, los trabajos presentados han pasado por un proceso de selección, arbitraje, corrección y edición, que van en correspondencia con las líneas aprobadas por la Universidad Tecnológica Israel, entidad editora de nuestra revista.

En este contexto, los trabajos que se presentan son:

“El valle inquietante, su ejecución y cómo evitarlo en animaciones 3D” es el título del primer artículo que se presenta, en este trabajo el autor se propone investigar sobre el fenómeno en animaciones 3D denominado el Valle Inquietante, buscar las causas que lo provocan, estudiar los diseños y animaciones que caen dentro del valle inquietante y buscar alternativas para solucionarlo.

El segundo trabajo publicado lleva por nombre *“Órtesis de inmovilización impresos en 3D para perros: revisión sistemática de la literatura”*, en el cual se presenta una revisión sistemática de literatura que considera las órtesis caninas de inmovilización, haciendo singular enfoque en la impresión 3D, para esto se consideran dos preguntas importantes, para la revisión en bases de datos de alto impacto a) ¿Qué tipo de tecnología utilizan las órtesis impresas en 3D de inmovilización para perros?, y b) ¿Cuáles son los métodos considerados en los estudios?, se identifica que no existen muchos estudios específicos sobre órtesis caninas, por lo que se espera una gran aceptación de este importante estudio.

Por otra parte, los autores de *“Infraestructura de datos espaciales como apoyo a la toma de decisiones en Gobiernos autónomos descentralizados en la provincia de Esmeraldas”* analizan la importancia y el impacto de implementar una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en la toma de decisiones, dentro de los Gobiernos autónomos descentralizados provinciales, cantonales y parroquiales en la provincia de Esmeraldas, Ecuador, los resultados preliminares demuestran que la implementación permitirá dirigir, monitorear, controlar y evaluar el cumplimiento de las políticas en los diferentes niveles de gobierno.



Mientras que en *“Implementación de un algoritmo para detección del movimiento en una aplicación de realidad virtual”*, se presenta un análisis de distintos algoritmos enfocados en la detección de movimiento en aplicaciones de realidad virtual, inicialmente se define el grupo de estudio a quien va dirigida la propuesta, luego el análisis de los algoritmos, implementando el que mejor se adapta al público objetivo, el algoritmo implementado ha funcionado correctamente, permitiendo detectar el movimiento del usuario y transformar este resultado en un valor numérico, que puede ser analizado y permita la toma de decisiones de acuerdo al uso que se le dé.

Finalmente, el último trabajo: *“Creación de un repositorio de código abierto de modelos en 3D de un kit odontológico utilizando Blender”*, propone el desarrollo de un repositorio gratuito de código abierto de modelos 3D perteneciente al instrumental de un kit odontológico, con este estudio se pretende que el repositorio tenga diferentes usos que solventen las variadas necesidades presentes en la educación del campo odontológico, y, si es posible, ser usados en trabajos con horizontes más extensos.

El impacto de estas investigaciones, dentro de la comunidad científica, permitirá replantear modelos y herramientas para generar propuestas de intervención que contribuyan con la solución de ciertos problemas existentes en la sociedad, relacionados con los temas aquí tratados.

De esta manera, dejamos a disposición de los lectores este material de transferencia y difusión del conocimiento.

Mg. Renato M. Toasa
Editor de la Revista ODIGOS

El valle inquietante, su ejecución y cómo evitarlo en animaciones 3D

The uncanny valley, its execution and how to avoid it in 3D animations

Fecha de recepción: 2022-07-30 • Fecha de aceptación: 2022-08-29 • Fecha de publicación: 2022-10-10

Víctor Daniel Maldonado Nolivos
Universidad Central del Ecuador, Ecuador
vdmaldonado@uce.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7588-6430>

RESUMEN

Dentro de la animación 3D, el diseño no es tan simple como hacer un buen o un mal diseño, hay otros factores que influyen si el personaje genera o no empatía hacia el espectador; uno de los factores críticos que indica que el diseño no cumplió con las expectativas es si entra dentro del valle Inquietante, un fenómeno estudiado en el diseño robótico pero que se ha extendido hasta llegar a la animación 3D. Si bien es únicamente una teoría, hay que considerarlo para tener la posibilidad de corregir diseños de personajes y que sean agradables a la vista, así como para buscar alternativas modernas para crear diseños o animaciones 3D ultrarealistas.

PALABRAS CLAVE: robótica, realismo, representación visual, composición digital, animación

ABSTRACT

Within 3D animation, design is not as simple as making a good or bad design, there are other factors that influence whether or not the character generates empathy towards the viewer; one of the critical factors that indicates that the design did not meet expectations is whether it falls within the uncanny valley, a phenomenon studied in robotic design but that has spread to 3D animation. Although it is only a theory, it must be considered in order to have the possibility of correcting character designs and make them pleasing to the eye, as well as to look for modern alternatives to create ultra-realistic 3D designs or animations.

KEYWORDS: robotics, realism, visual representation, digital compositing, animation

Introducción

Al ser espectadores de contenido audiovisual, cuando se presentan personajes ficticios que claramente no forman parte de nuestra realidad, se deja de lado el escepticismo y se toma como real el mundo de fantasía que se nos plantea; de esta forma no existe la lógica y patrones antropomorfos que deberían tener los personajes y se asume su apariencia como algo natural. En un principio, al ser un mundo ilusorio, no ocurre ningún problema, es evidente que la forma en que se ven y se desenvuelven los personajes no tienen por qué parecerse a los humanos, pero en cuanto se trata de cruzar la línea y en lugar de quedarse en territorio de la obvia fantasía e intentan semejarse a la realidad, ocurre un fenómeno conocido como *valle inquietante*.

Este es una teoría que dispone que, conforme un personaje robótico o animado alcance réplicas antropomórficas, el cerebro humano empieza a generar desconfianza y repulsión (Araujo y Lascurain, 2022). En particular, producen rechazo cuando estas llegan al punto de simular casi por completo las características fisiológicas de un ser humano. Este rechazo provoca que las empresas dedicadas a la animación y/o robótica tengan que replantear la idea de cuánto se debe parecer el diseño de sus creaciones a la realidad (Bautista y Martini, 2014).

A continuación, se propone indagar sobre este fenómeno, buscar las causas que lo provocan, estudiar los diseños y animaciones que caen dentro del valle inquietante y buscar alternativas para solucionarlo.

Metodología

El valle inquietante es únicamente una teoría y no hay evidencia empírica que indique si es o no válido, por lo que los criterios de si un diseño entra o no dentro de este están sujetos a la percepción y juicio del observador; sin embargo, para poder calificar e indicar la posición que tomará un diseño, primero se profundizará sobre la gráfica propuesta por Mori et al. (2012) donde se recorre la gráfica con diseños que van desde poco parecidos a un humano, hasta la similitud exacta (Pollick, 2009). Una vez clarificado lo que la gráfica representa y habiendo visto algunos ejemplos que evidencien lo que Mori manifestó, se estudian las posibles causas que producen este efecto, para finalmente mostrar las alternativas que se usan en grandes industrias como videojuegos o cine, para lograr un nivel de detalle excepcional.

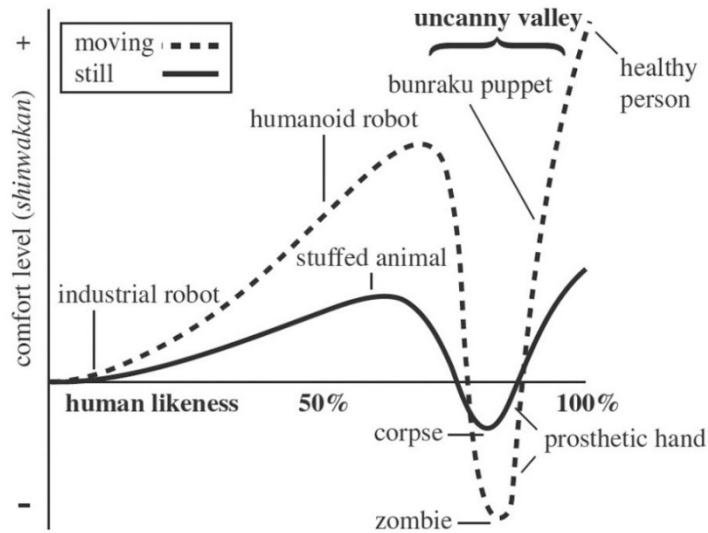
Resultados

El término *valle inquietante* fue introducido en 1970 por Masahiro Mori, profesor de ingeniería en el Instituto de Tecnología en Tokio. Mori habla sobre la relación que hay entre el diseño de los robots y la respuesta que genera por parte del espectador; además, observó que en cuanto aumenta el realismo, también aumenta el rechazo (Pollick, 2009).

Para ello hizo un gráfico (ver *Figura 1*) donde se muestra en el eje de las abscisas el parecido con un ser humano y el eje de las ordenadas, la aceptación o rechazo que producían.

Figura 1

Gráfico del Valle Inquietante



En general, la tendencia parecía ir a favor del realismo para los diseños; sin embargo, llega un punto en el que cae rotundamente cuando se aproxima casi al 100%, esta caída abrupta es lo que se conoce como el valle inquietante, donde Mori decía que el rechazo que produce este tipo de diseños es similar al de observar un cadáver.

3.1 Antes del valle inquietante

En la *Figura 1* se muestra una nula similitud con el ser humano y a su vez no genera ni aceptación ni rechazo; es decir, genera una respuesta neutral. En la *Figura 2* entran, por ejemplo:

Figura 2

Producto HomePod Mini



Figura 3*Modelo 3D de Lámparas*

Los diseños no muestran ninguna respuesta en especial por parte de los usuarios, en el caso de la *Figura 2* es un objeto físico con un diseño minimalista, no intenta semejarse de ninguna manera a la fisonomía humana, en el caso de la *Figura 3*, siendo un modelo 3D, los colores y su iluminación son correctas, al igual que en el caso anterior, no hay ningún tipo de respuesta.

Ahora bien, ¿qué pasa cuando se añade algún elemento que integre un componente o intente imitar al ser humano?

Figura 4*Modelo 3D Brazo Mecánico*

Figura 5

Modelo 3D Brazo Industrial

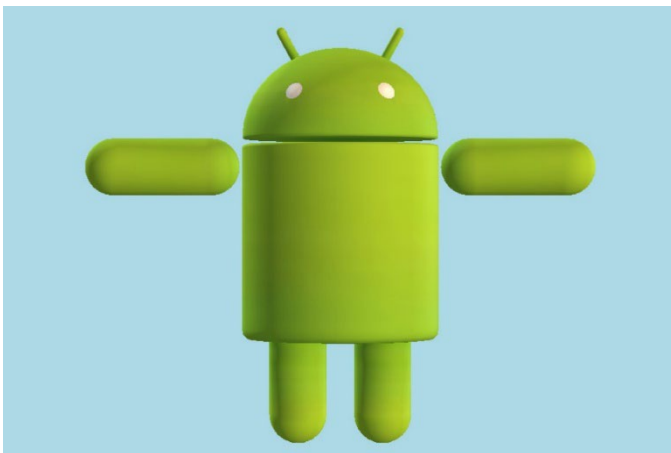


En el caso de las *Figuras 4 y 5* se nota que siguen sin intentar imitar la fisonomía humana, pero no produce como tal un rechazo, hasta se puede elegir y cambiar el diseño para que se adecúe a las necesidades.

Conforme se recorre la gráfica se muestran unos diseños con algo más de realismo, en el siguiente caso, se observa en la *Figura 6* al icónico y reconocido modelo de Android.

Figura 6

Modelo 3D Android

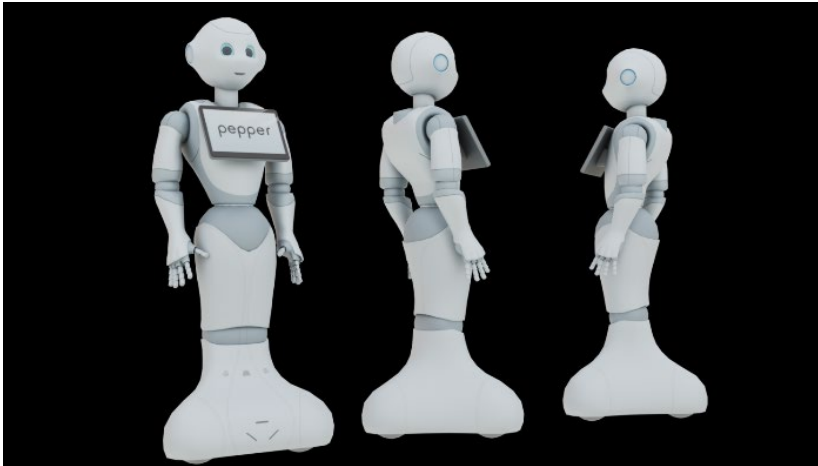


Este diseño ya incorpora características humanas, brazos, piernas, cabeza, tronco, ojos y produce significativamente más aceptación en cuanto a su diseño que los modelos anteriores.

Si se va más allá y se incorporan más rasgos humanos (ojos, nariz, boca), el resultado no provoca ningún tipo de incomodidad al espectador, es más, parece incluso más amigable comparado con los diseños anteriores (ver *Figura 7*).

Figura 7

Modelo 3D Pepper



Hasta este punto no hay objeciones ni anomalías, en general los diseños cumplen con los principios básicos de percepción que determina la atracción del espectador hacia un modelo que cumple con una estética, cuanto más parecido a un humano sea el diseño, este genera más aceptación (Frascara, 2004). Sin embargo, el parecido no es totalmente humano, se evidencia la enorme brecha que tiene este diseño a pesar de incorporar elementos humanos.

En principio, el hacerlo más parecido supondría un diseño más orgánico, la respuesta por parte del espectador deberá ser más acogedora que con los ejemplos anteriores; no obstante, el resultado es abrumadoramente diferente. En la siguiente sección se detallará con más detalle este fenómeno.

3.2 Dentro del valle inquietante

Partiendo del primer pico en la *Figura 1*, los diseños que continúan sufren un fuerte descenso, lo que se traduce a que el diseño produce repulsión o disgusto. Cuando se llega al punto más bajo de la gráfica, la sensación que se produce es tan desagradable que es similar a ver un cadáver (Villagrasa et al., 2009).

Figura 8

Captura Tin Toy Pixar



Tin Toy, un cortometraje creado por Pixar en 1988 que se llevó varias críticas por el diseño “realista” que se da al bebé, intenta dar más detalles faciales en su diseño, pero este detalle es el que precisamente hace que resulte incómodo de ver, como se observa en la *Figura 8*. Si bien no genera un rechazo total, es evidente que el diseño, a diferencia con los anteriores, y a pesar de tener más detalles humanos, no es del agrado de todo el público.

Figura 9

Captura Final Fantasy: The Spirits Within



En *Final Fantasy: The Spirits Within* estrenada en 2001 se presenta la primera película realizada con animaciones fotorrealistas por computadora (*Figura 9*); si bien los diseños de los personajes de forma estática no genera un rechazo inmediato y parece que están bastante logradas, la

escasez de expresiones faciales (probablemente no se pudo lograr el movimiento completo debido a la complejidad) provocó que en cuanto se presenten a los personajes en movimiento o interactuando con otro personaje no se vea natural (Butler & Joschko, 2007).

Figura 10

Captura Tráiler 1 - Sonic, La Película



Como se puede ver en la *Figura 10*, en el primer tráiler de Sonic, la película estrenada en 2019, se muestra un Sonic en 3D de forma ultrarealista, dado que originalmente el personaje fue diseñado en 2D, pero al momento de trasladarlo a la tercera dimensión el diseño se hizo con proporciones y gestos demasiados humanos; esto causó un rechazo casi absoluto, pues rompió el canon de belleza tradicional, ese que diariamente la fotografía, televisión, cine, Internet, etc., indican cómo se debe pensar y valorar (Sossa, 2011). Posterior a las críticas, se rediseñó el personaje para alejarlo del valle inquietante.

No existe una razón concreta del por qué se produce este fenómeno del valle inquietante; a continuación, se proponen unas hipótesis que explican el trasfondo del asunto.

3.3 Rechazo

Los seres humanos usan la visión para percibir inicialmente el entorno, al estar constantemente expuestos a ver rostros y cuerpos humanos, se conoce a la perfección cada expresión, rasgo y movimiento que distinguen a cada persona y que hace que se pueda diferenciar de otras. Entonces no es de extrañar que, sobre la base de los rostros conocidos y a un estándar de belleza, se elija una pareja basándose en quien resulte más atractivo, siendo el aspecto físico

indicador de salud y fertilidad (MacDorman et al., 2009). Por lo que el rechazo que se produce cuando se observa un personaje 3D que cae dentro del *uncanny valley* es una respuesta natural del cerebro, al activar un mecanismo de defensa para evitar elegir una pareja enferma o con baja fertilidad.

Cuando un diseño se parece demasiado a un humano, debe cumplir con criterios mínimos (forma, color, movimientos), por lo que alguna anomalía que interfiera con alguno de estos criterios produce incomodidad. Esto se debe a que los defectos indican enfermedad e instintivamente se busca alejarse de cualquier tipo de bacterias o virus que pueda perjudicar. Entonces, el cerebro activa rechazo hacia estos diseños, salvaguardándose de personas enfermas (MacDorman et al., 2009).

3.4 Paradoja Sorites

La paradoja Sorites consiste en utilizar el sentido común sobre conceptos imprecisos o poco claros, llegando a extremos donde un concepto contradice a otro. En el caso del valle inquietante, el diseño de personajes con alto parecido al de un humano produce en la mente una batalla interna; por un lado, un alto porcentaje de similitud debería generar empatía y aceptación; por otro lado, el personaje intenta fallidamente copiar la identidad, lo que provoca que no cumpla con todos los aspectos que se consideran “naturales” y hace poner en duda sobre si es o no es humano (Peña y Vásconez, 2010).

3.4.1 Ser humano incompleto

Cuando un diseño tiene apariencia humana se espera que cumpla con ciertos criterios estéticos, es esta predisposición para obtener un resultado impecable, en cuanto su aspecto físico, la que contrasta con el resultado real. Al no ver un movimiento o rasgo pertinente para la acción del personaje, parecería que tiene algún tipo de dificultad o limitación, es esta sensación de que el personaje no se encuentra bien o tiene algún tipo de falta, lo que produce el rechazo (Pastor y Bonilla, 2000).

3.4.2 Identidad humana

Hay varios aspectos que distinguen a los humanos, desde el punto de vista filosófico, se resume en si es un ente único e inamovible o el resultado de experiencias, sin importar cuál sea la postura que uno elija, hay que admitir el enorme éxito que tiene el ser humano como especie y lo aterrador que supondría el que una especie similar a la humana amenace. En general, la idea de objetos o figuras similares a la de los humanos presentan mayormente una amenaza y causa rechazo (Velázquez, 2009).

3.5 Después del valle inquietante

Si bien darle rasgos humanos a un personaje puede llegar a ser contraproducente, si se hace de forma en que no haya ninguna duda y se hayan acoplado con exactitud todos los elementos que conforma un ser humano, como se muestra en la *Figura 1*, la respuesta es aceptación absoluta.

En el mundo digital se podría decir que se llega a superar el valle inquietante, pues existen animaciones 3D que muestran un hiperrealismo bastante bien logrado, por ejemplo, como se ven en las imágenes a continuación.

Figura 11

Captura Blade Runner 2049 – Rachel



Figura 12

Terminator: Dark Fate - Sarah Connor



Figura 13

Captura Gemini Man – Clon de Henry



Estos ejemplos parece que indican que ya se ha superado el valle inquietante en animación 3D, el problema es que estos personajes solo aparecen en momentos puntuales y no es una recreación completa desde 0 de un personaje en 3D, sino que los diseñadores utilizan técnicas que ayudan a lograr este realismo; estas técnicas son:

- **Composición digital**

Consiste en combinar varios elementos para que funcione como una única pieza; es similar a ir añadiendo capas donde en cada una se encuentra cada elemento por separado para optimizar su manipulación (Sánchez-Moreno, 2016). A continuación se evidencian algunos ejemplos.

Figura 14

Capitana Marvel – Nick Fury con composición digital



Figura 15

Terminator: Dark Fate – Sarah Connor con composición digital



- **Deepfake**

Deepfake surge como un intento de trastornar la realidad hasta el punto donde no se pueda diferenciar entre la realidad de la ficción. El ejemplo más claro es cuando se integra de forma digital el rostro de una persona en otra. *Deepfake* utiliza la inteligencia artificial y sobre la base de poca información como imágenes o fragmentos de voz de una persona, recrea de forma casi exacta la forma del rostro de la persona (Cerdán y Padilla, 2019).

Figura 16

Blade Runner 2049 – Rachel con DeepFake



Figura 17*Logan – Doble Logan con DeepFake*

Como se puede ver en la *Figura 17*, el rostro de Logan fue integrado al de un doble, por lo que el resultado final, como es de esperar, únicamente parece Logan. Cabe recalcar que en el cine o en industrias donde el resultado tiene altos estándares de calidad, se utilizan dobles con un alto parecido al actor original, para que la técnica de DeepFake tenga mejores resultados.

Conclusiones

Esta teoría no es ninguna norma o ley que deban seguir los diseñadores de personajes para producir una respuesta positiva por parte de los espectadores, sino una advertencia para evitar los diseños altamente realistas, ya que, si no lo son por completo, generan una respuesta de rechazo e incomodidad. En general, humanizar objetos y darles demasiados detalles a los rasgos de su fisonomía no es una buena idea; cabe recalcar que no todo el mundo tiene la misma concepción de belleza o de identidad como para que este efecto produzca una reacción significativa para atribuirle o desmerecer mérito a los diseñadores. Seguramente hay diseños catalogados dentro del valle inquietante para que a algunas personas no les produzca la misma sensación de rechazo, pero es mejor tener en cuenta estos detalles para futuros diseños e ideas; además de que, usado correctamente, podría ser una herramienta muy poderosa, como lo es el caso del terror, donde se busca generar inquietud al espectador.

En cuanto a la animación, cuando un personaje interactúa, tiene movimiento o se desarrolla con elementos del mundo que lo rodea, magnifica la respuesta generada en primera instancia por su diseño; es decir, si en un principio el diseño tiene una respuesta positiva, su animación produce una respuesta aún más positiva. Pero si, por el contrario, el diseño del personaje cae dentro del valle inquietante, al animarlo lo hace aún más horripilante, pues el tener rasgos extremadamente realistas hará que las expectativas del espectador sobre los movimientos y expresiones faciales del personaje sean también extremadamente realistas.

La tecnología apoya al contenido audiovisual brindando soluciones dinámicas para resolver problemas de índole creativo; en este caso, *DeepFake* o la composición digital son herramientas que están al alcance de cualquiera y permite recrear la presencia de cualquier persona, pero

ninguna de estas son un modelo 3D, debido a esto se puede entender que no resuelve de forma objetiva el problema del valle inquietante, pero es importante saber que existen este tipo de alternativas para no entorpecer el trabajo gastando el tiempo en cosas innecesarias, más aún cuando uno de los objetivos es obtener un resultado realista.

Referencias

- Araujo, D. y Lascurain, I. (2022). Robótica social, la ciencia detrás de la interacción humana. *+Ciencia*, (28), 19-21. <https://revistas.anahuac.mx/masciencia/article/view/1233>
- Bautista, D. y Martini, S. (2014). ¿Qué hay más allá del Valle Inquietante? Universidad Politécnica de Madrid, 1-7. <https://oa.upm.es/25654/>
- Butler, M. & Joschko, L. (2007). Final Fantasy or The Incredibles Ultra-realistic animation, aesthetic engagement and the uncanny valley. *Animation Studies*, 3, 55-57.
- Cerdán, V. y Padilla, G. (2019). Historia del fake audiovisual: deepfake y la mujer en un imaginario falsificado y perverso. *Historia y Comunicación Social*, 24(2), 505-520. <https://doi.org/10.5209/hics.66293>
- Frascara, J. (2004). *Diseño gráfico para la gente. Comunicaciones de masa y cambio social*. Ediciones Infinito.
- MacDorman, K., Green, R., & Koch, C. (2009). Too real for comfort? Uncanny responses to computer generated faces. *Computers in human Behavior*, 25(3), 695-710. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.026>
- Mori, M., MacDorman, K., & Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98-100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Pastor, R., y Bonilla, A. (2000). Identidades y cuerpo: el efecto de las normas genéricas. *Papeles del Psicólogo*, (75), 33-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77807506>
- Peña, L., y Váscquez, M. (2010). Paso a Paso: Una solución gradualista a la paradoja del sorites, lejos de la indeterminación y del agnosticismo. *Bajo Palabra*, (5), 399-418. <http://hdl.handle.net/10261/37277>
- Pollick, F. (2009). In Search of the Uncanny Valley. In Daras, P., Mayora, O (Eds.) *User Centric Media*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12630-7_8
- Sánchez-Moreno, J. (2016). *Análisis de la composición digital para la realización de efectos digitales en los casos de The Martian (2015) y Mas Max: Fury Road (2015)* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de València] <http://hdl.handle.net/10251/71562>
- Sossa, A. (2011). Análisis desde Michel Foucault referentes al cuerpo, la belleza física y el consumo. *Polis, Revista Latinoamericana*, 10(28), 8-12. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682011000100026>
- Velázquez, H. (2009). Transhumanismo, libertad e identidad humana. *Thémata. Revista de Filosofía*, (41), 577-590. <http://institucional.us.es/revistas/themata/41/36velazquez.pdf>
- Villagrasa, S., Duran, J., y Clares, J. (2009). Animación facial: Cómo (Re)crear el perfecto rostro humano 3D. *Memorias CISCi 2009*. <http://hdl.handle.net/2072/450273>

Copyright (2022) © Víctor Daniel Maldonado Nolivos



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)

Órtesis de inmovilización impresos en 3D para perros: revisión sistemática de la literatura

3D printed immobilization orthoses for dogs: a systematic literature review

Fecha de recepción: 2022-06-16 • Fecha de aceptación: 2022-08-03 • Fecha de publicación: 2022-10-10

José Miguel Segnini Maizo¹

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ecuador

jmsegnini@pucesi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4894-6482>

María Francisca Fernández Badillo¹

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ecuador

mffernandez@pucesi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5854-0566>

Juan Sebastián Velasco Correa¹

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ecuador

jvelasco@pucesi.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4572-2333>

Mary Josefina Vergara Paredes²

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

mvergarap@ups.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5718-3325>

RESUMEN

En el mercado nacional no existen empresas ni proyectos académicos que trabajen en el desarrollo

de órtesis de inmovilización para perros, solo se encuentran productos comerciales de importación con altos costos de adquisición y mantenimiento. En esta investigación se presenta una revisión sistemática de literatura que considera las órtesis caninas de inmovilización, haciendo singular enfoque en la impresión 3D. Se aplica el método de Torres-Carrión, planteando dos preguntas de investigación: a) ¿Qué tipo de tecnología utilizan las órtesis impresas en 3D de inmovilización para perros?, y b) ¿Cuáles son los métodos considerados en los estudios? La búsqueda en las bases de datos como Scopus y Google Scholar generaron diez y un artículo, respectivamente. Como resultados se destaca la utilización del escáner 3D para realizar digitalmente el levantamiento tridimensional del miembro afectado del animal y así procesar mediante paquetes computacionales el diseño, análisis del dispositivo para luego fabricarlo mediante la tecnología de impresión 3D. Concluyendo que no existen muchos estudios específicos sobre órtesis caninas impresas tridimensionalmente, abriendo una brecha para futuros estudios en este campo específico.

PALABRAS CLAVE: método de impresión, rehabilitación médica, animal doméstico, revisión sistemática

ABSTRACT

In the national market there are no companies or academic projects working on the development of immobilization orthoses for dogs, only imported commercial products with high acquisition and maintenance costs. This research presents a systematic literature review that considers canine immobilization orthoses, with a singular focus on 3D printing. The Torres-Carrion method is applied, posing two research questions: a) What type of technology is used in 3D printed dog immobilization orthoses, and b) What are the methods considered in the studies? The search in databases such as Scopus and Google Scholar generated ten and one article, respectively. The results highlight the use of the 3D scanner to digitally perform the three-dimensional survey of the affected limb of the animal and thus process through computer packages the design and analysis of the device and then manufacture it using 3D printing technology. We conclude that there are not many specific studies on three-dimensional printed canine orthoses, opening a gap for future studies in this specific field.

KEYWORDS: printing method, medical rehabilitation, domestic animal, systematic review

Introducción

Los animales, al igual que los humanos, están expuestos a accidentes, deformidades o enfermedades que dificultan su normal movimiento. Esto quiere decir que la calidad de vida se reduce cuando el animal sufre dislocaciones, esguinces, esguinces de articulaciones, ligamentos y otras enfermedades que pueden o no derivar en cirugía, y, en la mayoría de los casos, es necesario entablillar para su recuperación. Si bien esto es cierto, en otros países existen órtesis para rehabilitar o acondicionar animales; son dispositivos importados, que tienen un alto costo en la realidad social ecuatoriana, y es la razón principal por la que en su lugar los veterinarios optan por improvisar (*Thomas Splints*) con accesorios como tubería de PVC, madera, algodón, etc (Rubio, 2011).

Las órtesis convencionales (yeso) de acuerdo con Segnini et al. (2017) presentan unas series de desventaja como son, el peso, el impedimento del lavado de heridas, posibles alergias en la piel, tiempo de recuperación, son incómodas para el usuario y son solubles en agua.

Bajo la luz de lo anterior, a nivel mundial, muchas Instituciones de Educación Superior y centros de investigación han desarrollado prototipos de interés, siguiendo metodologías del proceso de diseño, análogas entre sí, y que parten de la investigación de referentes que sirven para generar diversas alternativas de mecanismos, materiales y estética. En este sentido, países como España, Estados Unidos, Israel, Rusia y Suecia han direccionado esfuerzos para desarrollar dispositivos de inmovilización para animales, específicamente perros, como se muestra en varios trabajos, como por mencionar algunos, los de Antonana et al. (2019); Popov et al. (2019); Torres et al. (2017); Wagoner et al. (2018); Mesa (2020) y Pascual Torres (2019), todos direccionados a resolver el problema de movilidad y marcha del animal, utilizando como herramienta principal la manufactura aditiva (impresión 3D). A pesar de ello, muchos son equipos complejos con sensores electrónicos y con conectividad móvil, otros poseen componentes de electroestimulación para acelerar la recuperación del usuario y en otros casos, utilizan materiales especiales como la fibra de carbono.

Países latinoamericanos como Colombia y Guatemala documentan investigaciones en pro del desarrollo de equipos ortésicos de inmovilización para perros, tal como los presentados por Rubio (2011), Cortés (2013), Rocha (2019) y Herrera et al. (2020), en donde dos de las investigaciones, desarrollan dispositivos ortésicos para solucionar problemas puntuales como la displasia de cadera y la estenosis degenerativa lumbosacra, mientras que la de Cortés (2013) realiza un producto de inmovilización estándar, manejando diferentes tallajes derivados de las dimensiones del animal y en la de Herrera et al. (2019), que se realiza un dispositivo mecánico que utiliza eslabones, engranajes y resortes (mecanismos), para proporcionar soporte estructural a los perros, al tiempo que permite la movilidad dentro de un rango específico.

Académicamente, en Ecuador se han mostrado avances en el desarrollo de equipos ortésicos para perros, como el presentado por Zambonino (2019), en el cual se realizó un inmovilizador para tratamientos traumatológicos en patas delanteras de canes, mediante estudios zoométricos para explorar la fisionomía del animal. Por su parte, Nacevilla (2018) desarrolla un sistema de control

sobre una adaptación de órtesis veterinaria destinado a la rehabilitación del movimiento de la rodilla canina operada desde un dispositivo móvil.

Por otra parte, las mejores soluciones son las que toman en cuenta la adaptación fisionómica de la extremidad afectada, requerimiento estudiado solo por algunas investigaciones como es el caso de Antonana et al. (2019), Popov, et al. (2019), Mesa (2020) y Pascual Torres (2019), los cuales utilizan un escáner 3D para realizar digitalmente el levantamiento tridimensional del miembro afectado del animal y así procesar mediante paquetes computacionales el diseño, análisis del dispositivo para luego fabricarlo mediante la tecnología de impresión 3D. Una limitante de esta tecnología es que sigue siendo un proceso de manufactura considerablemente lento (36 a 48 hs. de impresión), sin tomar en cuenta el posprocesado.

Por otro lado, tanto las investigaciones como las empresas comerciales, no direccionan sus proyectos al desarrollo de dispositivos de bajo costo. Lo que conlleva a solucionar parcialmente el problema en países en desarrollo como los latinoamericanos.

Lo antes expuesto abre una ventana para la utilización de revisiones sistemáticas de literatura (RSL), las cuales tienen como objetivo identificar, evaluar y combinar la evidencia de estudios primarios usando un método riguroso (Zhang & Babar, 2011).

Para el desarrollo de esta revisión sistemática de literatura se sigue el método propuesto por Torres-Carrión et al. (2018), con el cual se obtienen 691 artículos que se redujeron a 123 luego de aplicar criterios y protocolos de inclusión y exclusión, y finalmente 10 al aplicar criterios de calidad (Fernández et al., 2019).

Metodología

La metodología de revisiones sistemáticas de literatura (RSL) propuesta por Torres-Carrión et al. (2018) propone dividir el proceso de búsqueda en tres subpartes:

- Planificación
- Reporte de la revisión
- Presentación de resultados.

La etapa de planificación comienza con un conocimiento detallado del campo teórico al que contribuirá, explicado conceptualmente (ver *Figura 1*), y la base para crear los sinónimos científicos utilizados en las estructuras de investigación semántica (ver *Tabla 2*). Adicionalmente, para orientar la investigación, se han propuesto dos preguntas de investigación. A partir de estos dos insumos se desarrollan todos los elementos de la fase de reporte para el examen y presentación de los resultados (Ver *Tabla 1*).

Tabla 1*Fases de la Metodología Basada*

Planificación	Reporte de la revisión	Presentación de resultados
Mentefacto conceptual	Identificación de la búsqueda	Resultados
Estructura semántica de búsqueda	Selección de estudios primarios	Conclusiones
Preguntas de investigación	Evaluación de la calidad del estudio	
Desarrollo de protocolos de revisión	Extracción y seguimiento de datos	
Revisiones sistemáticas relacionadas	Síntesis y monitoreo de datos	
Selección de revistas y bases de datos		

Nota. Se toma como base lo planteado por Torres-Carrión et al. (2018)

2.1 Mentefacto conceptual

Para comprender un problema determinado se organiza a través del mentefacto conceptual, que permite extraer las ideas fundamentales de la investigación y centrar su atención en el contexto teórico real de la investigación. El mentefacto expuesto en la *Figura 1* detalla la estructura conceptual de las órtesis caninas; concepto que nace desde las áreas de la órtesis y órtesis para animales. Como ámbitos o subclases según destacan las órtesis impresas en 3D, órtesis extremidades posteriores y órtesis extremidades delanteras. Otros campos que son parte de las órtesis caninas y que son de interés en esta investigación son: órtesis comerciales, órtesis patentadas, órtesis adaptables, técnicas de inmovilización y diseño generativo. Por último, otros campos que no serán estudiados son: prótesis caninas, órtesis craneales, dentales y humanas.

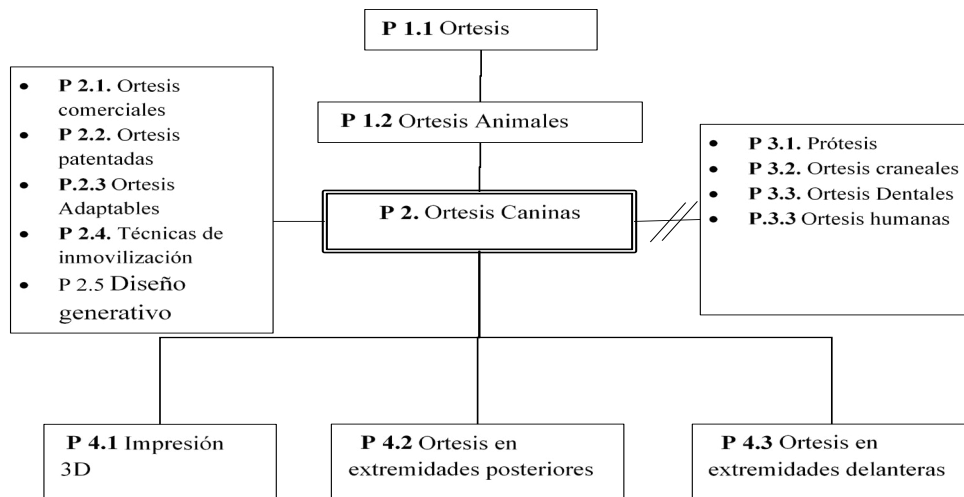
2.2 Protocolos de revisión

Por otro lado, para optimizar la revisión se definieron criterios generales, de exclusión y de calidad, relacionados con las preguntas planteadas, tales como:

- Ámbitos de la investigación: órtesis caninas
- Publicaciones de los seis últimos años, es decir, desde el año 2016 al 2021.
- La base de datos utilizada *Scopus*, *Google Scholar* y *Google Patents*.

Figura 1

Mentefacto Conceptual de Órtesis Caninas



Mientras que como parte de los criterios de exclusión se tuvo en cuenta que:

- No se consideran como órtesis caninas: las prótesis caninas, las órtesis craneales y dentales.
- Se contemplaron revistas con artículos científicos y tesis de grado y posgrado.
- Se consideraron únicamente publicaciones referentes a Ciencias veterinarias y de la salud, Ciencias exactas y Tecnologías de los materiales.

2.3 Criterios de calidad

Para la búsqueda de los estándares que describen las órtesis caninas se consideró la manufactura aditiva (impresión 3D) y el diseño generativo (optimización topológica).

Resultados

3.1 Estructura semántica de búsqueda

Se desarrolla la estructura semántica (ver *Tabla 2*) basada en la sinonimia. Para la obtención del tesaurus (Thesaurus, 2019).

La búsqueda se organiza en cuatro niveles: Órtesis caninas (L1), *La impresión 3D en caninos* (L2), la unión de *la impresión 3D* con órtesis caninas (L3) y un último nivel (L4) en el cual se busca órtesis caninas impresas en 3D.

Tabla 2

Estructura Semántica de Búsqueda en la Base de Datos Scopus

Concept	Query	Documents
L1	Canine orthoses (canino* OR perro* OR canine* OR dog*) W/10 (órtesis OR férula* OR escayola* OR orthos* OR splint* OR cast OR orthotics)	691
L2	3d printed Canine (canino* OR perro* OR canine* OR dog*) W/15 (3d OR “three dimensional” OR “3-dimensional”) W/1 (print* OR impresion) OR “additive manufact*” OR “manufactura aditiva” OR “rapid prototyp*” OR “prototipado rapido”)	123
L3	3d printed Canine orthoses (canino* OR perro* OR canine* OR dog*) W/15 (3d OR “three dimensional” OR “3-dimensional”) W/1 (print* OR impresion) OR “additive manufact*” OR “manufactura aditiva” OR “rapid prototyp*” OR “prototipado rapido”) AND (órtesis OR férula* OR escayola* OR orthos* OR splint* OR cast OR orthotics)	10
L4	3d printed Canine orthoses (canino* OR perro* OR canine* OR dog*) W/15 (3d OR “three dimensional” OR “3-dimensional”) W/1 (print* OR impresion)) OR “additive manufact*” OR “manufactura aditiva” OR “rapid prototyp*” OR “prototipado rapido”) W/15 (órtesis OR férula* OR escayola* OR orthos* OR splint* OR cast OR orthotics)	1

En la base de datos de Google Académico existe una limitante de caracteres a utilizar en la codificación de la estructura semántica, obligando en los últimos niveles de búsqueda (L3 y L4) a individualizar las palabras clave y combinarlas hasta encontrar el mejor resultado, tal como se muestra en la *Tabla 3*.

Tabla 3

Estructura Semántica de Búsqueda en la Base de Datos Google Académico

Concept	Query	Documents
L1	Canine orthoses “órtesis caninas” OR “férulas caninas” OR “veterinary orthotics” OR “canine splint” OR “dog splint” OR “veterinary splint” OR “canine cast” OR “dog cast” -Prosthetics -dental -cranial -tooth	182
L2	3d printed Canine dog canine veterinary perro canino “3d printing” OR “3d printed” OR “3d print” OR “three dimensional” OR “3 dimensional” OR “additive manufacturing” -Prosthetics -dental -cranial -tooth	177
L3	3d printed Canine orthoses (“orthoses” OR “orthosis” OR “limb cast” OR “3d cast” OR “orthotic device” OR “órtesis” OR “Férula”) +(dog OR “perro” OR “canino” OR “veterinary” OR “veterinaria”) + (“3d printed” OR “3d print” OR “3d printing”) -cranial -dental -human -ocular -patient -implant -prótesis	30
L4	3d printed Canine orthoses (“orthoses” OR “orthosis” OR “limb cast” OR “3d cast” OR “orthotic device” OR “órtesis” OR “Férula”) +(dog OR “perro” OR “canino” OR “veterinary” OR “veterinaria”) + (“3d printed” OR “3d print” OR “3d printing”) -cranial -dental -human -ocular -patient -implant -tooth -Prosthetics	1

De igual manera, se incluyó una búsqueda en la base de datos de patentes de Google, en la cual se planteó un protocolo de revisión proponiendo búsquedas sobre las órtesis caninas en los últimos 20 años, tal como se muestra en la *Tabla 4*.

Tabla 4

Estructura Semántica de Búsqueda en la Base de Datos Google Patentes

Concepto	Código de búsqueda (Script)	Documentos
órtesis caninas	(canine orthotics) (Veterinary splint) (dog orthotics) (canine splint) (dog splint) - ((dental) OR (Cranial) OR (human) OR (orthodontic) OR (saturing) OR (Surgical) OR (patient) OR (spine) OR (molar) OR (Column) OR (vehicle) OR (Chair) OR (Concrete-forming) OR (Collar) OR (machine) OR1(Packaging System)); After: priority 2001-01-01; Before: priority 2021-06-23; Type: PATENT; Language: SPANISH, ENGLISH, GERMAN, CHINESE, FRENCH, ARABIC, JAPANESE, KOREAN, PORTUGUESE, RUSSIAN, ITALIAN, DUTCH, SWEDISH, FINNISH, NORWEGIAN, DANISH;	7

Al igual que en Fernández et al. (2019) se emplean protocolos de revisión que proporcionan resultados relevantes, acordes a los parámetros antes expuestos.

3.2 Preguntas de investigación

En este apartado se relacionan las preguntas con el problema general de investigación.

- **¿Qué tipo de tecnología utilizan las órtesis impresas en 3D de inmovilización de extremidades para perros?**

Es importante conocer el tipo de tecnología utilizado en el desarrollo de las órtesis impresas en 3D para animales, específicamente para perros, así como qué tipo de adaptación fisionómica y el tipo de material utilizado (*Tabla 5*).

Tabla 5

Órtesis para Perros Impresas en 3D

Variable	Indicador	Referencia Bibliográfica	f
Tipos de órtesis	A1: estándar	Zambonino (2019); Torres et al. (2017); Cortés (2013)	3
	A2: Personalizada	Antonana et al. (2019); Popov et al. (2019); Mesa (2020); Pascual Torres (2019)	4
Tipo de tecnología	B1: FDM	Zambonino (2019); Antonana et al. (2019); Popov et al. (2019); Mesa (2020); Pascual Torres (2019)	5
	B2: SLS - SLA	Popov et al. (2019)	1
Tipo de material	C1: PLA	Zambonino (2019); Antonana et al. (2019); Popov et al. (2019); Mesa (2020)	4
	C2: ABS	Popov et al. (2019); Pascual Torres (2019)	2
	C3: PETG		0
	C4: Flexible	Antonana et al. (2019)	1
	C5: Otro	Cisneros y Esparza (2019); Torres et al. (2017); Rubio (2011); Cortés (2013); Wagoner et al. (2018)	4

- **¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados en las órtesis de inmovilización de extremidades para perros?**

De igual manera resulta importante conocer los instrumentos utilizados para levantar la geometría del dispositivo, así como el método para obtener los requerimientos de diseño (ver *Tabla 6*).

Tabla 6

Metodologías e Instrumentos Utilizados

Variables	Indicadores	Referencia Bibliográfica	f
Levantamiento de datos	A1: Medidas zoométricas	Zambonino (2019); Cisneros y Esparza (2019); Torres et al. (2017); Popov et al. (2019); Rubio (2011); Cortés (2013); Tripaldi y Rojas (2014)	7
	A2: Fotogrametría		0
	A3: Escaneo 3D	Antonana et al. (2019); Popov et al. (2019); Pascual Torres (2019)	3
	A4: Capturando el contorno de las extremidades	Mesa (2020)	1
	A5: Otros	Rubio (2011)	1
Levantamientos de los requerimientos	B1: Entrevistas	Zambonino (2019)	1
	B2: Encuestas	Zambonino (2019); Cortés (2013)	2
	B3: Fichas de observación	Torres et al. (2017); Antonana et al. (2019) Popov et al. (2019); Mesa (2020); Pascual Torres (2019); Rubio (2011)	6
	B4: Otros	Wagoner et al. (2018)	1

- **¿Qué tipo de validación de resistencia mecánica son considerados en las órtesis de inmovilización de extremidades para perros?**

Es fundamental validar los productos ortésicos con metodologías virtuales o físicas que aseguren el correcto funcionamiento estructural de las órtesis (*Tabla 7*).

Tabla 7

Validación de las Órtesis

Variables	Indicadores	Referencia Bibliográfica	f
Estudios de validación	A1: Simulaciones computacionales	Mesa (2020) (Pascual Torres (2019); Torres et al. (2017))	3
	A2: Pruebas de campo	Zambonino (2019); Cisneros y Esparza (2019); Tripaldi y Rojas (2014); Cortés (2013); Rubio (2011)	5
	A3: Optimización topológica (Diseño generativo)		0

3.3 Reporte de revisión

Como se puede apreciar, la tecnología más presente en el desarrollo de órtesis impresas es el Modelado por Deposición Fundida (FDM); esto se debe al posicionamiento de esta tecnología dentro del mercado como más económica, dentro de la impresión 3D. Por otro lado, solo pocas utilizan una adaptación fisionómica personalizada, en las cuales se utiliza un escáner 3D para realizar digitalmente el levantamiento tridimensional del miembro afectado del animal y así procesar mediante paquetes computacionales el diseño. Asimismo, para obtener los requerimientos de diseño, la mayoría de las investigaciones proponen la ficha de observación; por otro lado, es de gran ayuda contar con la opinión de los expertos, es por ello que las entrevistas a médicos veterinarios siempre serán una buena opción. Por último, solo ocho investigaciones reportaron la validación de su producto, de los cuales más del 60% apuestan a comprobaciones reales con un sujeto de estudio.

Por otro lado, la utilización de la impresión 3D para el desarrollo de órtesis sigue siendo una tecnología relativamente lenta para la respuesta inmediata, que requiere la inmovilización de un miembro animal.

Conclusiones

El método de revisión sistemática de la literatura permite filtrar y ordenar la información más relevante, brindando datos precisos y sobresalientes para la investigación y en este caso particular, 10 artículos contienen información y noticias relevantes.

Para realizar pruebas de validación de resistencia y usabilidad de las órtesis de inmovilización se utilizaron herramientas de simulación computacional, así como pruebas de campo, sometiendo a los dispositivos a pruebas físicas con usuarios reales (perros).

A pesar de existir herramientas tecnológicas (escáner 3D y fotogrametría) que mejorarían el proceso de diseño, estas siguen siendo poco utilizadas en las investigaciones; por el contrario, se siguen prefiriendo las medidas zoométricas como punto de partida en el diseño del dispositivo.

Al no encontrarse muchos estudios específicos sobre órtesis caninas impresas en 3D, toman importancia futuros estudios relacionados a este campo. Por último, es de gran importancia direccionar estudios que involucren la optimización topológica (diseño generativo) con el desarrollo de órtesis impresas, ya que no se encontró ninguna investigación en este campo específico.



Referencias

- Antonana, J., García-Zapirain, B., & Megía-Macías, A. (2019). Developing a smart 3D printed canine orthosis. En *IEEE 19th International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ISSPIT47144.2019.9001854>
- Cisneros, D., y Esparza, R. (2019). *Diseño e implementación de una ortesis veterinaria de un grado de libertad utilizada en la fase II de la rehabilitación de rodilla en caninis de la fundación PAE* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20571>
- Cortés, M. (2013). *Inmovilizador para extremidades anterior en canino, con incapacidad temporal causada por fracturas simples, a bajo costo* [Tesis de grado, Universidad Católica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/10785/1976>
- Fernández, J., Maza, L., Torres-Carrión, P., Barba, L., y Rodríguez, G. (2019). Experiencia afectiva usuario en ambientes con inteligencia artificial, sensores biométricos y/o recursos digitales accesibles: una revisión sistemática de literatura. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (RISTI)*, 35(12), 35-53. <http://www.risti.xyz/issues/risti35.pdf>
- Herrera-Pérez, M., Joya-Cadena, J., y Villegas, D. (2020). Síntesis y modelado de un mecanismo para corrección de displasia de cadera en perros de raza mediana y grande. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 279-286. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020023>
- Mesa, A. (2020). *Disseny i fabricació de fèrules per a gats amb impressió 3D* [Tesis de grado. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/330240/tfg-alba-mesa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nacevilla, M. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de control sobre una adaptación de órtesis veterinaria para la rehabilitación de rodilla en caninos de la fundación PAE* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE] <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14858>
- Pascual Torres, I. (2019). *Diseño de órtesis para la rehabilitación de las extremidades delanteras en canes* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València] <http://hdl.handle.net/10251/127971>
- Popov, V., MullerKamskii, G., KatzDemyanetz, A., Kovalevsky, A., Usov, S., Trofmcow, D., Dzhenzhera, G. & Koptuyug, A. (2019). Additive manufacturing to veterinary practice: recovery of bony defects after the osteosarcoma resection in canines. *Biomedical Engineering Letters*, 9, 97-108. <https://doi.org/10.1007/s13534-018-00092-7>
- Rocha, J. (2019). *Dog Soul: Discapacidad física canina* [Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano] <http://hdl.handle.net/20.500.12010/9834>

- Rubio, A. (2011). *Diseño de órtesis económica para perros con displasia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar] <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/03/04/Rubio-Ana.pdf>
- Segnini, J., Vergara, M. y Provenzano, S. (2017). Prospectiva para el diseño y fabricación de una ortesis impresa en 3D. En Vergara, M., Díaz-Rodríguez, M., Rivas, F. y Restrepo, M. *Diseño de dispositivos para rehabilitación y órtesis*. SaberULA. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/44668>
- Thesaurus. (2019). *Synonyms and Antonyms of Words at Thesaurus*. <https://www.thesaurus.com/>
- Torres, B., Fu, Y., Sandberg, G., & Budsberg, S. (2017). Pelvic limb kinematics in the dog with and without a stifle orthosis. *The American College of Veterinary Surgeons*, 46(5), 642–652. <https://doi.org/10.1111/vsu.12634>
- Torres-Carrión, P., González-González, C., Aciar, S., & Rodríguez-Morales, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. In *IEEE Global Engineering Education Conference*, 1364-1373. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363388>
- Tripaldi, A. y Rojas, J. (2014). *Diseño de ortopedia de rehabilitación y adaptación para caninos* [Tesis de grado, Universidad del Azuay] <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4759>
- Wagoner, A., Allen, M., Zindl, C., Litsky, A., Orsher, R., & Ben-Amotz, R. (2018). Evaluating Stiffness of Fiberglass and Thermoplastic Splint Materials and Inter-fragmentary Motion in a Canine Tibial Fracture Model. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 31(3), 176-181. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1637744>
- Zambonino, J. (2019). *Diseño de férulas para tratamientos traumatológicos en canes que necesiten inmovilización mediante un estudio zoométrico* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador] <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16398>
- Zhang, H., & Babar, M. (2011). An empirical Investigation of Systematic Reviews in Software Engineering. *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*, 88-96. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2011.17>

Copyright (2022) © José Miguel Segnini Maizo, María Francisca Fernández Badillo, Juan Sebastián Velasco Correa y Mary Josefina Vergara Paredes



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)

Infraestructura de datos espaciales como apoyo a la toma de decisiones en Gobiernos autónomos descentralizados en la provincia de Esmeraldas

Spatial data infrastructure to support decision making in decentralized autonomous Governments in the province of Esmeraldas

Fecha de recepción: 2022-07-05 • Fecha de aceptación: 2022-08-10 • Fecha de publicación: 2022-10-10

Fabián Lizardo Caicedo Goyes

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Ecuador

fabiancaicedogoyes@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5572-6309>

RESUMEN

La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) puede definirse como la integración de políticas, normas, leyes, reglamentos, recursos humanos y tecnológicos, los cuales son gestionados por medio de un sistema informático de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web). Estos permiten el acceso, administración de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), garantizando así la interoperabilidad de la información geográfica, ayudando a la toma de decisiones globales sobre temas relacionados directamente con la sociedad, tales como catastro, turismo, movilidad, educación, salud, seguridad, medio ambiente, servicios sociales, ciudades inteligentes, entre otros, mejorando la capacidad de gestión institucional, ya que a través de esta se puede difundir información espacial y alfanumérica.

La implementación de la IDE en los Gobiernos autónomos descentralizados dentro de la provincia de Esmeraldas, permitirán dirigir, monitorear, controlar y evaluar el cumplimiento de las políticas en los diferentes niveles de gobierno, pudiendo ser utilizada como una herramienta complementaria que permita la automatización de la gestión y gobernanza institucional.

PALABRAS CLAVE: astronomía, ciencias del espacio, geografía, datos geográficos

ABSTRACT

The SDI Spatial Data Infrastructure can be defined as the integration of policies, standards, laws, regulations, human and technological resources, which are managed through a computerized system of resources (catalogs, servers, programs, applications, pages web), which allow access, data management and geographic services (described through their metadata) thus guaranteeing the interoperability of geographic information, helping to make global decisions on issues directly related to society, such as Cadastre, Tourism, Mobility, Education, Health, Safety, Environment, Social Services, Smart Cities, among others, improving institutional management capacity, since spatial and alphanumeric information can be disseminated through it.

The implementation of the Spatial Data Infrastructure in the decentralized Autonomous Governments within the province of Esmeraldas, will allow to direct, monitor, control and evaluate the fulfillment of the policies in the different levels of government, being able to be used as a complementary tool that allows the Automation of Institutional Management and Governance.

KEYWORDS: astronomy, geography, geographic data, space science

Introducción

El objetivo del presente artículo científico es determinar la importancia e impacto que puede producir la implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), como herramienta informática para ayudar a automatizar el proceso de toma de decisiones referente a la gestión política/administrativa, dentro de los Gobiernos autónomos descentralizados provinciales, cantonales y parroquiales en la provincia de Esmeraldas, Ecuador.

El término Infraestructura de Datos Espaciales nace en el año de 1993 por el *U.S. National Research Council*, con referencia al marco de tecnologías, políticas y disposiciones institucionales, que trabajando conjuntamente facilitan la creación, intercambio y el uso de los datos geoespaciales y recursos de información relacionados a través de una comunidad de intercambio de información. Asimismo, sirven como medio de búsqueda, visualización y evaluación (catálogos y servidores de mapas) (Valencia, 2008).

Para poder hacer una IDE operacional resulta necesario incluir acuerdos entre organizaciones con el objeto de posibilitar su coordinación y administración a escalas locales, regionales, nacionales y transnacionales.

Metodología

2.1 Componentes principales de la IDE

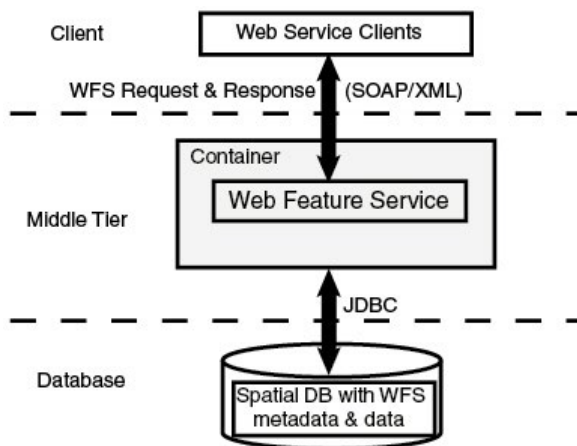
La Infraestructura de Datos Espaciales se compone de elementos funcionales, tales como: datos, metadatos, normas y estándares, servicios geoespaciales y geoportal.

- a. **Datos:** es una representación simbólica (numérica, alfabética, algorítmica, espacial, etc.) de un atributo o variable cuantitativa o cualitativa. Los datos describen hechos empíricos, sucesos y entidades. Es un valor o referente que recibe el computador por diferentes medios, los datos representan la información que el programador manipula en la construcción de una solución o en el desarrollo de un algoritmo (Toasa et al, 2019). Los datos geoespaciales son entidades espacio-temporales que cuantifican la distribución, estado y los vínculos de los fenómenos u objetos naturales y sociales, y se caracterizan por tener una posición absoluta sobre un sistema de coordenadas (x, y, z) (López y Torres, 2014).
- b. **Metadatos:** información documentada que describe datos geográficos generados (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).
- c. **Normas y estándares:** el término “norma” refiere al documento establecido por consenso y aprobado por un organismo con competencia legal, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado. En cambio, los estándares hacen referencia al proceso técnico de aplicación (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

- d. **Servicios geospaciales:** componentes que permiten la comunicación entre aplicaciones ubicadas en diversos puntos geográficos de manera interoperable, por medio de uso de estándares y protocolos abiertos de internet, los cuales proveen al cliente acceso a la funcionalidad del servicio sobre la web de manera íntegra y segura (Martinez, 2008).
- **WMS. Web Map Service o Servicios Web de Mapas.** Conceptualiza un “mapa” como la representación de información (Geoportal de Navarra, s.f).
- **WFS. Web Features Service o Servicios Web de Características.** Proporciona una interfaz que permite solicitudes de características geográficas en la web mediante llamada independiente de la plataforma (ver *Figura 1*) (Open Geospatial Consortium, 2022).

Figura 1

Arquitectura de los Servicios Web de Características



Nota. Oracle (s.f)

- **CSW. Catalog, Service Web o Servicio de Catálogos Web.** Registro de servicios web administrados por entidades públicas productoras de información (GeoNetwork opensource, 2022).
- e. **Geoportal:** es un *software* que interactúa como una puerta de enlace a los servicios geospaciales basados en web, que le permite descubrir, visualizar y acceder a información y servicios espaciales disponibles, gracias a las organizaciones que los ofrecen. De igual manera, los proveedores de datos pueden usar el geoportal para hacer que sus servicios geospaciales se puedan descubrir, visualizar y que sean accesibles para los demás (ArcGis Enterprise, 2021).

Resultados

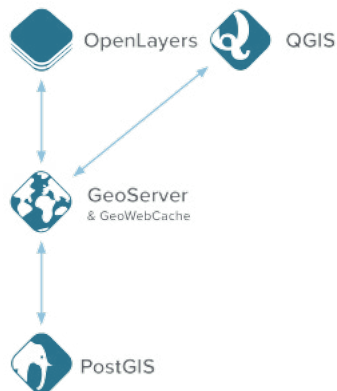
3.1 Desarrollo de un geoportal para la infraestructura de datos espaciales

Para el desarrollo tecnológico de un geoportal existen algunas formas prácticas de hacerlo, por factibilidad técnica y económica se explicará una arquitectura vertical utilizando *software open source*.

- a. **Software libre:** cuyo código fuente puede ser analizado utilizado libremente (Fundación Sooftware Libre, s.f). Para la construcción de un geoportal de manera eficiente, se puede tener en cuenta el uso de la siguiente infraestructura en *software*, de uso libre que se evidencia en la *Figura 2*.

Figura 2

Aplicaciones Espaciales de Software Libre



Nota. Morales (2015)

Conformado por:

- **Sistema de gestión de base de datos:** permite gestionar datos almacenados dentro de una base de datos. Por lo general, los sistemas de gestión de base de datos incluyen un motor de base de datos, el cual es el *software* donde se almacenan los datos, conformando un sistema integrado (ver *Figura 3*) (Marqués-Andrés, 2014).

Figura 3

Distintivos de Sistemas de Gestión de Bases de Datos



Nota. Gevi (2020)

Las bases de datos tienen la característica de soporte de datos alfanumérico y geoespaciales, entre los cuales tenemos al PostgreSQL + PostGis, en la siguiente *Figura 4* se representa.

Figura 4

SGBD Alfanumérica y Geoespacial de Software Libre



Nota. Martínez (s.f)

- **Servidor web de datos geoespaciales:** es un *software* de tipo servidor web de mapas (García, 2019) de código abierto, que permite compartir datos geoespaciales; es decir, utiliza los datos almacenados dentro de un motor de base de datos, genera un servicio y los comparte. El servidor de datos geoespaciales a utilizar es el Geoserver por ser de uso libre, soporta el uso y generación de protocolos OGC, tales como el WMS, WFS, CSW, etc (ver *Figura 5*) (Fundación Geoespacial de código abierto, s.f).

Figura 5

Fuente de Datos y Servicios Utilizando Geoserver



Nota. Fundación Geoespacial de código abierto (s.f)

- **Sistema de Información Geográfico:** también conocido como GIS (Geographical Information System), es un conjunto de herramientas informáticas que integra y relaciona diversos componentes que permiten la organización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real, vinculados a una referencia espacial (ver *Figura 6*).

Figura 6

Sistema de Información Geográfica de Software libre QGIS



Nota. QGIS (s.f)

- **Visualizador de mapas geoespaciales:** un visualizador de mapas geoespaciales es un software que permite mostrar de manera dinámica un mapa dentro de un servidor web (Morales, 2022). El OpenLayer se ha convertido en la primera elección como visualizador de mapas. Dentro de las características del OpenLayer tenemos que puede utilizar capas vectoriales y ráster, capas en mosaico; además, es fácil de personalizar y ampliar, es innovador, rápido y listo para dispositivos móviles (OpenLayers, 2018) (ver *Figura 7*).

Figura 7

Distintivo del Visualizador de Mapas Web Openlayers



Nota. OpenLayers (2018)

3.2 Infraestructura de datos espaciales en el Ecuador

El 22 de noviembre de 2004, mediante Decreto Ejecutivo n° 2250 se creó el Consejo Nacional de Geo-informática (CONAGE), con el objetivo de impulsar la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG).

Su función es formular las políticas nacionales para la generación, difusión y uso de información geográfica a nivel nacional (CONAGE, 2016).

Al amparo de la vigente Constitución de la República del Ecuador se plantea la necesidad de encontrar mecanismos que garanticen la consecución del “Buen Vivir”, para lo cual el Gobierno Nacional, en ese entonces gobernado por el economista Rafael Correa Delgado, delegó la identificación y coordinación de estrategias que conlleven al cumplimiento del objetivo “Buen Vivir” a la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2013).

Con fecha 1 de septiembre de 2010 se publicaron las Políticas Nacionales de Información Geoespacial, elaboradas por el CONAGE, de carácter obligatorio para todas las instituciones del sector público establecidas en el artículo 225 de la Constitución de la República. El artículo 3.4 de dichas políticas establece:

“Toda institución u organización propietaria y/o custodia de información geoespacial debe contar con una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que garantice el acceso a los servicios de la información que le compete, enlazada a la IEDG, facilitando el acceso, búsqueda, visualización y descarga de la información” (p.38)

Como primer proyecto relevante creado por la SENPLADES nace el Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional escala 1:25000. Este tiene como objetivo recopilar, estructurar y entregar los insumos cartográficos básicos necesarios (Geopedología, Sistemas Productivos, Clima e Hidrología, Infraestructura y Servicios, Socioeconómico y Cultural, Zonificación Paisajística) para la generación de geoinformación a escala 1:25000 a nivel nacional. Así como también la especificación e identificación de espacios para uso urbano, como insumo fundamental, para realizar la planificación y ordenamiento territorial

a nivel local, que mejore la comprensión del sistema territorial, como base de un manejo ordenado, planificado y sostenible del territorio (Instituto Geográfico Militar, 2022).

Con la llegada al gobierno nacional del licenciado Lenin Moreno, en el período 2017-2021, se reforma la SENPLADES y nace la Secretaría Técnica de Planificación “Planifica Ecuador”, con la finalidad de implementar el Plan Nacional de Desarrollo. Dicha Secretaría de Estado crea el proyecto Proyecto Generación de Información GEO - ESPACIAL escala 1:5000 para la determinación de la Aptitud Física del Territorio y Desarrollo Urbano mediante el uso de Geotecnologías.

Este proyecto tiene como objetivo principal definir la aptitud física del territorio para fines de desarrollo urbano, mediante la generación de información geoespacial multipropósito (varias temáticas), a escala 1:5000 y el uso de geotecnologías para la toma de decisiones (seguridad, salud, educación, levantamiento de infraestructura pública, zonificación de planes de vivienda de interés social), gestión de riesgo y el fortalecimiento de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).

Las temáticas geoespaciales referidas son: socioeconómica, cobertura y uso, morfología, morfometría y morfodinámica.

Estos proyectos fueron construidos con el objetivo de obtener datos georreferenciados y estratégicos de temáticas esenciales para la toma de decisiones desde los Gobiernos Parroquiales hasta el Gobierno Nacional de la República del Ecuador.

La falta de continuidad a los proyectos creados por el Estado ha generado pérdidas sustanciales, las cuales se pudieron convertir en mecanismos para una mejor gestión de los gobiernos.

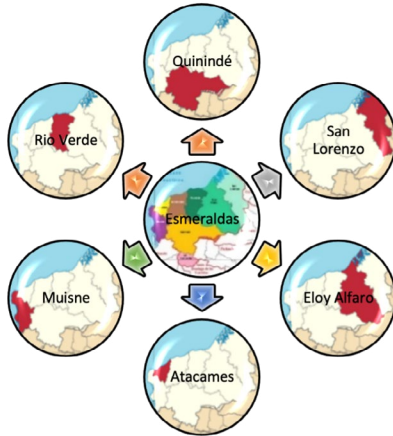
3.3 Infraestructura de datos espaciales en la provincia de Esmeraldas

Dentro de los Gobiernos autónomos descentralizados provinciales, cantonales y parroquiales de la provincia de Esmeraldas se evidencia el poco uso de IDE en los organismos públicos, siendo esto consecuencia del desconocimiento de las herramientas para su construcción y los insumos existentes, así como también el desinterés de uso de la misma.

A través del presente artículo se pretende dar a conocer todas las bondades y cualidades que tiene una infraestructura de datos espaciales y cómo aprovecharlas, como una herramienta de ayuda para la toma de decisiones dentro de los Gobiernos autónomos descentralizados provinciales, cantonales y parroquiales (ver *Figura 8*).

Figura 8

Geoportales Cantonales en Esmeraldas



3.4 Infraestructura de datos espaciales para la toma de decisiones

La toma de decisiones políticas, de salud, medio ambiente, turismo, social, cultural, seguridad, agraria, catastral, entre otras, se puede gestionar de mejor manera, ya que estas contarán con el componente geoespacial que permitirá a través de un geovisor conocer la ubicación de las diferentes temáticas presentadas. Por ejemplo:

- Geopedología
 - Perfiles de suelos
 - Geopedológico
 - Geomorfológico
 - Amenazas de movimientos en masa
 - Capacidad de uso de las tierras
- Sistemas productivos
 - Cobertura
 - Uso
 - Sistemas productivos
- Clima e hidrología
 - División hidrográfica
 - Zonificación climática
 - Susceptibilidad

- Infraestructura y servicios
 - Atractivos turísticos
 - Instituciones educativas
 - Estaciones de servicio
 - Establecimientos de salud
- Socioeconómico y cultural
 - Socioeconómico
- Zonificación Paisajística
 - Capacidad y uso de tierra
- Empresas públicas y privadas
- Fuerzas Armadas.
- Policía Nacional.
- Cuerpo de Bomberos.
- COE Provinciales.
- ECU 911.
- Refinería.

Conclusiones

Considerando que el objetivo principal del presente artículo es el de dar a conocer la importancia que tiene la implementación de Infraestructura de Datos Espaciales como herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el Gobierno Autónomo Provincial, los cantonales y parroquiales dentro de la provincia de Esmeraldas se puede concluir que:

1. El desarrollo de tecnologías de la información como herramienta de ayuda a la toma de decisiones, así como también para la gobernanza dentro de los Gobiernos Autónomos Descentralizados no se lo ha venido utilizando de una manera correcta, ni en su análisis, diseño, desarrollo, construcción e implementación.
2. La creación de un Plan Integral de Gestión Política, el cual permita usar los recursos geotecnológicos ya generados por el Gobierno central y aplicarlos de manera centralizada, se convertirá en recursos válidos y ponderantes dentro de los Gobiernos autónomos descentralizados en la provincia de Esmeraldas, como insumo fundamental en un buen gobierno corporativo.
3. La construcción de un sistema de gestión de bases de datos geoespaciales por cada Gobierno Autónomo Descentralizado y que estas se encuentren interoperables, a través de nodos espaciales, permitirá almacenar y gestionar la memoria geoespacial del territorio esmeraldeño.

4. El uso y generación de temáticas sustanciales y útiles para el desarrollo de los Planes de Gobierno, de Ordenamiento Territorial, Estratégicos y Operativos, los cuales sirvan para difundir, procesar, consultar, buscar y tomar decisiones dentro de cada nivel de división territorial en la Provincia de Esmeraldas.

Referencias

- ArcGis Enterprise (2021). *Introducción a los geoportales*. <https://enterprise.arcgis.com/es/inspire/10.8/get-started/introduction-to-geoportals.htm>
- CONAGE. (2016). *Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales*.
- Fundación Geoespacial de código abierto. (s.f). *Geoserver*. <https://geoserver.org/>
- Fundación Software Libre. (s.f). *Free software is software that gives you the user the freedom to share, study and modify it. We call this free software because the user is free*. <https://www.fsf.org/about/what-is-free-software>
- García, J. (2019). *Herramientas para crear un mapa web interactivo*. mappingGIS. <https://mappinggis.com/2019/07/como-podemos-crear-un-mapa-web-interactivo/>
- GeoNetwork opensource (2022). *Catalog Service for the Web*. <https://geonetwork-opensource.org/manuals/3.10.x/en/api/csw.html>
- Geoportal de Navarra. (s.f). *Glosario de términos geográficos*. <https://sitna.navarra.es/geoportal/>
- Gevi, M. (21 de febrero de 2020). *PostgreSQL, MySQL and Microsoft SQL Server*. Medium. https://medium.com/@matteo_gevi/postgresql-mysql-and-microsoft-sql-server-d4e098c4cd75
- Instituto Geográfico Militar. (2022). *Transparencia* <http://www.geograficomilitar.gob.ec/transparencia/>
- López, D., y Torres, A. (2014). *Diplomado en Análisis de Información Geoespacial ¿Cuáles son los componentes de los datos espaciales?* Centro de Investigación en Geografía y Geomática. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/181/1/08-%C2%BF%20Cu%C3%A1les%20son%20los%20Componentes%20del%20Dato%20Espacial%20-%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- Morales, A. (2022). *GeoServer para novatos*. mappingGIS <https://mappinggis.com/2022/06/geoserver-para-novatos/>
- Morales, A. (2015). *¿Qué es OpenGeo Suite?*. mappingGIS. <https://mappinggis.com/2012/05/que-es-opegeo-suite/>
- Martínez, J. (s.f). *Talleres prácticos de iniciación a PostGis (LINUX Y POSTGRESQL)*. <https://www.casadellibro.com/libro-talleres-practicos-de-iniciacion-a-postgis-linux-y-postgresql/9788483632550/1203002>
- Marqués-Andrés, M. (2014). *Introducción al SGBD PostgreSQL y al lenguaje SQL. Actividad 2.1*.

Open Geospatial Consortium. (2022). *Web Feature Service*. <https://www.ogc.org/standards/wfs>

OpenLayers. (2018). <https://openlayers.org/>

Oracle. (s.f). *15 Web Feature Service (WFS) Support*. https://docs.oracle.com/cd/E18283_01/appdev.112/e11830/sdo_wfs.htm

QGIS. (s.f). <https://www.qgis.org/es/site/>

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Estándares de Información Geográfica. Políticas Nacionales de Información Geoespacial*. https://iedg.sni.gob.ec/geoportal-iedg/documentos/Estandares_de_informacion_geografica_cap1.pdf

Toasa, R., Maximiano, M., Reis, C., & Guevara, D. (2018). Data visualization techniques for real-time information—A custom and dynamic dashboard for analyzing surveys' results. In *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-7). IEEE.

Valencia, J. (2008). *Pasado, presente y futuro de las infraestructura de datos espaciales*. Bubok Publishing S.L. <https://docplayer.es/4677959-Javier-valencia-martinez-de-antonana.html>

Copyright (2022) © Fabián Lizardo Caicedo Goyes



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)



Implementación de un algoritmo para detección del movimiento en una aplicación de realidad virtual

Implementation of an algorithm for motion detection in a virtual reality application

Fecha de recepción: 2022-07-29 • Fecha de aceptación: 2022-08-22 • Fecha de publicación: 2022-10-10

Jonathan Marcelo Tipán Espinoza
Universidad Central del Ecuador, Ecuador
jmtipane@uce.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8960-4190>

RESUMEN

El avance tecnológico en los últimos años es cada vez mayor, su uso repercute de manera directa e indirecta en la vida cotidiana de las personas. Haciendo uso de este progreso se propone una aplicación que permita a personas con cierto grado de discapacidad interactuar mediante la visión computacional, en particular la detección de movimiento con entornos que simulen la realidad. En primer lugar, se realiza una especificación del grupo a quien va dirigida esta propuesta, esto mediante la clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud, con el fin de delimitar el público objetivo y poder seleccionar los algoritmos óptimos para esta situación. A continuación, se realiza un análisis de los métodos utilizados para el análisis de video que permitan detectar objetos y realizar un tracking de movimiento, proceso que dará como resultado la interacción de la persona con el software sin necesidad de periféricos extra.

PALABRAS CLAVE: algoritmos, seguimiento, interacción, interfaz, programa informático

ABSTRACT

Technological progress in recent years is increasing, and its use has a direct and indirect impact on people's daily lives. Making use of this progress, we propose an application that allows people with a certain degree of disability to interact through computer vision, in particular the detection of movement with environments that simulate reality. First, a specification of the target group of this proposal is made, this by means of the international classification of disability and health functioning, in order to delimit the target audience and to be able to select the optimal algorithms for this situation. Next, an analysis of the methods used for video analysis that allow object detection and motion tracking, a process that will result in the interaction of the person with the software without the need for extra peripherals.

KEYWORDS: algorithms, tracking, interaction, interface, software

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud, más de mil millones de personas en todo el mundo tienen alguna discapacidad, y, de estas, 200 millones de personas aproximadamente tienen alguna dificultad considerable en su funcionalidad (González et al., 2012). El término discapacidad es usado de manera genérica para referirse a deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones para interactuar; esto incluye discapacidades sensoriales, cognoscitivas, intelectuales y psíquicas (Alban, 2018). Lograr que estas personas puedan comunicarse o interactuar en distintos ámbitos de su día a día, mejoraría su calidad de vida.

Para solucionar este problema hay que tomar en cuenta cómo los avances tecnológicos impactan en nuestra vida, por lo que el uso de dispositivos electrónicos se ha hecho prácticamente indispensable. De modo que este despliegue permite brindar soluciones robustas y económicas en diferentes ámbitos (Castillo, 2014). Sobre la base de esto se plantea una aplicación que, mediante el procesamiento de imágenes, permita detectar el movimiento de la persona. Esto permite que un usuario con discapacidad pueda interactuar e incluso comunicarse mediante una interfaz.

La premisa con la que se busca resolver este problema en principio cumple con el objetivo deseado, pero frecuentemente el tiempo de ejecución de los algoritmos y el coste de los equipos representan el principal problema (Gómez-Vega et al., 2015). Además, el procesado digital de imágenes demanda el manejo de un alto número de operaciones a nivel de bit, las cuales se desea ejecutar en el menor tiempo posible (Bravo, 2007).

Según lo descrito anteriormente se propone una aplicación basada en algoritmos que traduzcan el movimiento en tiempo real y sin retraso, a una interfaz en la cual el usuario pueda interactuar o comunicarse.

Metodología

El proyecto será realizado con una metodología cualitativa y está dividido en 4 etapas:

1. Primera etapa: delimitar las personas a las que beneficiaría la aplicación. En esta etapa se investigará de manera general los grados de discapacidad descritos por la clasificación internacional del funcionamiento, con base en los cuales se determinará a qué grupos se puede ayudar con la aplicación.
2. Segunda etapa: determinar qué algoritmo se va a usar. En esta etapa se describirá el algoritmo utilizado para la detección de movimiento.
3. Tercera etapa: desarrollo del recorrido virtual. En esta etapa se elegirá el escenario para el recorrido, así como el software para su desarrollo.
4. Cuarta etapa: unificación del recorrido virtual con el algoritmo de detección de movimiento. Esta es la última etapa, en la que se completará la aplicación y se realizarán las respectivas pruebas.

Para implementar un algoritmo de detección de movimiento o *tracking* sobre una aplicación de realidad virtual es importante definir algunas consideraciones: ¿Para quién está dirigida esta aplicación? ¿Qué algoritmo se va a utilizar? ¿En qué consiste la aplicación de realidad virtual? ¿De qué manera interactúa el algoritmo con la aplicación?

Estas preguntas permiten obtener información y definir las bases sobre las cuales se puede desarrollar la aplicación. A continuación, se responde cada una de estas preguntas.

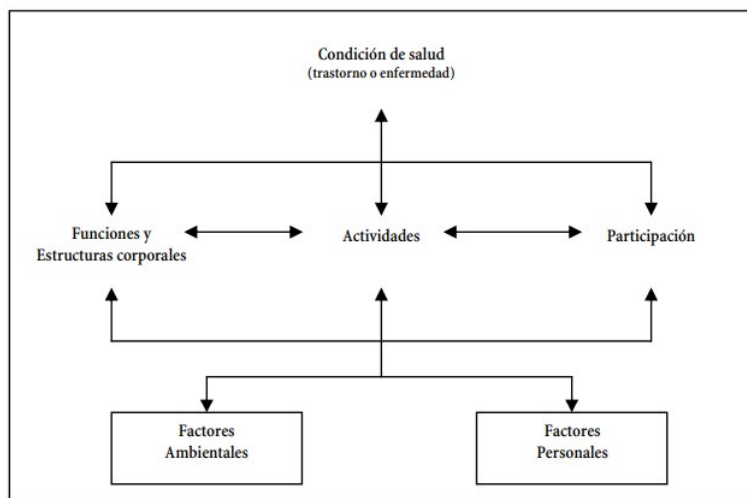
2.1 ¿Para quién está dirigida esta aplicación?

La aplicación está orientada a personas con cierto grado de discapacidad, esta sentencia puede resultar algo general o incluso ambigua, de modo que no resulta nada trivial definir e indagar a fondo sobre distintos grados de discapacidad y condiciones, con el fin de delimitar el público objetivo de una mejor manera; la CIF (clasificación internacional del funcionamiento, de la discapacidad y de la salud) aborda esta problemática explicando que, el funcionamiento de un individuo en un dominio específico se entiende como una relación compleja entre su condición de salud y el contexto de su entorno, es decir, factores ambientales y personales (Organización Mundial de la Salud, 2001). Esto ya da un indicio de que la discapacidad altera esta relación persona-ambiente; sin embargo, sigue siendo bastante amplia y se debe delimitar.

Para delimitar el grupo en la *Figura 1* se muestra lo implementado, lo cual permite apreciar cómo las actividades de una persona se ven afectadas por diferentes elementos.

Figura 1

Interacciones Entre los Componentes de la CIF



Entonces, para definir el público objetivo de esta aplicación se dejan de lado los factores ambientales (p.ej., las actividades de la sociedad, las características arquitectónicas, el sistema legislativo), ya que son extrínsecos a la persona, y se toman en cuenta factores personales como la edad, estilos de vida, antecedentes sociales, patrón global de conducta y tipo de personalidad.

Pero aún queda pendiente la condición de salud, las funciones y estructuras corporales de la persona; para esto se hace uso de la clasificación dada por la CIF. En primer lugar, no debe existir un grado de afectación en las funciones corporales, pero sí se va a enfocar en personas que posean algún grado de afectación en estructuras relacionadas con el movimiento, en particular estructura de la extremidad inferior, tronco o extremidad superior, estructuras musculoesqueléticas adicionales, relacionadas con el movimiento y problemas con la movilidad. Si bien esta es una aproximación general al tema, ayuda a definir qué personas pueden beneficiarse de esta aplicación.

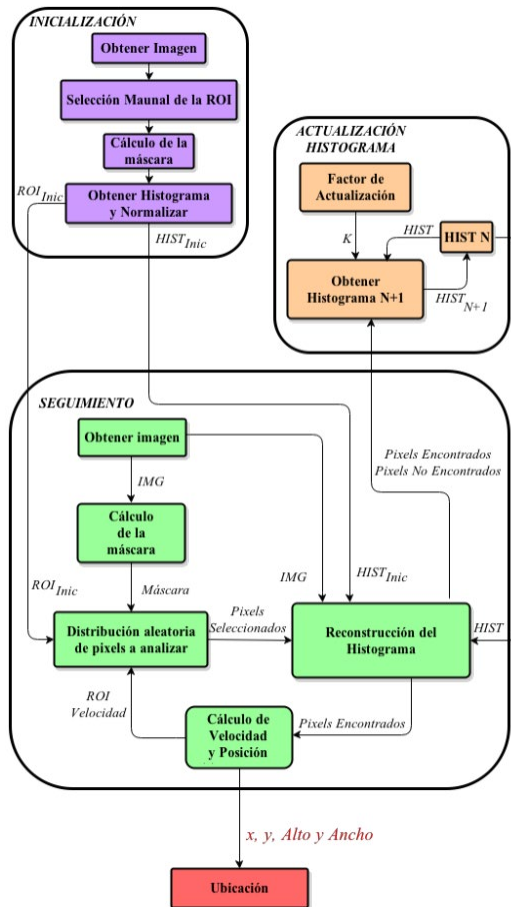
2.2 ¿Qué algoritmo se va a utilizar?

Este apartado en particular es muy importante; por un lado, permite establecer la relación que tiene el usuario con la aplicación, es decir, dependiendo de si se elija un algoritmo u otro, hará que esta interacción sea más fluida o por el contrario más torpe; además, el seguimiento de objetos es una tarea relevante dentro del campo de la visión por computador y con el desarrollo de nuevas tecnologías, disponibilidad de cámaras de video de alta calidad y bajo costo, y la creciente necesidad de analizar un video de forma automatizada se ha conseguido un avance muy grande en este campo (Prieto et al., 2014). Por lo tanto, se disponen de varias opciones que varían en su dificultad de implementación o incluso el tamaño necesario.

La estructura de estos algoritmos suele ser en bloques divididos en detección, seguimiento y actualización, en la *Figura 2* se grafica este apartado.

Figura 2

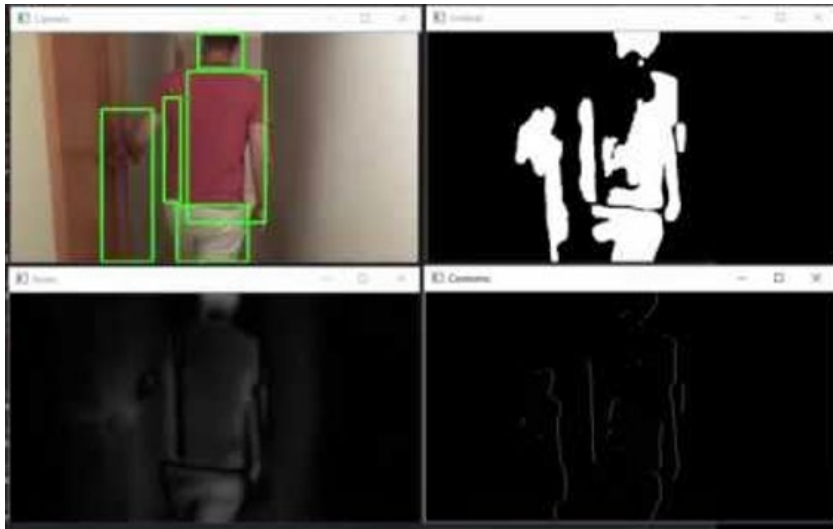
Esquema del Algoritmo de Seguimiento



Para detectar qué movimientos realiza el usuario se propone una cámara apuntando hacia él, es decir, recibe un *input* con el video de lo que está haciendo; el video recibido es separado en imágenes, las cuales reciben un tratamiento (procesamiento de imágenes) mediante la librería *opencv*. En primer lugar se restan las imágenes contiguas, lo que permite resaltar el objeto en movimiento; luego se aplica una dilatación a la imagen para facilitar los cálculos, y, por último se procesa esta diferencia entre las imágenes para obtener el movimiento realizado (Kalal et al., 2011). Este proceso se puede apreciar en la *Figura 3*.

Figura 3

Detección de Movimiento con Algoritmo Opencv



Es importante aclarar que este algoritmo funciona con una cámara estática, la cual se colocará frente al usuario donde permita captar sus movimientos. Según Luo et al. (2021) este algoritmo se divide en tres etapas:

5. Inicialización: se adquiere la imagen inicial y se le da un tratamiento.
6. Seguimiento: se analizan las imágenes procesadas para determinar una posición.
7. Actualización: se genera un bucle para comparar las imágenes generadas por el video y determinar el movimiento realizado.

2.3. ¿En qué consiste la aplicación de realidad virtual?

Para responder esta pregunta es necesario entender a qué se refiere el término de realidad virtual, si bien su nombre ya es bastante descriptivo, puede asociarse simplemente a una simulación digital con aspectos más superficiales y espectaculares (Levis, 1997), pero se puede ir un poco más allá y decir que es una tecnología que permite la creación de espacios tridimensionales por medio de un ordenador; es decir, permite la simulación de la realidad, pero con una ventaja aparente, se puede introducir en el ambiente virtual elementos y eventos considerados útiles (Botella et al., 2006), de acuerdo con el objetivo establecido.

Esta inclusión de eventos y elementos representa los cimientos de la realidad virtual para generar una experiencia sintética haciendo que el usuario sustituya la realidad física por un entorno ficticio (Pérez, 2011).

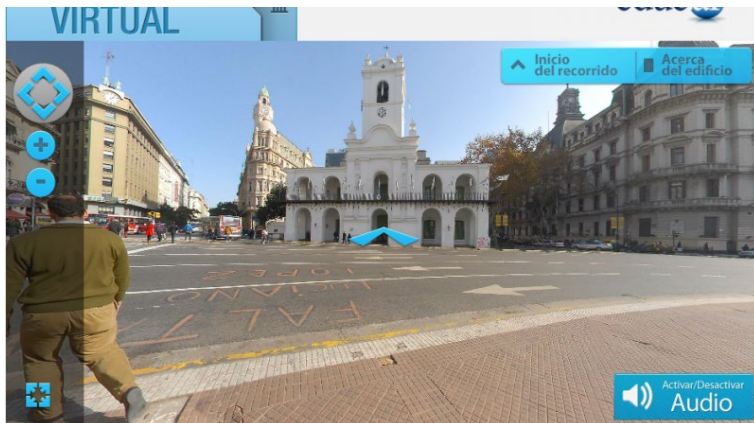
Llegados a este punto se comprende que esta técnica genera una experiencia única, al crear la ilusión de estar en el espacio generado por ordenador (Botella, et al., 2006).

Sin embargo, esta relación hombre-máquina cobra un mayor significado al proyectarse a personas con cierto grado de discapacidad, dado que en su diario vivir existe una interacción dinámica entre la persona y su medio, es decir, no siempre se dan en una relación recíproca predecible y no siempre van a ser iguales (Organización Mundial de la Salud, 2001).

Aquí es donde entra esta aplicación, la cual busca que la interacción entre el usuario y el medio ambiente virtual esté cargada de este dinamismo que describe la realidad; por lo cual se propone un recorrido virtual interactivo en el cual, si bien se implementan movimientos automáticos debidos a las limitaciones del usuario, se espera generar movimientos individuales que busquen interactuar con el medio virtual; es decir, la aplicación permite al usuario moverse a su gusto e interactuar con el medio virtual.

Figura 4

Ejemplo de Ambiente Virtual



2.4. ¿De qué manera interactúa el algoritmo con la aplicación?

Una vez definido el público hacia quien va dirigido la aplicación, el algoritmo que se va a usar y el medio en el cual se presenta la aplicación, es necesario entender cómo se fusiona el reconocimiento del movimiento y la realidad virtual, además de que beneficios aporta al usuario.

Los resultados obtenidos con el algoritmo de reconocimiento de movimiento se traducen a un sistema de ejes, el cual dirá la dirección del movimiento y de acuerdo con el tiempo con el que esta varía su velocidad; esta información se lleva al módulo de realidad virtual, el cual lo interpreta de acuerdo con lo establecido.

Entonces, esta combinación entre una aplicación que simula la realidad con un algoritmo que capta los movimientos y los traduce a una interacción más fluida, busca ayudar al usuario, ya que las interacciones con el medio funcionan en dos direcciones; la presencia de la discapacidad puede incluso modificar a la propia condición de salud (Organización Mundial de la Salud, 2001), y este es un punto crítico, ya que, si de alguna manera se consigue que la interacción con la aplicación reduzca esta limitación en la interacción puede incluso ayudar a su salud.

La idea general no es nueva, ya que existen otros casos en los que se ha usado la realidad virtual para ayudar con diferentes enfermedades. Según Botella et al. (2006) a continuación se nombran algunos de ellos.

- Realidad virtual en el tratamiento de los trastornos de ansiedad (fobias específicas, fobia social, trastorno de estrés postraumático, trastorno de pánico con agorafobia).
- Realidad virtual en el tratamiento de los trastornos de la conducta alimentaria.
- Realidad virtual en el tratamiento de otros trastornos mentales.

Entonces, esta aplicación propone un nuevo enfoque, orientado en la interacción del usuario con el medio, interacción que busca, no precisamente reemplazar a la real, sino ayudar a quienes han perdido la capacidad de interactuar con partes de su medio físico.

Resultados

Una vez definida la metodología se pueden comenzar a establecer las opciones óptimas para la aplicación basadas en los resultados expuestos en el apartado anterior. Es decir, se va a dar una respuesta puntual a las preguntas previas. En este artículo se muestran los resultados únicamente de la primera y segunda etapa.

3.1. ¿Para quién está dirigida esta aplicación?

Inicialmente hay que referirse a afectaciones en las funciones corporales, tales como estructuras del sistema nervioso, estructuras involucradas en la voz y el habla o sistemas cardiovasculares y respiratorio; en principio, las personas a quienes va orientada la aplicación no deben presentar afectaciones en estas funciones, pues se busca una retroalimentación por parte del usuario, lo cual permitirá hacer cambios que le beneficien.

Entonces, el público hacia quien va la aplicación es para personas que tengan un grado de afectación en su movilidad, es decir, que hayan perdido la capacidad de interactuar total o parcialmente con su entorno; esto permite que la aplicación funcione de manera óptima y genere en el usuario una expectativa para su interacción.

Por último, se deben analizar los patrones de comportamiento y personalidad, puesto que se buscan personas que no reaccionen de manera agresiva; esto con el fin de calibrar el software y quizá luego prestar servicios a un público mayor.

3.2. ¿Qué algoritmo se va a utilizar?

Para detectar el movimiento de los objetos se ha optado por utilizar dos algoritmos que realizan funciones específicas, pero trabajan en conjunto. A continuación, se describe de manera general el proceso que realizan estos algoritmos:



- En primer lugar se utiliza un algoritmo para la detección de movimiento, el cual se basa en una variación del algoritmo *K-nearest neighbours* para la extracción del fondo; esto permite crear una imagen de referencia y luego extraer información con cada nuevo frame de video (KaewTraKulPong & Bowden, 2002). De manera general su estructura es la siguiente:
 - Conversión a escala de grises y eliminación de ruido.
 - Operación de sustracción entre planos sucesivos.
 - Aplicar un umbral a la resta de imágenes contiguas.
 - Detección de contornos.
- La segunda parte se basa en un algoritmo de *object-tracking* que permita, con el resultado obtenido en el proceso anterior, cuantificar el movimiento realizado. Su estructura es la siguiente:
 - Obtener la variación en la posición de los píxeles mediante una función de flujo.
 - Generar un sistema de referencia que permita convertir las variaciones de la imagen en magnitudes medibles.
 - Comparar la variación de movimiento y determinar un valor apropiado.

Sobre la base de estos algoritmos se procede a dividir el proceso en tres tareas específicas, con el fin de tener una estructura modular que facilite posibles actualizaciones. A continuación, se detallan estas tareas:

a. Detección de objetos

Para detectar los objetos en cámara se procede de la siguiente manera:

- Iniciar la cámara con el método *VideoCapture*.
- Realizar un tratamiento a la imagen obtenida.
- Generar un filtro con base en la resta de imágenes; esto mediante el método *subtract*. De esta manera el fondo o los elementos que se mantengan fijos serán descartados y se tomará en cuenta únicamente a la persona.

b. Procesamiento de imágenes

Esta etapa es importante, pues consiste en el tratamiento que se les da a las imágenes obtenidas por la cámara, y de esto dependerá el qué tan fácil es obtener información para detectar el movimiento.

- Se convierte la imagen en blanco y negro para trabajar solo con un canal, método *cvtColor*.
- Después de realizar la resta de imágenes se dilata el resultado para incrementar la precisión, método *cv2.dilate*.

c. Detección de movimiento

Por último, se determina una medida de movimiento, este valor será devuelto para indicar una magnitud y dirección del movimiento del usuario. Aquí se incluye la librería *numpy* para realizar los cálculos necesarios.

- Utilizar el método *calcOpticalFlowFarneback*, el cual genera una función de flujo de acuerdo con el movimiento obtenido por la cámara.
- Con base en la función de flujo dibujar las aristas con una matriz.
- Comparar las variaciones de movimiento y determinar los valores apropiados de acuerdo con una sensibilidad específica.
- Devolver un valor numérico que indica cuanto se ha movido el usuario.

Con la estructura ya definida se procede a estructurar una clase que mida las variaciones en el movimiento grabado por la cámara. A continuación, en la *Figura 5* se muestra una fracción del código fuente implementado, y en la 6 y 7 se evidencia parte de los resultados.

Figura 5**Código Fuente**

```

1. """! @brief La clase movimiento controla los parámetros recibidos por la cámara"""
2.
3. ##
4. # @file movimiento.py
5. #
6. # @brief Define la clase Movimiento.
7. #
8. # @section Descripción
9. # Clase encargada de medir las variaciones en el movimiento grabado por la cámara mediante
  OpenCV.
10. # - Movimiento (clase)
11. #
12. # @section librerías/módulos
13. # - OpenCV (https://opencv.org/)
14. # - Acceso a las funciones para el control y procesamiento de imágenes.
15. # - Numpy (https://numpy.org/)
16. # - Acceso a las funciones para el cálculo de las funciones trigonométricas.
17. #
18. # @section Notas
19. # - Permite al usuario interactuar con la raqueta mediante el movimiento de las manos.
20.
21. #import
22. import cv2
23. import numpy as np
24. import argparse
25.
26. # Clases
27. # -----
28. class Movimiento():
29.     """! Clase que mide el movimiento del usuario y lo transforma en una variable
  medible."""
30.
31.     def __init__(self):
32.         """! Se enciende la cámara y se inicializan variables."""
33.
34.         self.webcam = cv2.VideoCapture(0)
35.         # webcam.set(cv2.CAP_PROP_SETTINGS, 1)
36.         self.check, self.frame = self.webcam.read()
37.         ## Variables auxiliares
38.         self.im1 = self.frame
39.         self.im2 = self.frame
40.         ## Se convierte la primera imagen a blanco y negro
41.         self.prevgray = cv2.cvtColor(self.frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
42.         self.prevgray1 = cv2.cvtColor(self.frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
43.         ## Variables de ancho y alto
44.         width = int(self.webcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH))
45.         height = int(self.webcam.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))
46.         ## Variables auxiliares
47.         self.bgGray=0
48.         self.i = 0
49.         self.A = 0
50.         self.B = 0
51.         self.C = 0
52.
53.     def deteccion(self):
54.         """! Clase que detecta el movimiento y retorna un valor, que determina cuánto se ha
  movido el usuario"""
55.
56.         ##Se almacenan la información de la cámara.
57.         ret, frame = self.webcam.read()
58.         if ret == False: return
59.         gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
60.
61.         ## Se crea un nuevo filtro, en base a la resta de imágenes
62.         self.im2 = frame
63.         resta = cv2.subtract(self.im2, self.im1)
64.         #cv2.imshow('resta', resta)
65.         self.im1 = frame
66.         # fgMask = backSub.apply(resta)
67.         # cv2.imshow('FG Mask', fgMask)
68.         rest = cv2.cvtColor(resta, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
69.
70.         ## Se usa un proceso de dilatación para incrementar la precisión
71.         kernel = np.ones((3, 3), np.uint8)
72.         rest = cv2.dilate(rest, kernel, iterations=3)
73.
74.         #cv2.imshow('resta', rest)
75.         # rest = cv2.Canny(rest, 100, 200)
76.         # cv2.imshow("Detected Edges", rest)
77.
78.         ##Se obtiene una función de flujo en base al movimiento de la mano
79.         flow = cv2.calcOpticalFlowFarneback(self.prevgray1, rest, None, 0.2, 4, 18, 1, 3, 1.1, 0)
80.         #flow = cv2.calcOpticalFlowFarneback(self.prevgray1, rest, None, 0.5, 3, 15, 3, 5, 1.2, 0)
81.         self.prevgray1 = rest
82.
83.         ## Se llama a la función draw flow para obtener un valor de movimiento
84.         aux1, sumal = self.draw_flow(rest, flow, self.A)
85.         aux1 = cv2.cvtColor(aux1, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

```

Figura 6

Extracción de Fondo



Figura 7

Función de Flujo Aplicada Sobre el Video



Conclusiones

Se ha establecido un público objetivo, fundamentado en el contenido de la CIF, que ha sido delimitado de acuerdo con las capacidades físicas y mentales de la persona; esto con el fin de que la interacción con el software sea lo más óptima y se pueda obtener retroalimentación por parte del usuario.

Podemos ver que la separación de todo el proceso para detectar el movimiento en dos algoritmos principales y luego, en tres tareas concretas, ha permitido crear módulos específicos que realizan una tarea puntual, lo cual optimiza el software y el flujo de trabajo.

Se concluye entonces que el algoritmo implementado ha funcionado correctamente, permitiendo detectar el movimiento del usuario y transformar este resultado en un valor numérico. El resultado de este proceso permitirá la movilidad dentro del ambiente virtual. Con este proceso finalizado se puede comenzar con el desarrollo de las siguientes etapas.

Referencias

- Alban, G. (2018). *Sistema domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato] <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28012>
- Botella, C., García-Palacios, A., Baños, R., Quero, S. y Bretón-López, J. (2006). Realidad Virtual y Tratamientos Psicológicos. *Psicología Conductual*, 14(3), 2006, 491-509 https://www.behavioralpsycho.com/wp-content/uploads/2020/04/09.Botella_14-3oa.pdf
- Bravo, I. (2007). *Arquitectura basada en FPGAs para la detección de objetos en movimiento, utilizando visión computacional y técnicas* [Tesis doctoral, Universidad de Alcalá] <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/1381>
- Castillo, C. (2014). *Sistema de detección automático de movimientos corporales mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura] <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/801>
- Gómez-Vega, C., Ramírez-Medina, V., Méndez-García, M., Alba, A. y Salgado-Delgado, R. (2015). Rastreo de movimiento de roedores usando visión computacional. *Memorias Del Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica*, 2(1),196–199. <https://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/92>
- González, S., Tello, J., Silva, P., Lüders, C., Butelmann, S., Fristch, R., Solar, F., Rigo-righi, C., y David, P. (2012). Calidad de vida en pacientes con discapacidad motora según factores sociodemográficos y salud mental. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 50(1), 23–34. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272012000100003>
- KaewTraKulPong, P., & Bowden, R. (2002). An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection. En Remagnino, P., Jones, G., Paragios, N., & Regazzoni, C (Eds) *Video-Based Surveillance Systems* (135–144) Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0913-4_11
- Kalal, Z., Mikolajczyk, K., & Matas, J. (2011). Tracking-learning-detection. En *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 34(7), 1409-1422. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2011.239>
- Levis, D. (2006). ¿Qué es la realidad virtual? *Realidad Virtual*, 1–28. <https://xdoc.mx/preview/3-la-tecnologia-que-hace-posible-los-simulacros-60669920b139b>
- Luo, W., Xing, J., Milan, A., Zhang, X., Liu, W. & Kim, T. (2021). Multiple object tracking: A literature review. *Artificial Intelligence*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2020.103448>
- Organización Mundial de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento de la discapacidad y la salud*. 1–1189. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría de Estado de Servicios Sociales,

Familias y Discapacidad. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO).<https://apps.who.int/iris/handle/10665/43360>

Pérez, F. (2011). Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual. *Creatividad y Sociedad*, 16. <http://creatividadysociedad.com/creatividad-tic-y-sociedad-de-la-informacion>

Prieto, M., Marufo, M., Di Matteo, L., Verrastro, R., Hernández, A., Gómez, J., y Verrastro, C. (2014). Algoritmo de seguimiento de objetos en imágenes mediante reconstrucción iterativa de histograma en tiempo real. En *Jornadas Argentinas de Robótica*, 155. <https://doi.org/10.13140/2.1.4337.0569>

Copyright (2022) © Jonathan Marcelo Tipán Espinoza



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)



Creación de un repositorio de código abierto de modelos en 3D de un kit odontológico utilizando Blender

Creation of an open source repository of 3D models of a dental kit using Blender

Fecha de recepción: 2022-07-29 • Fecha de aceptación: 2022-08-22 • Fecha de publicación: 2022-10-10

Sara Marina Haro Loor¹

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

samarina.hl@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8260-3790>

Danilo Alejandro Soria Maldonado²

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

[danilosoriam.10@gmail.com](mailto:danosoriam.10@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-0013-4477>

RESUMEN

En el campo de la odontología y las ciencias médicas, las prácticas presenciales con el respectivo instrumento brindan una experiencia necesaria en la formación de profesionales. Sin embargo, el alto costo de los instrumentos y su respectivo mantenimiento son un obstáculo para estudiantes e instituciones con recursos limitados. El objetivo del presente trabajo de investigación es crear un repositorio gratuito de código abierto de modelos 3D perteneciente al instrumental de un kit odontológico, a partir de una metodología basada en procesos estandarizados en trabajos multimedia y recurrentemente, utilizados a su vez en producciones de índole tridimensional. Esta metodología se divide en tres amplias fases que son preproducción, producción y posproducción, cada una con sus diferentes etapas que favorecen al óptimo desarrollo del repositorio, de manera

que los instrumentos modelados tengan un favorable acercamiento a la realidad. El estudio aspira a que el repositorio tenga diferentes usos que solventen las variadas necesidades presentes en la educación del campo odontológico y si es posible ser usados en trabajos con horizontes más extensos. Finalmente, el repositorio fue subido a una plataforma de libre acceso donde puede ser descargado para desarrollar proyectos que cumplan con la finalidad de los modelos almacenados.

PALABRAS CLAVE: programación informática, teoría de la información, codificación, informatización de archivos, creatividad

ABSTRACT

In the field of dentistry and medical sciences, face-to-face practice with the respective instrument provides a necessary experience in the training of professionals. However, the high cost of the instruments and their respective maintenance are an obstacle for students and institutions with limited resources. The objective of this research work is to create a free open source repository of 3D models belonging to the instruments of a dental kit, from a methodology based on standardized processes in multimedia works and recurrently used in turn in three-dimensional productions. This methodology is divided into three broad phases which are pre-production, production and post-production, each one with its different stages that favor the optimal development of the repository, so that the modeled instruments have a favorable approach to reality. The study aspires that the repository will have different uses that solve the varied needs present in the education of the dental field and if possible be used in works with longer horizons. Finally, the repository was uploaded to a free access platform where it can be downloaded to develop projects that fulfill the purpose of the stored models.

KEYWORDS: computer programming, information theory, coding, computerization of files, creativity

Introducción

A lo largo de los años la salud dental ha sido un tema que ha tomado relevancia e importancia en la sociedad, pues los padecimientos y malestares orales en junto con su efecto en el bienestar y calidad de vida han evolucionado en la actualidad, al punto que su repercusión está impactando a los sectores vulnerables de la población (Meller, 2008). Entre la gran cantidad de motivos por los cuales el cuidado bucal es relevante, podemos encontrar una interesante inclinación por el valor estético (Casals-Peidró, 2005); el atractivo facial y dental se extiende a un valor importante dentro de la psicología del ser humano, pues es considerado un factor clave en la belleza (Ulloa, 2018).

Tanto por estética como por bienestar, las personas han aumentado el interés en su higiene bucal. Es por ello, que la carrera de Odontología es una de las más demandadas en la actualidad (Lara, 2020), aumentando el interés de las instituciones en generar ofertas académicas en torno a esta profesión. Sin embargo, es bien conocido los altos costos que implica, tanto para la institución el obtener la infraestructura adecuada y dar el respectivo mantenimiento a las estaciones odontológicas como para los estudiantes, el adquirir herramientas fundamentales de diagnóstico y exploración bucal, especialmente en los países en desarrollo (Flores, 2010).

La simulación de una práctica resulta ser una solución estimulante dentro de cualquier campo académico, sobre todo en áreas afines a la medicina, debido a que ayudan a receptor conocimientos previos a una práctica médica, analizando el proceso y sus resultados, y evitando daños en la integridad de los instrumentos y lo más importante del paciente (Gratch et al., 2007). Por otra parte, las simulaciones son reutilizables y accesibles para un gran número de usuarios.

Se pueden realizar simulaciones bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D). Las simulaciones 3D permiten tener un campo de visión más realista de los objetos. Factores como las texturas, iluminación, rotaciones de los elementos ayudan a aumentar la percepción de los estudiantes. Por ello son de mayor interés en los diversos campos de formación académica.

En la actualidad, existen varios *software*, tanto de uso privado (propietarios), como de uso libre (código abierto), enfocados al modelado y animación en 3D. *Software* como Autodesk Maya (Autodesk, 2022), Cinema 4D (Maxon, 2022) o Rhino (Rhinoceros, 2021) solo se encuentran disponibles para aquellos usuarios o instituciones que puedan permitirse pagar las variadas tasas o mensualidades con sus respectivos beneficios. Sin embargo, las herramientas utilizadas para el modelado, esculpido y manejo dentro del campo 3D son similares y, por tanto, el uso de *Software* libre puede ser una alternativa viable y provechosa (Beane, 2012; Blender, 2022). Por ejemplo, es un sistema enfocado a la creación de gráficos tridimensionales de manera libre y de código abierto (Arriola et al., 2011). Su gratuidad trae consigo una gran cantidad de ventajas como, por ejemplo, el acceso a las recientes actualizaciones sin costo; además, al ser tan accesible, es centro de una gran comunidad donde se pueden compartir e intercambiar conocimientos, dando acceso a tutoriales que faciliten el uso del *software* (Blender, 2022).

En temas técnicos podemos mencionar que los acabados brindados por el programa son similares o en algunos casos superiores a *software* comerciales (Chung, 2009), dado que las simulaciones son el resultado de la experimentación con un modelo para extraer conclusiones y

realizar predicciones (Kofman, 2000). Actualmente, estas son consideradas como un instrumento de análisis sofisticado, puesto que es adaptable a los distintos cambios de variables dentro de la misma. Su rentabilidad y comodidad recae en la facilidad de imitar un resultado y comportamiento realista, dado determinados factores, y así facilitar su evaluación (Rotab, 1999).

En el caso de una simulación educativa tridimensional, podemos considerar cuatro etapas para su proceso de producción: bocetaje, modelado, animación e incorporar interactividad. Sin embargo, la ejecución de este proceso es secuencial, lo que aumenta el tiempo de elaboración de la simulación, ya que, al no poder trabajar paralelamente, el equipo de trabajo debe constar de integrantes especializados para cada etapa, a fin de no entorpecer ni ralentizar el proceso.

Una forma óptima de reducir el proceso de producción de una simulación 3D consiste en componer un repositorio de modelados 3D de objetos comúnmente usados en el área de estudio de la cual se requiera realizar la práctica. El uso de este repositorio acortaría el proceso de producción, ya que se obviarían las etapas de bocetaje y modelado, permitiendo al equipo de trabajo centrarse en las etapas restantes y así obtener resultados más satisfactorios en menor tiempo.

El objetivo del proyecto es crear un repositorio de modelados en 3D de un kit odontológico utilizando Blender, que sea de libre acceso para todos los usuarios que lo requieran y pueda ser descargado sin costo alguno. Este documento se detalla de la siguiente manera. En primera instancia, se describe la metodología utilizada para desarrollar el repositorio. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos y las ventajas tras utilizar esta metodología. Finalmente, se exponen las contribuciones realizadas a partir de este proyecto y las conclusiones que constituyen un punto de partida para futuros trabajos.

Metodología

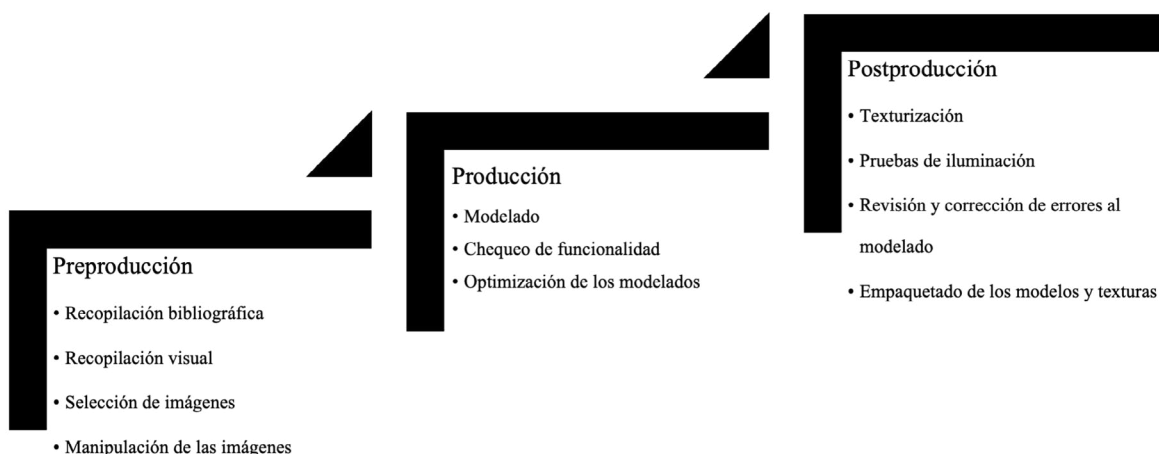
Para la metodología utilizada en la creación de los modelos en 3D se ha deducido a tres etapas a partir del proceso de creación típico para cualquier contenido audiovisual:

1. **Preproducción:** durante esta etapa se concibe la idea principal para posteriormente regularizar su organización y preparación, de esta manera se habilita la fácil solución de problemas que puedan surgir durante etapas próximas (Sempere, 2017).
2. **Producción:** aquí se pone en práctica todo lo planificado en la fase de preproducción (Botella et al., 2018).
3. **Posproducción:** esta es la etapa final de cualquier proyecto audiovisual y comienza una vez que se concreten los resultados de la fase anterior (Botella et al., 2018; Sempere, 2017)

Con el fin de organizar y sistematizar el proyecto se ha adaptado este flujo de trabajo para que cumpla con los requerimientos y necesidades de un proceso de creación de contenido en 3D, específicamente, creación de modelos en 3D. A continuación, en la *Figura 1* se presenta un esquema del seguimiento que se dará en cada una de las etapas.

Figura 1

Esquema de Seguimiento Metodológico



2.1 Preproducción

En esta etapa se debe recopilar la mayor cantidad de información posible, previa al modelado, con el fin de facilitar la creación de la malla. Esta información puede ser extraída de varios tipos de fuentes, tales como textos, imágenes, videos o de la manipulación de los objetos a modelar. Las fases que se consideraron para esta etapa se describen a continuación:

2.1.1 Recopilación bibliográfica

Con el fin de delimitar la cantidad de objetos a modelar, se realizó una recopilación documental del instrumental de odontología de uso frecuente. De igual forma se recopiló información referente a la utilidad y características de cada objeto. Además, dada la dificultad de adquirir los instrumentos a modelar, dentro de este compendio bibliográfico se realizó un sondeo de las medidas a escala real de cada objeto.

2.1.2 Recopilación visual

Una vez seleccionado el instrumental a modelar, es necesario recopilar información visual sobre cada objeto. Esta información puede ser imágenes o fotos tomadas del objeto desde diferentes ángulos, *Blueprints* o planos del objeto e incluso videos que permitan apreciar los materiales, texturas y la funcionalidad del instrumental.

2.1.3 Selección de imágenes

Para facilitar el modelado del instrumental es necesario el uso de imágenes de referencia, que permitan al modelador recrear el objeto en un espacio tridimensional, de manera que este asimile al objeto en la realidad. Es por ello que, para no entorpecer el proceso de modelado, las imágenes seleccionadas deben poseer las siguientes características:

- La imagen debe mostrar al objeto en un ángulo recto sin perspectiva, es decir, que debe exponer una cara del objeto en una vista perpendicular.
- La imagen debe contener únicamente al objeto a modelar o, en su defecto, que el instrumento no se vea cubierto por otros elementos que dificulten la visualización del objeto.
- La imagen debe poseer un fondo liso, sin texturas o elementos que obstaculicen la visión clara del contorno del instrumento.
- La imagen debe poseer la calidad necesaria para poder distinguir las diferentes secciones y detalles del objeto.

2.1.4 Manipulación de imágenes

Terminada la fase de selección se obtendrá una colección de imágenes, las que servirán posteriormente como referencias para el proceso de modelado. Sin embargo, es posible que algunas de estas imágenes, a pesar de ser aptas para ser utilizadas como referencias, no cumplan con todos los requisitos dados en la sección anterior, por lo cual será necesario utilizar algún *software* de edición de imágenes para manipularlas y estandarizarlas. Por otro lado, dentro del *software* de modelado resulta necesario homogeneizar la escala de todas las imágenes, a fin de que las proporciones de los instrumentos tengan concordancia entre sí.

2.2. Producción

En esta etapa se realizan los modelados de los objetos a partir de la información visual recolectada en la etapa anterior. Además, se realiza un chequeo a la funcionalidad de cada objeto y se optimiza la malla de cada modelado.

2.2.1 Modelado

Una vez seleccionada y manipulada la imagen que servirá como referencia para la representación del instrumento en 3D en el *software* Blender, se inicia el proceso de modelado. Para este proceso se siguieron los siguientes pasos:

1. Ubicar la imagen de referencia en el fondo según la perspectiva del objeto.
2. Para empezar el modelado es necesario encontrar una forma básica que se asemeje al cuerpo del objeto a partir de un polígono. Es importante recalcar que el número de vértices del polígono definirá posteriormente la carga poligonal del modelo.

3. Mediante la herramienta *Extruir* se expande verticalmente el polígono en 2D, siguiendo la forma del objeto con respecto a la imagen de referencia, generando así un sólido en 3D similar al objeto que se quiere recrear.
4. Este proceso se repite consecutivamente realizando pequeñas transformaciones en cada extrucción en caso de ser necesario. Estas transformaciones pueden ser de escala, rotación o posición.
5. Una vez que la malla esté terminada se activa el modo de visualización en render para comparar las diferentes vistas del objeto y corregir errores dentro de la malla.
6. Posterior al chequeo de la malla se aplica un suavizado al objeto con el fin de alisar todos los bordes y caras del objeto, ya que, en caso contrario, los vértices del objeto podrían exhibir asperezas en la malla.
7. Finalmente se realiza un último render para visualizar el producto final y continuar con el proceso de producción.

2.2.2 Chequeo de funcionalidad

La funcionalidad de un objeto en sí consiste en la capacidad de realizar la tarea para la cual este fue creado (Goodwin, 1987). Por lo tanto, en esta fase los modeladores verifican que los modelos cumplan con la función y las características del instrumento al cual simulan en la vida real. Estas características y funciones pueden darse en términos de movilidad, forma, estructura y acabados. En caso de que el objeto no cumpla con alguna de estas, el modelo deberá entrar en revisión y volver a la etapa de preproducción de ser necesario. Por otro lado, si el modelo cumple con los estándares de funcionalidad pasará a la fase de optimización.

2.2.3 Optimización del modelado

Una vez terminado el chequeo de la funcionalidad se procede a optimizar los modelos obtenidos tras esta fase, realizando múltiples operaciones sobre cada modelo, tales como cerrar agujeros y optimizar los polígonos de la malla en forma y cantidad, con el fin de obtener un modelo poligonal hermético y limpio capaz de representar apropiadamente al objeto físico (Díaz et al., 2015). Por último, es necesario revisar que el modelo no contenga más vértices de lo necesario, es decir, realizar un proceso de eliminación de vértices cuya existencia no afecte la forma del objeto modelado, ya que esto solo incrementaría el tamaño del archivo, y, por lo tanto, el tiempo de render (Dere et al., 2010). Además, pueden existir vértices dobles o cortes dentro de la malla creando secciones innecesarias.

2.3 Posproducción

En esta etapa se realizan los trabajos finales sobre el modelo con el fin de que este tenga un resultado realístico. De igual manera se realiza un chequeo de la funcionalidad de cada objeto y posteriormente se empaqueta todo el conjunto de objetos con los componentes necesarios.

2.3.1 Texturización

Consiste en la aplicación de color y propiedades de superficie en los modelos geométricos para simular resultados de materiales tan acercados a la realidad como se deseen (Beane, 2012). La fase del texturizado tiene una importancia paralela a la de modelado, principalmente si la expectativa es la estructuración de un modelo realista, y se pueden llevar a cabo mediante materiales, sombreadores y mapas (Fernández, 2011).

Para el presente proyecto se usó el método de aplicación de materiales, a partir de las herramientas brindadas por el *Software* Blender, pero las mismas suelen estar presentes en la mayoría de *software* de Modelado 3D. Existen diversos atributos a ser editados para lograr los resultados esperados, algunos de ellos son: color, *ambience*, *transparency*, *reflectivity*, *specular highlights*, *glow*, *bump*, entre otros atributos (Lozano, 2022) que influyen en el comportamiento visual del objeto y como este se percibe en el renderizado final, cualquiera sea el propósito del mismo.

También se utilizaron texturas creadas en *software* de edición de imágenes, a las mismas pueden ser añadidos los diversos modificadores cualitativos explicados anteriormente para los materiales. Haciendo uso de la información obtenida en recopilación bibliográfica, referente a las características de cada objeto, como lo son los materiales de su composición, y en conjunto con el compendio de imágenes pertenecientes a la recolección de referencia visual, se trabajó en una reproducción lo más precisa y fiel de los materiales que estructuran cada uno de los elementos modelados. El procedimiento a seguir fue el siguiente:

- Se inicia por detectar el color plano del objeto teniendo como resultado un material llano.
- Posteriormente se añaden características de iluminación mediante los atributos que tengan competencia sobre el comportamiento de la luz en el material, como son la reflectividad, transparencia, etc.
- En los materiales que lo requieran, y de ser necesario, se aplicarán modificaciones en el atributo de *Bump*, que permite simular superficies sobre la textura, creando efectos visuales de prominencias o depresiones mediante sombreados y puntos de luz sin retocar la geometría del objeto (D'Elia, 2016; Lozano, 2022).
- Se nombrarán y enumerarán las texturas de una manera estructurada y ordenada para facilitar su uso y reutilización, además de que con ello proporcionan fáciles soluciones y detecciones de problemas en caso de pérdida.

2.3.2 Pruebas de iluminación

El propósito esencial de esta etapa es crear una ambientación que permita la apropiada visualización de los objetos modelados. Al proyecto presentar el conjunto de modelados para variadas finalidades de uso, la óptima visualización debe ir más allá de la presentada en el

empaquetado final. Para ello, en conjunto con la etapa posterior, esta procura detectar problemas causados durante cualquiera de las etapas anteriores, especialmente modelado y texturizado que puedan causar espacios negros, fallas de luz o deformación de texturas y, en su defecto, de los propios objetos. Blender proporciona como parte de sus herramientas un conjunto de luces variadas y de diferentes atributos, con cada una de ellas el procedimiento a seguir es:

- Probar la luz de manera directa en cada una de sus vistas: superior, inferior, lateral izquierda y derecha. Si se detecta algún tipo de alteración se determina su origen (modelado o texturizado) y se lo corrige.
- Se prueba la luz haciendo un movimiento continuo en diferentes direcciones sobre el objeto. Si se detecta algún tipo de alteración se determina su origen y se lo corrige. El mismo procedimiento se repite con la luz estática y un movimiento del objeto de manera continua.
- Se prueban distintos colores e intensidades proporcionados por el atributo de la luz. Si se detecta algún tipo de alteración se determina su origen y se lo corrige.

2.3.3 Revisión y corrección de errores al modelado

Una vez texturizado y realizadas las respectivas pruebas de iluminación y luces, se realiza una revisión a cada modelo con la finalidad de corregir cualquier tipo de error existente en el modelado. En esta etapa se revisa de igual manera la funcionalidad de cada objeto, es decir, que el modelo cumpla la función para la cual fue creado. En caso de existir algún error en el modelado se procede a realizar el siguiente proceso:

- Se revisa la funcionalidad del objeto y la malla del modelado, en caso de ser necesario se corrige la malla de acuerdo con su funcionalidad.
- Posteriormente se chequean las texturas y los materiales utilizados en el modelado.
- Finalmente se realiza una última revisión con la iluminación, con el fin de detectar problemas de las etapas anteriores y regresar a la etapa correspondiente en caso de ser necesario.

2.3.4 Empaquetado de modelos y texturas

Debido a que el conjunto de objetos modelados será subido a un repositorio, es necesario tener en cuenta todos los archivos asociados con los modelos, tales como texturas, luces y materiales. Cabe señalar que la ausencia de alguno de estos archivos puede ocasionar fallas en la visualización de los objetos al descargarse y abrirse en otro ordenador. De igual forma, esto puede afectar negativamente a la capacidad de modificación de los objetos por parte de los usuarios que adquieran el repositorio.

Resultados

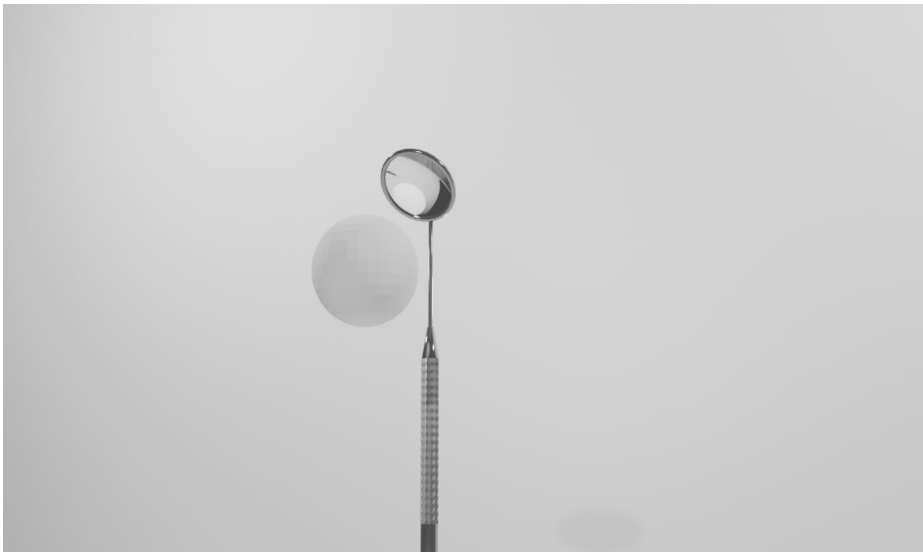
En esta sección se muestran los resultados del proyecto de investigación y se enfatizan con ilustraciones de los modelos realizados la efectividad de la metodología para alcanzar las metas propuestas en este trabajo.

3.1 Funcionalidad del modelo

Como se pudo observar en la metodología utilizada, cada objeto ha sido modelado con la finalidad de que estos puedan ser capaces de realizar la función del objeto real del cual han sido recreados (ver *Figura 2*).

Figura 2

Espejo de Exploración Reflejando Esfera UV

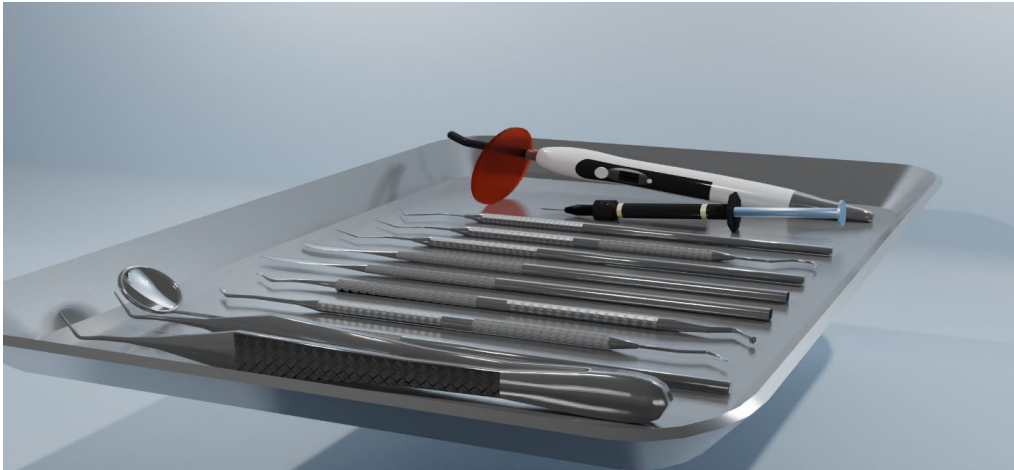


3.2 Realismo del modelo

En la representación realística del modelo influye la correcta reproducción de las formas dentro de la fase de modelado, tanto en figura como en escala y dimensiones. Contribuye también el conservar dicha precisión después de ser aplicados atributos de suavizado para las curvas y puntas de los instrumentos dentales a replicar (ver *Figura 3*). El siguiente factor significativo para una generación realística del instrumental son las texturas aplicadas. Al realizar un trabajo bibliográfico investigativo los autores pudieron determinar las características de los materiales en los objetos y su correcta representación bajo cualquier cambio de luz. Gracias a esto los modelos se asemejan acertadamente a la realidad y cumplen con el objetivo de usabilidad para distintos medios.

Figura 3

Render de Instrumentos Odontológicos

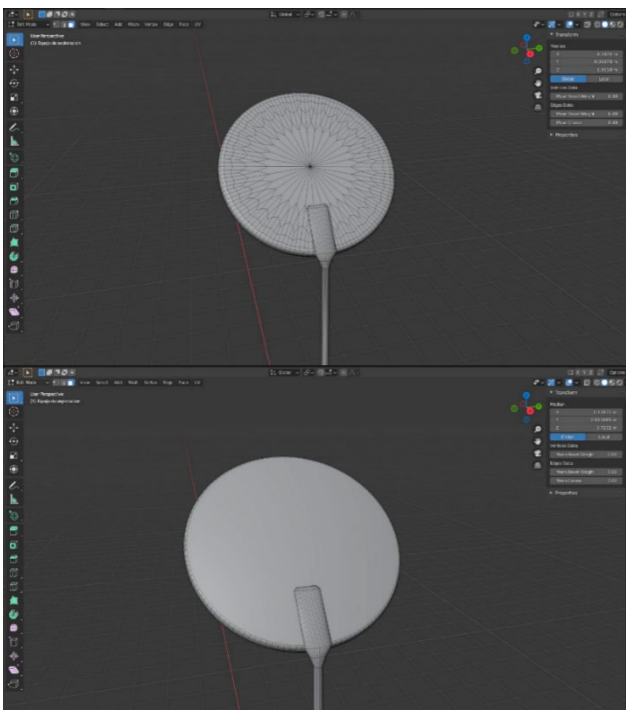


3.3 Optimización de la malla

En términos de rendimiento y con el fin de garantizar los menores tiempos de renderización posible, es necesario reducir al máximo la carga poligonal de los modelados (Bunsen & Fleischmann, 2014). Para este proyecto se optimizó la malla utilizando varias de las técnicas descritas en la metodología, como se puede ver en la *Figura 4*.

Figura 4

Optimización en Modelo 3D del Espejo de Exploración



3.4 Reusabilidad y modificabilidad

Como meta planteada para el desarrollo de este proyecto se contempló la reusabilidad y modificabilidad de cada objeto dentro del repositorio (ver *Figura 5*). El poder implementar cada elemento del repositorio las veces que sean necesarias dentro de un proyecto y a su vez tener la facilidad de modificarlos, ya sea en tamaño o la propia malla de los objetos, permite una mayor flexibilidad en la variedad de usos que se le puede dar al repositorio.

Figura 5

Reusabilidad y Modificabilidad de Instrumentos Odontológicos

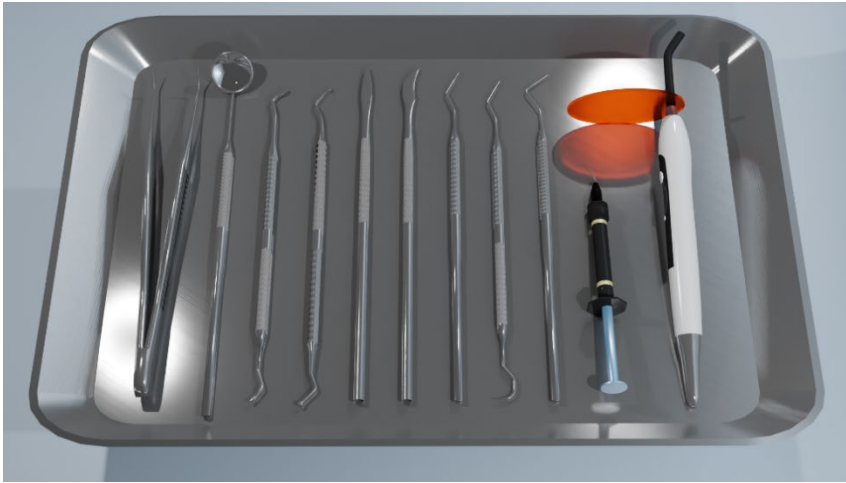


3.5 Renders finales

El repositorio de modelados en 3D ha sido desarrollado en la versión de Blender 3.2.0 y consta de los siguientes elementos: bandeja de instrumentos, pinza biangulada, espejo de exploración, gutaperchero dental, cucharilla de dentina, sindesmotomo normal, sindesmotomo con punta curva, sonda de exploración simple, sonda de exploración doble, sonda de exploración de la OMS, jeringa de resina y lámpara de fotocurado, como se puede ver en la *Figura 6*.

Figura 6

Render Final del Kit Odontológico



Conclusiones

A lo largo de este proyecto se ha podido evidenciar la necesidad real de crear repositorios de modelados 3D de diferentes temáticas y áreas del conocimiento, siendo las más importantes aquellas que involucren prácticas donde el recurso humano o material se puedan ver perjudicados por un uso inadecuado debido a la inexperiencia. El poseer el repositorio permite reducir en gran medida el tiempo empleado dentro de la realización de una simulación.

La recolección visual y bibliográfica sobre el instrumental odontológico ha apoyado de manera significativa al desarrollo de los modelados, ya que, al comprender su forma y los materiales que los componen se ha podido tener un acercamiento a la realidad satisfactorio.

Por otro lado, pese a que la mayoría de los programas orientados al modelado y animación en 3D comparten varias características, conceptos y atajos de teclado entre sí, cabe resaltar que es recomendable tener un conocimiento básico de Blender, específicamente en cuanto a la navegación dentro del programa se refiere. Sin embargo, los modelos del repositorio pueden exportarse a otros *softwares* de modelado en 3D para su uso y modificación.

Las especificaciones mínimas del *hardware* para hacer uso del repositorio están ligadas explícitamente a los requisitos mínimos determinados por el *software* donde se desee trabajar la simulación, es decir, que estos pueden variar dependiendo el programa en el que se trabaje y por tanto es recomendable la revisión de las especificaciones necesarias en cada uno de los *softwares*.

Por último, el repositorio ha sido cargado a la plataforma TurboSquid, donde se pueden encontrar repositorios tanto gratuitos como de paga. Este repositorio se encuentra disponible de manera gratuita en <https://n9.cl/repositorioodontologico>.

Referencias

- Arriola, O., Tecuatl, G., y González, G. (2011). *Software propietario vs software libre: una evaluación de sistemas integrales para la automatización de bibliotecas*. Investigación bibliotecológica, 25(54). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2011000200003
- Autodesk. (2022). *Maya: Create expansive worlds, complex characters, and dazzling effects*. <https://www.autodesk.com/products/maya/overview>
- Beane, A. (2012). *3D Animation Essentials*. John Wiley & Sons, Inc. <https://www.wiley.com/en-us/3D+Animation+Essentials-p-9781118147481>
- Blender. (2022). <https://www.blender.org/>
- Botella, P. (2018). *Preproducción, producción y postproducción de un perfil audiovisual* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València] <http://hdl.handle.net/10251/110416>
- Bunsen, O., & Fleischmann, G. (2014). Mesh Optimization for Animation Purposes. En Deussen, O. & Lorenz, P. (Ed.). *Simulation und Animation 1997 (SimVis 1997), 6-7 März 1997 (66-75)*, SCS Publishing House. <https://researchr.org/publication/BunsenF97>
- Casals-Peidró, E. (2005). Hábitos de higiene oral en la población escolar y adulta española. *RCOE*, 10(4), 389-401 http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2005000400002
- Chung, A. (2009). Software libre aplicado al dibujo industrial: el caso Blender. *Industrial Data. Revista de Investigación*, 12(1). <https://doi.org/10.15381/idata.v12i1.6091>
- D'Elia, M. (2016). *Guía de aprendizaje básico, medio y avanzado de modelado, texturizado, materiales y renderizado del programa Blender dirigido a estudiantes, Universidad Nueva Esparta, Municipio El Hatillo* [Tesis de grado, Universidad Nueva Esparta] <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/2833/1/TG5556.pdf>
- Dere, S., Sahasrabudhe, S., & Iyer, S. (2010). Creating Open Source Repository of 3D Models of Laboratory Equipments using Blender. En *International Conference on Technology for Education* (pp. 149-156). <http://dx.doi.org/10.1109/T4E.2010.5550044>
- Díaz, F., Peiró, Jiménez, J., Barreda, A., Asenso, B. & Hervas, J. (2015). Modelado 3D para la generación de patrimonio virtual 3D modeling for the generation of virtual heritage. *Virtual Archaeology Review*, 6(12), 29-37. <https://doi.org/10.4995/var.2015.4150>
- Fernández, M. (2011). *Modelado, texturizado y ajuste de malla*. Universidad Carlos III de Madrid. <https://core.ac.uk/download/pdf/30045016.pdf>

- Flores, M. (2010). Razones para el ingreso a la carrera de odontología. *Revista Odontológica de Los Andes*. 5(1), 23-30. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=70769>
- Goodwin, N. (1987). Functionality and usability. *Computing Practice*, 30(3), 229-233. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/214748.214758>
- Gratch, J., Kelly, J. & Bradley, C. (2007). *Science Simulations: What Do They Contribute to Student Learning?* <https://www.learntechlib.org/p/25143/>
- Kofman, H. (2000). *Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física*. <https://www.oocities.org/ar/hugoakofman/download/documentos/modelos.pdf>
- Lara, M. (2020). *Oferta, demanda, pertinencia y perfiles como requisito para la formación de especialistas en el área de odontopediatría y ortodoncia en la sierra ecuatoriana* [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21206>
- Lozano, J. (2022). *Diseño y creación de un personaje 3D para un videojuego MOBA* [Trabajo de grado, Universidad de Alicante] <http://hdl.handle.net/10045/124542>
- Maxon. (2022). *Cinema 4D*. <https://www.maxon.net/es/cinema-4d>
- Meller, C. (2008). Importancia de la odontología preventiva en el adulto mayor: Una aproximación personal. *Odontología Preventiva*, 1(2), 73-82. <http://www.medicinaoral.com/preventiva/volumenes/v1i2/73.pdf>
- Rhinoceros. (2021). <https://www.rhino3d.com/>
- Rotab, M. (1999). Simulation modeling of a garment production system using a spreadsheet to minimize production cost. In *International Journal of Clothing Science and Technology*. 11(5). <https://doi.org/10.1108/09556229910297554>
- Sempere, C. (2017). *Preproducción, Producción y postproducción de un videoclip musical Crazy Head - Pugnator* [Trabajo de grado, Universitat Jaume I] <http://hdl.handle.net/10234/169011>
- Ulloa, A. (2018). Carta Odontológica. *Órgano Científico de la Sociedad Peruana de Prótesis Dental y Máxilo Facial* (2). <http://www.sppdmf.pe/wp-content/uploads/2019/10/CARTA2018-2.pdf>

Copyright (2022) © Sara Marina Haro Loor y Danilo Alejandro Soria Maldonado



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)



NORMAS DE PUBLICACIÓN REVISTA ODIGOS

La **REVISTA ODIGOS** es una publicación científica de la Universidad Tecnológica Israel, cuya difusión es trianual: febrero, junio y octubre.

El propósito es publicar, en español e inglés, trabajos de investigación científica y desarrollo tecnológico vinculados a las Ciencias de la Ingeniería y Exactas (ciencia y tecnología, computación, física, matemática, telecomunicaciones, electrónica).

Está dirigida a docentes, investigadores y profesionales que estén interesados en la actualización y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica en esta área del conocimiento. Es de acceso abierto y gratuito, e incluye artículos originales de investigación, ensayos y reseñas.

Es importante acotar que las evaluaciones se hacen con pares a doble ciego para garantizar la objetividad y la calidad de las publicaciones.

1. ALCANCE Y POLÍTICA

Las aportaciones tienen que ser originales y no haber sido publicados previamente o estar en proceso de revisión de otro medio.

Estas pueden ser mediante:

- **Artículos:** trabajos de naturaleza teórica y empírica con una extensión de entre 12 y 16 páginas, incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), institución, correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos), keywords, introducción, metodología, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas.

- **Ensayos:** son revisiones exhaustivas del estado de la cuestión de un tema de investigación reciente y actual justificado mediante la búsqueda sistemática de autores que traten sobre esa problemática. Para esta sección se aceptan trabajos con un máximo de entre 12 y 16 páginas, incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), institución, correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se

aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos), keywords, introducción, desarrollo, debate/discusión/conclusiones y referencias bibliográficas.

- **Reseñas:** consiste en la valoración crítica de un autor, un libro u obra artística en la que se realice una evaluación o crítica constructiva. Tiene una extensión de máximo 12 páginas incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos debido a su baja calidad), keywords, introducción, desarrollo, debate/discusión/conclusiones y referencias bibliográficas.

2. PROCESO EDITORIAL

Se informa a los autores que los trabajos que se publicaran deben respetar el formato de la plantilla establecida y ser enviados exclusivamente por el OJS (Open Journal System): <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/ro>, por esa vía se manejará el proceso de estimación/desestimación y de aceptación/rechazo, así como en caso de aceptación, el proceso de revisión.

En el período máximo de 30 días, a partir de la recepción de cada trabajo, los autores recibirán una notificación. En caso de que el manuscrito presente deficiencias formales o no se incluya en el focus temático de la publicación, el Editor principal o Director Científico desestimarán formal o temáticamente el trabajo sin opción de reclamo por parte del autor. Por el contrario, si presenta carencias formales superficiales, se devolverá al autor para su corrección antes del inicio del proceso de evaluación. Para ello se establecen las siguientes categorías: **aceptado, aceptado con cambios menores, aceptado con cambios mayores, rechazado.**

Se solicita a los autores que una vez recibida la resolución por parte del Editor de la Revista o del Director Científico envíen el documento corregido en no más de 30 días para una segunda revisión, salvo a aquellos autores a quienes se ha notificado su documento como rechazado.

Los manuscritos serán evaluados científicamente, de forma anónima por pares expertos en la temática, con el fin de garantizar la objetividad e independencia de la Revista.

Los criterios de valoración para la aceptación/rechazo de los trabajos por parte del Consejo Editor son los siguientes:

- Actualidad y novedad.
- Relevancia y significación: avance del conocimiento científico.
- Originalidad.
- Fiabilidad y validez científica: calidad metodológica contrastada.
- Organización (coherencia lógica y presentación formal).
- Coautorías y grado de internacionalización de la propuesta y del equipo.



- Presentación: buena redacción.

3. PRESENTACIÓN Y ESTRUCTURA DE ORIGINALES

Los trabajos se presentarán en tipo de letra Times New Roman 12, interlineado simple, con alineación a la izquierda y sin tabuladores ni retornos de carros entre párrafos. Solo se separan con un retorno los grandes bloques (autor, título, resúmenes, descriptores, créditos y epígrafes). Los trabajos se presentan en Word para PC. Las normas de citas y bibliografía se basan en APA 7ma edición.

A continuación, se detalla en profundidad como debe desarrollarse el texto académico:

- Nombre y apellidos completos de cada uno de los autores por orden de prelación, el número deberá estar justificado por el tema, su complejidad y su extensión, siendo 4 el máximo. Junto a los nombres ha de seguir la institución, correo electrónico de cada autor y código ORCID.
- Resumen en español con un máximo de 200 palabras, donde se describirá de forma concisa el motivo y el objetivo de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y principales conclusiones, con la siguiente estructura: justificación del tema, objetivos, metodología del estudio, resultados y conclusiones. Ha de estar escrito de manera impersonal en tercera persona: “El presente trabajo se analizó...”.
- Abstract en inglés con un máximo de 200 palabras. Para su elaboración, al igual que para el título y los keywords, no se admite el empleo de traductores automáticos. Los revisores analizan también este factor al valorar el trabajo
- De 4-6 palabras clave en español/ 4-6 keywords en inglés.
- Introducción: debe incluir los fundamentos y el propósito del estudio, utilizando citas bibliográficas, así como la revisión de la literatura más significativa proveniente de fuentes válidas y de calidad académica.
- Metodología: Será presentado con la precisión que sea conveniente para que el lector comprenda y confirme el desarrollo de la investigación. Se describirá el enfoque metodológico adoptado, la población y muestra, así como las técnicas seleccionadas.
- Resultados: se realizará una exposición de la información recabada durante el proceso de investigación. En caso de ser necesario los resultados se expondrán en figuras o/y tablas (**Ver plantilla de estilo**).
- Conclusiones: resumirá los hallazgos, relacionando las propias observaciones con otros estudios de interés, señalando aportaciones y limitaciones sin reiterar datos ya comentados en otros apartados.
- Referencias bibliográficas: Las citas bibliográficas deben reseñarse en forma de referencias al texto. No debe incluirse bibliografía no citada en el texto. El número de referencias bibliográficas deben ser como mínimo 12 y máximo 20, cantidad necesaria para contextualizar el marco teórico, la metodología usada y los resultados de investigación. Se

presentarán alfabéticamente por el apellido primero del autor (agregando el segundo solo en caso de que el primero sea de uso muy común, y unido con guion). Debe usarse la norma APA 7ma edición.

- Apoyo financiero (opcional): El Council Science Editors recomienda a los autor/es especificar la fuente de financiación de la investigación. Se considerarán prioritarios los trabajos con aval de proyectos competitivos nacionales e internacionales. En todo caso, para la valoración científica del manuscrito, este debe ir anonimizado con XXXX solo para su evaluación inicial, a fin de no identificar autores y equipos de investigación, que deben ser explicitados posteriormente en el manuscrito final.

4. DERECHOS DE AUTOR

Los autores que participen de los procesos de evaluación y publicación de sus ediciones conservan sus derechos de autor, cediendo a la revista el derecho a la primera publicación, tal como establecen las condiciones de reconocimiento en la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](#) (CC BY), donde los autores autorizan el libre acceso a sus obras, permitiendo que los lectores copien, distribuyan y transmitan por diversos medios, garantizando una amplia difusión del conocimiento científico publicado.

5. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA ENVÍOS

Los investigadores deberán llenar en el OJS la lista de comprobación para envíos. En caso de que no cumpla uno de los requisitos, el autor no podrá subir el archivo. Por ello es necesario que se revisen los siguientes parámetros antes de enviar el documento.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato Microsoft Word.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.
- El texto alineado a la izquierda con tiene interlineado sencillo; letra Times New Roman, 12 puntos de tamaño de fuente.
- El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices para autores](#).
- Si se envía a una sección evaluada por pares de la revista, deben seguirse las instrucciones en asegurar una evaluación anónima.

6. PRÁCTICAS DESHONESTAS: PLAGIO Y FRAUDE CIENTÍFICO

En el caso de que haya algún tipo de infracción contra los derechos de la propiedad intelectual, las acciones y procedimientos que se deriven de esa situación serán responsabilidad de los autores/as. En tal sentido, cabe mencionar las siguientes infracciones graves:



- **Plagio:** consiste en copiar ideas u obras de otros y presentarlas como propias, como por ejemplo el adoptar palabras o ideas de otros autores sin el debido reconocimiento, no emplear las comillas en una cita literal, dar información errónea sobre la verdadera fuente de la cita, el parafraseo de una fuente sin mencionarla, el parafraseo abusivo, incluso si se menciona la fuente.
- **Fraude científico:** consiste en la elaboración, falsificación u omisión de información, datos, así como la publicación duplicada de una misma obra y los conflictos de autoría. **CITACIÓN Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** el sistema de citación y referencias bibliográficas se ajustarán a las American Psychological Association (Normas APA, 7^a. edición).
- Se respetará de forma tácita el orden de los autores que figure en el documento original enviado.





UISRAEL - 2022

Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla
Teléfono: (593) 2 255-5741
rodigos@uisrael.edu.ec
Quito - Ecuador

