



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN
EN LA ADOPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS
DIGITALES DE DISEÑO 3D EN EMPRESAS
COLOMBIANAS**

Ana María Henao Ramírez

Esteban López Zapata

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Económicas

Medellín, Colombia

2020



Análisis de los factores que influyen en la adopción de las tecnologías digitales de diseño
3D en empresas colombianas

Ana María Henao Ramírez

Trabajo de grado, Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito
para optar al título de:

Magister en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación

Director

Esteban López Zapata, PhD

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Económicas
Medellín, Colombia

2020

Contenido

Introducción.....	5
Revisión de la literatura.....	7
Tecnologías digitales de diseño 3D	7
Teorías sobre adopción de tecnología.....	9
Desarrollo integrativo de los marcos TOE-TAM	10
Modelo conceptual e hipótesis	12
Factores tecnológicos.....	12
Factores organizacionales	13
Factores del entorno	15
Metodología.....	17
Recolección de datos y muestra.....	17
Escala de medida.....	19
Enfoque analítico	19
Análisis de datos y resultados.....	20
Análisis del modelo de medida.....	20
Modelo estructural y prueba de hipótesis	22
Discusión	27
Conclusión.....	32
Referencias	33
Apéndice A. Escalas de medida	39

Resumen

Este estudio analiza los factores que influyen en la intención de adopción de tecnologías digitales de diseño 3D (TD3D) por parte de empresas colombianas, para lo cual se desarrolla un modelo basado en los marcos teóricos TOE (Tecnología-Organización-Entorno) y TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica). A partir de una muestra de 138 empresas se analizó un modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (SEM-PLS), con el cual se identificó que la utilidad percibida en la dimensión de la tecnología; la competencia tecnológica y el apoyo de la alta dirección, en la dimensión organizacional; y las presiones competitivas en la dimensión entorno, son variables que afectan la intención de adopción de la TD3D. También se analizan los efectos de variables mediadoras frente a la intención de adopción como la utilidad percibida sobre el efecto de la facilidad de uso; el apoyo de la alta dirección sobre el efecto de la competencia tecnológica y la disponibilidad financiera; y las presiones competitivas sobre el efecto de la presión de los stakeholders. Los resultados pueden ser útiles para comprender un proceso de adopción tecnológica para la transformación digital en el contexto de una economía emergente como Colombia.

Palabras clave

Adopción tecnológica, Tecnologías digitales de diseño 3D (TD3D), Tecnología-Organización-Entorno (TOE), Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Introducción

Durante la última década, se puede evidenciar lo rápido que la tecnología digital ha transformado las industrias de las comunicaciones y entretenimiento, y en especial en cómo se está transformando el resto de las industrias (Westerman, G., Calmédjane, C., Bonnet, D., Ferraris, P. and McAfee, 2011). La investigación sobre transformación digital se ha centrado en describir la evolución de estas industrias específicas, cuyos productos se pueden digitalizar completamente, presentándose un vacío en el estudio de la transformación digital en algunas industrias con productos físicos (Hanelt, A., Piccinini, E., Gregory, R.W., Hildebrandt, B., & Kolbe, 2015). En el mundo de los negocios, diferentes áreas se están transformando digitalmente, como el desarrollo de producto, la relación con el cliente y la experiencia, los procesos operativos internos y el modelo de negocio o la propuesta de valor (Fitzgerald et al., 2013), lo cual se ve impulsado por la difusión de nuevas tecnologías que se han identificado como tecnologías centrales de la Industria 4.0 (Hermann et al., 2016) tales como: (1) Realidad Aumentada y Realidad Virtual (RA/RV) conocidas como un conjunto de tecnologías que combinan imágenes reales y virtuales donde se lleva al usuario fuera del mundo real tal cual lo conocemos, reemplazando éste por un mundo totalmente virtual. (2) La fabricación aditiva (3-D printing) que consiste en la fabricación de piezas a partir de un modelo 3D, sin necesidad de moldes de ningún tipo, mediante la deposición de capas de material y su posterior consolidación mediante diferentes técnicas. (3) La Computación en la nube (*Cloud computing*) es un modelo de acceso a los sistemas informáticos, en el que los datos y las aplicaciones están hospedados en Internet y en centros de cómputo remotos, de tal modo que pueden ser utilizados desde cualquier punto que tenga conexión a la red mundial. (4) Ciberseguridad (*blockchain*) es una tecnología que permite realizar transacciones de valor entre usuarios sin que intervengan intermediarios en el proceso, es decir, descentraliza la gestión de las transacciones y presenta a todos sus participantes una misma base de datos descentralizada. (5) El Internet de las cosas (IoT - *Internet of Things*) tiene como objetivo conectar los ítems que usamos diariamente a internet, con el objetivo de aproximar cada vez más el mundo físico al digital. (6) Sistemas de Integración horizontales y verticales hacen referencia a sistemas compuestos a partir de otros sistemas y que son capaces de aprender de las interacciones que tienen con el mundo físico, de forma que

convierten en entornos inteligentes (*Smart Environments*). (7) Sistemas de simulación que permiten crear fabricas laboratorio en entornos controlados y virtuales para realizar pruebas y configuraciones óptimas para la fabricación en planta antes de empezar siquiera a producir el producto. (8) Robótica industrial (robots autónomos y colaborativos) donde robots incorporan nuevas capacidades para trabajar sin un supervisor humano y son capaces de trabajar coordinándose para automatizar tareas y trabajar colaborativamente. (9) Analítica (*Big Data*) en la gestión de grandes volúmenes datos estructurados, semiestructurados y no estructurados que tienen el potencial de ser extraídos para obtener información.

Las tecnologías digitales de modelado 3D se refieren a aplicaciones de software de Diseño Asistido por Computador (CAD) que facilitan el proceso de diseño, modelado y/o prototipado de objetos o espacios tridimensionales para su uso en el desarrollo de productos. Las tecnologías digitales de diseño 3D (TD3D) como los softwares de diseño, se han utilizado en industrias como la aeroespacial y la automovilística desde hace mucho tiempo, comenzando su popularidad en los años 80 y 90 (Leng and Du, 2006). A partir del desarrollo tecnológico de este último decenio, estas tecnologías han evolucionado significativamente ofreciendo nuevas técnicas y capacidades, gracias a las cuales otras industrias han comenzado a mostrar interés en explorar su uso como estrategia para conducir un mejor desempeño operacional. Actualmente dentro de estas tecnologías se encuentran aplicaciones de software tales como Rhinoceros, Solidworks, SketchUp, Inventor, Revit, Autocad, Autodesk 3ds Max, Catia, NX, Ansys, entre otros similares. Cuando se trata del uso de estas tecnologías, las industrias más artesanales se encuentran en una fase exploratoria (Reilly, 2014), ya que evidentemente necesitan muchos avances tecnológicos en su línea de producción, y requieren generar los escenarios para que se logre una adopción general de tales tecnologías (Papahristou and Bilalis, 2016). Por lo tanto, es un área de investigación donde aún existen vacíos teóricos y empíricos (Ebert and Duarte, 2018; Vial, 2019).

En el presente estudio se utiliza el modelo teórico TOE (*Technology – Organisation – Environment*) y se complementa con la teoría TAM (*Technology Acceptance Model*) para el análisis del comportamiento de adopción de este tipo de tecnologías (Agbesi et al., 2018; Alsaad et al., 2017; Gangwar et al., 2015; Ghobakhloo et al., 2011; Lai et al., 2018; Martins

et al., 2019), pero de forma particular, se consideran algunos efectos mediadores entre los factores que constituyen estos modelos para el caso de adopción de tecnologías digitales de diseño 3D por parte de empresas colombianas. Específicamente, en el ámbito de la tecnología se analiza el efecto mediador de la utilidad percibida en la relación entre la facilidad de uso percibida y la intención de adopción. En el ámbito de la organización se analiza el efecto mediador del soporte de la alta dirección entre los factores de competencia tecnológica y disponibilidad financiera frente a la intención de adopción. Por último, en el ámbito del entorno, se aborda el efecto mediador de la presión competitiva en la relación entre la presión de los *stakeholders* y la intención de adopción tecnológica. Además del análisis de los efectos mediadores planteados, esta investigación desarrolla aportes originales con evidencia empírica sobre adopción tecnológica en el contexto de una economía emergente como Colombia, considerando de forma particular las tecnologías digitales de diseño 3D.

Revisión de la literatura

Tecnologías digitales de diseño 3D

El proceso tradicional de diseño y desarrollo de producto se fundamenta en un proceso iterativo en el cual se ejecutan varios ciclos reiterados de muestras, ajustes y transformaciones de diseño para lograr que las ideas conceptuales del diseñador se plasmen en un producto final físico. Es un proceso dispendioso y costoso, que depende directamente de los conocimientos y habilidades del diseñador y su equipo de desarrollo de producto, y que equivale a un 70% de un ciclo de desarrollo normal de producto (Papahristou and Bilalis, 2015). Además, los problemas de comunicación con los fabricantes durante este proceso iterativo en muchos casos conducen a interpretaciones inadecuadas (Papahristou and Bilalis, 2016).

El desarrollo de los modelos, simulaciones y prototipos constituyen una herramienta fundamental de diseño y lo han sido durante muchos siglos (Gibson et al., 2015). Los modelos se utilizan como un enlace entre las ideas y el mundo físico, y las ideas complejas a menudo se comunican con facilidad en estos modelos. Los modelos sirven para varios

propósitos, entre ellos, proporcionar una forma demostrativa del proyecto final y permitir analizarlos para su revisión y mejora dentro del proceso de diseño (Bae and Leem, 2014). La industria manufacturera comenzó a desarrollar la creación rápida de prototipos, la tecnología de impresión tridimensional y otras técnicas de fabricación aditiva (Salmi et al., 2012) que han facilitado a los diseñadores e ingenieros crear de forma diligente, fácil y exacta modelos físicos a partir de modelos informáticos tridimensionales, a menudo a un costo de producción significativamente menor que los modelos construidos a mano (Groenendyk, 2016).

De acuerdo a lo anterior se plantea que la adopción de tecnologías digitales 3D durante el diseño y desarrollo de producto puede ayudar a las empresas a reducir el tiempo de desarrollo y de entrega al cliente, así mismo, reducción en los errores de prototipado debido a malentendidos entre los actores involucrados en el proceso de desarrollo y finalmente, disminución en el número de muestras físicas requeridas del proyecto (Vanderploeg et al., 2017). Aparte de estos beneficios de reducción de costos operativos, el uso de prototipos virtuales en 3D también permite a los diseñadores ensayar anticipadamente de forma libre con diferentes ideas conceptuales y una gran variedad de materiales y patrones antes de que se produzca el producto físico, lo que en consecuencia favorece la creatividad de los diseñadores. Además la tecnología de diseño 3D tiene algunas otras ventajas interesantes respecto a la personalización del producto final, ya que permite que se produzcan fácilmente productos personalizados a costos relativamente bajos comparados con los métodos convencionales de diseño (Gibson et al., 2015).

Las capacidades de visualización a través de los Software de diseño 3D facilitan la preparación y optimización de diseños para la fabricación aditiva, así mismo, para la RA y RV (Arribas and Alfaro, 2018). Actualmente, existen una serie de programas de diseño en 3D que se pueden utilizar para crear modelos, luego se pueden exportar y dependiendo de sus necesidades incluso se puede renderizar e importar imágenes de 360 grados para llevarlas a su entorno de desarrollo como una textura por sí sola. Antes de la realidad virtual, los diseñadores y artistas tenían que acostumbrarse a crear activos 3D en el mundo 2D de una pantalla de computadora, pero con las nuevas tecnologías de la industria 4.0 como la RV y

RA, se tiene la capacidad de ver los activos plenamente realizados en un entorno 3D mientras se trabaja en ellos.

Teorías sobre adopción de tecnología

La adopción de una tecnología o innovación puede ser explicada a través de diferentes tipos de modelos que consideran las características demográficas y psicológicas de los grupos de adoptantes, ya sean individuos u organizaciones (Oorschot et al., 2018). Existe una creciente corriente de estudios académicos en torno al fenómeno de adopción, lo cual ha llevado al desarrollo de múltiples modelos conceptuales y marcos teóricos que ayudan a comprender la relación entre los factores que favorecen dicha adopción (Gangwar et al., 2014; Gounaris and Koritos, 2008). Se han utilizado varias teorías para comprender el proceso de adopción de tecnología, como la teoría de la innovación (Rosenberg, 1983), el modelo de aceptación de tecnología (TAM) (Davis, 1989; Davis et al., 1989), la teoría del comportamiento planificado (TPB) (Ajzen, 1991, 1985), la teoría de la difusión de la innovación (DOI) (Rogers, 1995), la teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003), entre otros. Las teorías TPB, TAM y UTAUT se utilizan con frecuencia, especialmente para explicar la adopción de una tecnología por parte de individuos, ya que centran su atención en aspectos de actitud y percepción de las personas como consumidores. Sin embargo, para analizar el proceso de adopción de tecnología por parte de las organizaciones, es más pertinente en la literatura el uso del marco teórico TOE, que considera factores relacionados con la tecnología, la organización y el entorno (Cao et al., 2018; Gutierrez et al., 2015; Hanafizadeh and Zare Ravasan, 2018; Li et al., 2015; Molinillo and Japutra, 2017).

El modelo TOE propuesto por Tornatzky et al., (1990) se ha utilizado y adaptado en numerosos estudios en torno a la adopción de tecnología porque ha mostrado ser un marco analítico útil para estudiar la asimilación de diferentes tipos de innovación a nivel organizacional (Oliveira and Martins, 2011) considerando factores tecnológicos, organizativos y ambientales (Sila, 2013). El contexto tecnológico, se ocupa de los atributos particulares intrínsecos de la tecnología sobre la cual se desea analizar su adopción, mientras que el contexto organizacional se relaciona con las características y recursos de la

organización, como la jerarquía, el tamaño, la estructura, el tipo de negocio, las capacidades, entre otros. El tercer componente, el contexto ambiental, representa los atributos externos del entorno, tales como las regulaciones gubernamentales, los consumidores, la competencia y otros grupos de interés (Awa et al., 2017, 2015). En general el marco TOE es una teoría apropiada para el análisis de la adopción de las tecnologías de la información y que puede utilizarse para estudiar la adopción de las tecnologías digitales por parte de diversos sectores productivos.

Por su parte, el modelo TAM también ha sido ampliamente utilizado para estudiar la adopción y uso de las tecnologías de la información. Este modelo explica gran parte de la variación en la intención de comportamiento de los usuarios relacionada con la adopción y el uso de las tecnologías de la información en una amplia variedad de contextos (Hong et al., 2006). TAM predice la aceptación del usuario de la tecnología, su uso en el trabajo y los determinantes de la aceptación del usuario de una amplia gama de tecnologías (Au et al., 2008). TAM busca explicar la relación entre la aceptación tecnológica, la adopción y, posteriormente, la intención conductual de usarla y considera la utilidad percibida (PU) y la facilidad de uso percibida (PEOU) como determinantes primarios del uso de la tecnología (Autry et al., 2010).

Desarrollo integrativo de los marcos TOE-TAM

En el presente estudio se consideran dos modelos de adopción de tecnología, el modelo TOE y el marco TAM, ambos ampliamente utilizados en el contexto organizacional (Awa et al., 2015; Jokonia, 2015; Pejić et al., 2016). Varios estudios de carácter empírico y conceptual han señalado el papel significativo y relevante del modelo TAM y el marco TOE para explicar la adopción de tecnología de forma independiente, no obstante, los modelos por sí solos tienen limitaciones. Los constructos de TAM, la utilidad percibida (PU) y la facilidad de uso (PEOU) explican aproximadamente el 40% del uso de la tecnología y otras variables en los modelos extendidos de TAM aún no están claramente definidos (Legris et al., 2003). Por otro lado, algunos autores consideran que el marco TOE tiene construcciones principales poco claras (Wang et al., 2010) y es demasiado genérico (Riyadh et al., 2009). En este

sentido, se propone aportar al fortalecimiento del marco TOE integrándolo con otros modelos para aumentar el poder predictivo y superar algunas de sus limitaciones individuales. Para desarrollar un modelo integrado mostrado en la Fig.1, este estudio sigue un enfoque que incluye variables de los modelos TOE y TAM identificadas a partir de varios estudios previos y se seleccionaron variables de acuerdo tanto con el criterio de los investigadores y el contexto, como la tecnología y el país de estudio (Agbesi et al., 2018; Alsaad et al., 2017; Chandra et al., 2018; Gangwar et al., 2015; Lai et al., 2018; Martins et al., 2019).



Fig. 1. Modelo integrado de los marcos TOE y TAM que explica la adopción de tecnologías digitales de diseño 3D (TD3D) por parte de las empresas (Agbesi et al., 2018; Alsaad et al., 2017; Chandra et al., 2018; Gangwar et al., 2015; Lai et al., 2018; Martins et al., 2019).

Para el estudio se plantea que las TD3D se enfrentan a una serie de desafíos que se pueden clasificar en tres partes. El primer desafío está relacionado con los aspectos tecnológicos donde se abordan factores de facilidad de uso y utilidad percibida, ambos constructos principales del modelo TAM. El segundo desafío está relacionado con los aspectos organizacionales de la adopción. En una organización la alta dirección debería hacer un esfuerzo para acceder y analizar posibles cambios en la estructura y cultura organizacional, en los procesos operativos y en las relaciones laborales en la adopción de una tecnología. En este sentido, recibir suficiente inversión financiera y preparar las competencias tecnológicas de la organización están relacionadas en gran medida con la disposición de la alta gerencia para comprender los beneficios relacionados con la TD3D e implementarla en la organización (Alshamaila and Papagiannidis, 2013; Wang et al., 2010). El tercer desafío está relacionado con las presiones competitivas y la presión de los Stakeholders. Hsu and Ray (2014) proponen que una empresa que enfrenta más presión externa como presión de socios

comerciales, presión competitiva y regulaciones y políticas gubernamentales, será más probable que adopte una nueva tecnología.

Modelo conceptual e hipótesis

Factores tecnológicos

El modelo TAM se deriva teóricamente de la teoría de la acción razonada (TRA) de Fishbein and Ajzen (1975), tratando de explicar los determinantes del uso de sistemas de información en una amplia gama de tecnologías. Según el modelo TAM, la aceptación por parte de un individuo de la tecnología está fundamentada en dos creencias específicas: la PU, es decir, el grado en que una persona piensa que usar un sistema mejora su rendimiento y la PEU, el grado en que una persona cree que el uso de la tecnología requiere poco esfuerzo.

Aunque Venkatesh et al., (2000) ampliaron significativamente el TAM, la literatura sobre la adopción de tecnologías digitales dentro de las organizaciones sigue siendo incompleta. Gangwar et al., (2015) asociaron los modelos TAM y TOE para estudiar el comportamiento de adopción de servicios de *Cloud computing* y encontraron que la PU como variable mediadora influye en la adopción. De acuerdo con lo anterior, en tanto se perciba más fácil el uso de una tecnología se tiene mayor probabilidad de adoptarla, así mismo, se plantea que la facilidad de uso puede afectar positivamente la percepción de los beneficios que trae la tecnología para la organización, es decir, su utilidad percibida. Asimismo, la utilidad percibida de la tecnología sería un claro factor predictor de su intención de adopción. Por lo tanto, se plantean las siguientes hipótesis:

H1: La facilidad de uso percibida de la TD3D tiene un impacto positivo en la intención de adopción de la TD3D por parte de las empresas

H2: La relación entre la facilidad de uso percibida de la tecnología y la intención de adoptar TD3D esta mediada positivamente con la utilidad percibida de la tecnología.

Factores organizacionales

El contexto organizacional se refiere a aspectos descriptivos sobre la organización, tales como su alcance, tamaño, estructura administrativa y recursos organizativos (Oliveira and Martins, 2011). Según Premkumar (2003), los factores en el contexto organizacional parecen ser el foco principal de muchos estudios en PYMES y algunos estudios refieren que el apoyo de la alta gerencia es fundamental para crear un clima propicio para adoptar nuevas tecnologías (Premkumar and Roberts, 1999). Así mismo el tamaño de la empresa, ya que las empresas más grandes tienen una mayor necesidad, recursos, habilidades, experiencia y la capacidad de sobrevivir a fallas que empresas más pequeñas (Levenburg et al., 2006).

Khong (2009) describió la competencia tecnológica como la percepción de los gerentes del grado en que su organización tiene la conciencia, los recursos, el compromiso y la gobernanza para adoptar una tecnología de la información. En términos generales, se ha descrito con dos dimensiones, es decir, la preparación financiera como los recursos para la implementación de la tecnología y los gastos continuos durante el uso, y la disponibilidad tecnológica como la infraestructura y recursos humanos para el uso y la administración de las tecnologías (Musawa and Wahab, 2012; Oliveira and Martins, 2011). Se plantea que las empresas que tienen una infraestructura efectiva, experiencia en sus empleados y apoyo financiero aumenta la intención de adopción y la utilidad de las tecnologías.

La disponibilidad financiera se refiere a los recursos económicos disponibles que están listos para pagar los costos del aprendizaje y la integración del nuevo sistema (Chwelos et al., 2001), y es uno de los principales determinantes de la aceptación de la innovación tecnológica en las organizaciones (To and Ngai, 2006). El hecho de que, sin recursos financieros adecuados, ni la infraestructura ni los empleados profesionales para el manejo de las tecnologías pueden hacer accesible la tecnología para la empresa (Maduku et al., 2016). Las empresas requieren un capital financiero significativo al inicio del proceso de adopción, que permita financiar los costos continuos y resistir mejor las interrupciones ocurridas a lo largo de implementación de una nueva tecnología (Sila, 2013). En este sentido se plantea que a una

mayor disposición de los recursos financieros en la organización para la tecnología se espera que haya una mayor probabilidad de adopción de esta.

Gagnon and Sicotte (2000) y Thong, (1999) encontraron que los gerentes de PYMES, que tienen una actitud positiva hacia las tecnologías de la información, podrían adoptar nuevas tecnologías más fácilmente en sus organizaciones. El apoyo de los gerentes se considera otro factor importante para la adopción exitosa (Cooper and Zmud, 1990) ya que se encuentra directamente relacionado con los objetivos estratégicos de la organización (Mellor et al., 2013). El apoyo de la alta gerencia se considera un factor crucial en este estudio y se plantea que la postura de los gerentes expresado en disposición, entusiasmo y motivación va a ser determinante en la adopción de nuevas tecnologías por parte de la organización. Se considera que tanto el apoyo de la alta dirección como la competencia tecnológica y la disponibilidad financiera son factores organizacionales que influyen en la intención de adopción de nuevas tecnologías, pero a su vez, estos factores están relacionados entre sí, ya que un alto nivel de competencia tecnológica de la organización puede facilitar la actitud favorable de los directivos hacia nuevas tecnologías y una alta disponibilidad financiera también puede disminuir las posibles resistencias de los gerentes hacia la adquisición de nuevas tecnologías. En este sentido se plantean las siguientes hipótesis:

H3: La competencia tecnológica de la organización tiene un efecto positivo sobre la intención de adopción de la TD3D en las empresas.

H4: La relación entre la competencia tecnológica de la organización y la intención de adoptar TD3D esta mediada positivamente por el apoyo de la alta dirección

H5: La disponibilidad financiera de la organización tiene un efecto positivo sobre la intención de adopción de la TD3D en las empresas.

H6: La relación entre la disponibilidad financiera de la organización y la intención de adoptar TD3D esta mediada positivamente por el apoyo de la alta dirección

Factores del entorno

De acuerdo con Raymond et al., (2001) existe una fuerte correlación entre la decisión de una empresa de usar la tecnología y factores tales como las influencias de los pares, la tasa de cambio técnico, la volatilidad del mercado y las influencias coercitivas de los clientes, entre otros. La propensión de la organización a innovar está determinada por las oportunidades y amenazas ambientales, y se ha argumentado que la industria en la que opera la empresa influye en la adopción de las tecnologías de la información (Levenburg et al., 2006; Raymond et al., 2001).

Henriques and Sadorsky (1999) identificaron cuatro categorías de *Stakeholders*: (1) reguladores, por ejemplo, el gobierno, (2) organizacionales como los clientes, (3) comunitarios como organizaciones no gubernamentales (ONG) y (4) los medios de comunicación. La gestión sistemática de la relación de las empresas con las partes interesadas puede beneficiar a las organizaciones para mejorar su desempeño (Guoyou et al., 2013). Como respuesta a las demandas de las partes interesadas, las estrategias de innovación tecnológica de las empresas son el resultado interactivo entre el poder de las partes interesadas y la percepción de los gerentes sobre las preferencias de estos (Agbesi et al., 2018).

Las presiones competitivas pueden constituir uno de los factores más importantes que influyen en la adopción y comúnmente es de carácter positivo (Jeyaraj et al., 2006). La estructura de la industria y el número de empresas que actualmente utilizan la tecnología permea en la decisión de adopción, ya que las empresas actuarán con rapidez para asegurarse de mantenerse a la vanguardia en el sector. Según Oh et al., (2009), la implementación exitosa de las innovaciones tecnológicas en una organización también depende de la relación mutua de las características innovadoras que prevalecen en la industria y las de los adoptantes. A partir de la presión competitiva en la industria, algunas empresas se ven obligadas a implementar tecnologías digitales para mejorar aspectos como el inventario, la visibilidad de la cadena de suministro, la recopilación de datos precisos y la eficiencia operativa (Conner et al., 2015; Wang et al., 2010). Por lo tanto, la competencia

incrementa la necesidad y la oportunidad de adoptar tecnologías innovadoras en las empresas y, por lo tanto, la presión de los *stakeholders* y la presión de los competidores influyen sobre la intención de adopción tecnológica. Adicionalmente, ambos factores se relacionan entre sí, ya que las mismas presiones de los *stakeholders* pueden afectar el comportamiento de todo el conjunto de competidores, aumentando así la presión competitiva. En este sentido se proponen las siguientes hipótesis:

H7: La presión de los Stakeholders está positivamente relacionada con la intención de adopción de la TD3D por parte de las empresas

H8: La relación entre la presión de los Stakeholders y la intención de adoptar TD3D esta mediada positivamente por las presiones competitivas

La Fig. 2 presenta el modelo teórico de esta investigación con las relaciones propuestas en las hipótesis.

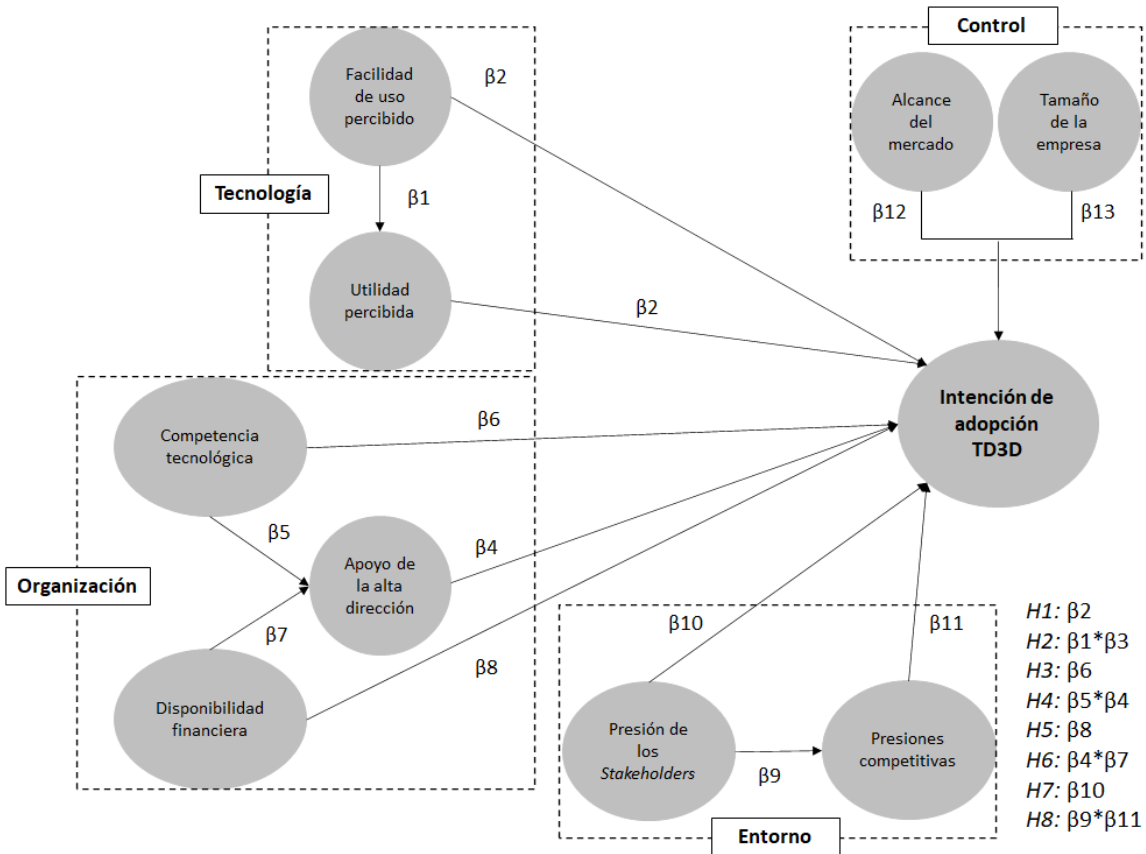


Fig. 2. Modelo teórico de la investigación sobre la intención de adopción de TD3D.

Metodología

Recolección de datos y muestra

Se realizó un estudio de naturaleza cuantitativa para llevar a cabo la comprobación de las hipótesis planteadas. Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario que se validó mediante una prueba piloto con directores de desarrollo de producto de 5 empresas, para verificar la comprensión de las escalas. El cuestionario se administró mediante una encuesta virtual a 227 empresas. Los encuestados elegibles debían tener una permanencia en la empresa superior a un año y estar involucrados en los procesos de diseño, modelado, prototipado, desarrollo de producto, entre otros y en general los encuestados estuvieron representados por directivos, ejecutivos, profesionales y técnicos. Luego de filtrar las encuestas con datos incompletos o respondidas por personas que no cumplieran con el perfil requerido, se mantuvieron en la muestra 138 encuestas utilizables. Las empresas encuestadas

fueron tratadas de acuerdo con los criterios de clasificación sectorial de intensidad tecnológica de la OCDE (Hatzichronoglou, 1997) que pretende captar la diferenciación tecnológica de las diversas ramas industriales e identifica cuatro tipos de sectores: de alta, media–alta, media–baja y de baja tecnología. Esta clasificación se basa en las intensidades directas de I+D calculadas a partir de dos medidas de la producción (valor agregado y valor de la producción). El 67.1% de la muestra corresponden a empresas manufactureras seguido de un 27.5% de empresas relacionadas con la construcción. Dentro de estas se logró identificar que más de la mitad de las empresas 59.2% se ubican en una intensidad tecnológica media baja, seguido de un 21.6% de baja tecnología. Así mismo, en cuanto al tamaño de la empresa estuvieron mejor representadas las medianas (39.9%) y pequeñas (27.5), seguido de las grandes (22.5%) y microempresas (10.1%) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la muestra

Clasificación	Porcentaje
Intensidad tecnológica	
Alta tecnología	5,8
Media alta tecnología	13,1
Media baja tecnología	59,2
Baja tecnología	21,6
Industria	
Manufactura	67,1
Construcción	27,5
Servicios	5,1
Tamaño de la empresa	
Microempresa (1 a 10 empleados)	10,1
Pequeña (11 a 50 empleados)	27,5
Mediana (51 a 200 empleados)	39,9
Grande (Más de 200 empleados)	22,5
Alcance geográfico de la empresa	
Local	15,9
Nacional	42,0
Internacional	42,0
Edad de la empresa (años de constitución)	
Media	32,24
Desviación estándar	17,98
Nivel del cargo	
Directivo - Alta gerencia	31,2
Ejecutivo - Gerencia media	29,7
Profesional - Analista	31,2
Técnico operativo	8,0
Permanencia en la empresa	
Entre 1 y 5 años	41,3
Más de 5 años	58,7

Escalas de medida

La intención de adopción de TD3D corresponde a la variable dependiente de la investigación. Todos los ítems de medición de las variables que están detallados en el Apéndice A se derivaron de estudios previos. Para la Intención de adopción de TD3D (INT) se adaptó la escala de tres ítems de Chandra et al., (2018); para medir la Facilidad de uso percibida (PEU) y la Utilidad percibida (PU) se adaptaron las escalas de Gangwar et al., (2015). Para medir el apoyo de la alta dirección (TMS) y la disponibilidad financiera (FR) se adaptaron las escalas de Lai et al., (2018). Para medir la competencia tecnológica (TC) se adaptó la escala de Martins et al., (2019). La Presión competitiva (CP) se midió con la escala adaptada de Alsaad et al., (2017). Por último, la Presión de los Stakeholders (STP) se midió con la escala adaptada de Agbesi et al., (2018). Todas las variables se midieron con escalas de Likert de siete puntos, con opciones de respuesta en un rango de 1 a 7 (1 = Totalmente en desacuerdo, 7 = Totalmente de acuerdo).

Se utilizaron dos variables control, el alcance del mercado (SF) y el tamaño de la empresa (SM). El alcance del mercado hace referencia al área de mercado en la que la empresa opera y se midió como una variable ordinal con tres categorías: mercado local, nacional o internacional. Las empresas tienden a expandir su infraestructura de tecnologías digitales más allá de sus límites organizativos a través del desarrollo de sistemas empresariales interorganizativos (Ramdani, 2013). Por otro lado, un elemento clave es el tamaño de la empresa ya que las empresas más grandes tienen una mayor necesidad, recursos, habilidades, experiencia y la capacidad de sobrevivir a fallas que empresas más pequeñas (Levenburg et al., 2006). Wang et al., (2010) afirman que las empresas de todos los tamaños desean utilizar agresivamente las nuevas tecnologías para mejorar sus posiciones estratégicas y/o ventajas competitivas. Para este estudio el tamaño de la empresa se midió como una variable ordinal con cuatro categorías: microempresa, pequeña, mediana o grande.

Enfoque analítico

Para la prueba de las hipótesis se desarrolló un modelo de ecuaciones estructurales (*Structural Equation Modeling – SEM*), utilizando regresiones de Mínimos Cuadrados Parciales (*Partial Least Squares - PLS*) a través del software SmartPLS 3.0 (Ringle et al., 2015). El modelo de medición estima las asociaciones entre un constructo y sus ítems observados, mientras que el modelo estructural identifica las relaciones entre los constructos (Sarstedt et al., 2014). La metodología de ecuaciones estructurales se considera apropiada para este estudio dado que este método permite la estimación simultánea de múltiples relaciones causales entre una o varias variables independientes y una o varias variables dependientes, así como posibles efectos indirectos (Hair et al., 2011). De manera particular, la metodología PLS-SEM se considera más adecuada que otras metodologías basadas en la covarianza (CB-SEM) cuando la investigación incluye modelos complejos, cuando los datos de entrada no presentan una distribución normal y cuando el tamaño de la muestra es relativamente pequeño (Hair et al., 2017), algunas de estas condiciones que se cumplen en el caso de esta investigación. Para derivar los coeficientes de ruta (*path coefficients*), se aplicó el algoritmo de esquema de ponderación de factores. La significación estadística de las rutas estructurales y demás parámetros se evaluó a través del procedimiento de *bootstrapping*, usando 5.000 remuestreos para evaluar el modelo de medida y probar las hipótesis del modelo estructural.

Análisis de datos y resultados

Análisis del modelo de medida

Se evaluó la fiabilidad individual del ítem, el resultado mostró que todos los ítems de los constructos presentaron cargas factoriales por encima del umbral de 0,7 (Sarstedt et al., 2014). Además, se sometieron a pruebas de fiabilidad, validez convergente y validez discriminante todos los constructos. Los valores encontrados para el *Alpha de Cronbach* (CA) y la fiabilidad compuesta (CR) estuvieron por encima del valor recomendado de 0,7 para todos los constructos, indicando una fiabilidad adecuada (Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., and Gudergan, 2018). Por su parte, la varianza extraída media (AVE) estuvo por encima de 0,5 para los ocho constructos. De esta manera se asegura una adecuada validez

convergente ya que cada constructo explica en promedio más de la mitad de la varianza de los ítems que conforman su escala respectiva (Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., and Gudergan, 2018) (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Evaluación del modelo de medida. Fiabilidad y validez convergente

Constructo	Código ítem	Carga factorial	CA	CR	AVE
Facilidad de uso percibida	PEU1	0,896	0,923	0,951	0,866
	PEU2	0,942			
	PEU3	0,954			
Utilidad percibida	PU1	0,873	0,934	0,950	0,790
	PU2	0,922			
	PU3	0,881			
	PU4	0,910			
	PU5	0,858			
Disponibilidad financiera	FR1	0,944	0,908	0,943	0,846
	FR2	0,959			
	FR3	0,852			
Competencia tecnológica	TC1	0,855	0,880	0,926	0,808
	TC2	0,927			
	TC3	0,913			
Apoyo de la alta dirección	TMS1	0,948	0,956	0,968	0,884
	TMS2	0,958			
	TMS3	0,957			
	TMS4	0,895			
Presión competitiva	CP1	0,853	0,846	0,907	0,765
	CP2	0,912			
	CP3	0,858			
Presión de los Stakeholders	STP1	0,908	0,887	0,929	0,814
	STP2	0,884			
	STP3	0,914			
Intención de adopción	INT1	0,878	0,891	0,932	0,821
	INT2	0,929			
	INT3	0,911			

CA: Alpha de Cronbach. CR: Fiabilidad compuesta. AVE: Varianza extraída media.

La validez discriminante define el grado en que un constructo se separa empíricamente de otros constructos en el modelo, tanto en términos de cuánto se correlaciona con otros constructos como en términos de qué tan claramente los indicadores representan solo esta construcción única (Sarstedt et al., 2014). Tal como se observa en la Tabla 3, las raíces cuadradas de AVE para cada constructo (diagonal de la matriz) fueron mayores que sus correlaciones con cualquier otro constructo (bajo la diagonal) (Fornell and Larcker, 1981). Además, se calculó el indicador HTMT (*Heterotrait-Monotrait Ratio*) en el cual se acepta que hay validez discriminante cuando dicho indicador es inferior a 0,9 entre cada pareja de

constructos (Hair et al., 2017; Henseler et al., 2015). Todos los valores de HTMT fueron inferiores al valor de 0,9, lo que da cuenta de que los ítems de un constructo en particular tienen mayores correlaciones entre sí que con ítems que pertenecen a otros constructos. Obtenidos los valores mencionados para los criterios Fornell – Larcker y HTMT, se confirma la existencia de validez discriminante de todas las escalas.

Tabla 3. Validez discriminante (Fornell – Larcker y Heterotrait-Monotrait Ratio)

	PEU	PU	TMS	CP	FR	STP	CP	INT
PEU	0,931	0,694	0,583	0,687	0,471	0,466	0,546	0,629
PU	0,649	0,889	0,616	0,595	0,502	0,521	0,690	0,712
TMS	0,550	0,583	0,940	0,741	0,852	0,545	0,709	0,820
CP	0,620	0,541	0,679	0,899	0,733	0,660	0,837	0,783
FR	0,435	0,464	0,795	0,660	0,920	0,549	0,677	0,666
STP	0,425	0,477	0,506	0,587	0,496	0,902	0,877	0,606
CP	0,485	0,616	0,635	0,722	0,597	0,768	0,875	0,819
INT	0,572	0,652	0,759	0,696	0,606	0,547	0,713	0,906

Nota: Elementos en la diagonal (en negrita) corresponden a la raíz cuadrada del AVE. Elementos bajo la diagonal corresponden a las correlaciones entre los constructos. Elementos sobre la diagonal corresponden a los valores de HTMT entre constructos.

Modelo estructural y prueba de hipótesis

En el modelo se muestran los efectos directos e indirectos que tienen los constructos tecnológicos, organizacionales y del entorno sobre la intención de adoptar las TD3D en empresas colombianas. Para probar las hipótesis propuestas se analizó el modelo estructural que se presenta en la Fig. 3 y cuyos resultados se resumen en la Tabla 4, examinando el nivel de significación de los coeficientes de trayectoria, los valores del coeficiente de determinación (R^2) de cada variable endógena, el tamaño de los efectos (f^2) y la relevancia predictiva (Q^2). Los niveles de significación de las estimaciones se obtuvieron a través del método de *bootstrapping* con 5.000 remuestreos.

En el modelo estructural en la dimensión tecnológica se encontró que el efecto directo de la facilidad de uso percibida sobre la intención de adopción de las TD3D no fue significativo ($\beta_2=0,030$; $t=0,357$; $p>0,10$) con lo que se rechaza la *H1*. Sin embargo, en el análisis de la mediación se encontró que el efecto indirecto de la facilidad de uso sobre la intención de adopción a través de la utilidad percibida tiene un efecto positivo y significativo con una

confiabilidad del 90% ($\beta_1 * \beta_3 = 0,121$; $t = 1,811$; $p < 0,10$), de tal manera que se encuentra una mediación total, con lo que se respalda la hipótesis *H2*. En la dimensión organizacional se encontró que la relación de la competencia tecnológica con la intención de adopción ($\beta_6 = 0,172$; $t = 1,715$; $p < 0,10$) tiene un efecto positivo y significativo con una confiabilidad del 90% lo que permite aceptar la *H3*, y al analizar la mediación se encontró que el efecto indirecto de la competencia tecnológica sobre la intención de adopción a través del apoyo de la alta dirección ($\beta_5 * \beta_4 = 0,126$; $t = 3,095$; $p < 0,01$) es positiva y significativa con una confianza superior al 99%, lo cual implica una mediación parcial y corrobora la hipótesis *H4*. Respecto al efecto directo de la disponibilidad financiera ($\beta_8 = -0,144$; $t = 1,581$; $p > 0,10$) se encontró que no tiene una relación significativa con la intención de adopción, sin embargo, cuando se analiza la mediación se observa que la influencia de la disponibilidad financiera sobre la intención de adopción a través del apoyo de la alta dirección ($\beta_8 * \beta_4 = 0,282$; $t = 3,762$; $p < 0,01$) es positiva y significativa a un 99%, lo que lleva a identificar una mediación total y respaldar la hipótesis *H6*. Por otro lado, en la dimensión del entorno se obtuvo que el efecto directo de la presión de los *stakeholders* sobre la intención de adopción no fue significativo rechazando la *H7* ($\beta_{10} = -0,032$; $t = 0,536$; $p > 0,10$). De forma similar a algunas relaciones anteriores el efecto directo no fue significativo, pero al analizar la mediación se encontró que la presión de los *stakeholders* a través de las presiones competitivas ($\beta_9 * \beta_{11} = 0,205$; $t = 2,558$; $p < 0,05$) tienen un efecto positivo y significativo al 95% sobre la intención de adopción TD3D, resultado que corrobora una mediación total y respalda la hipótesis *H8*.

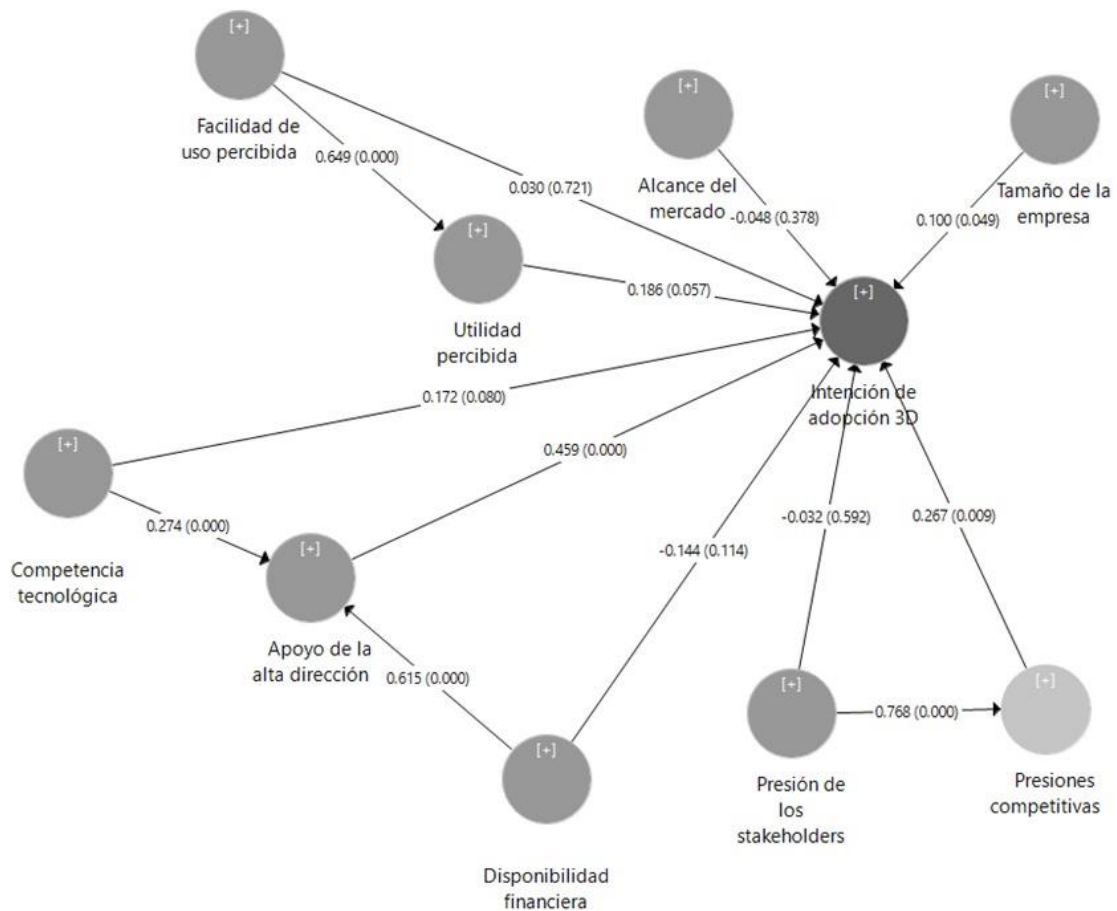


Fig. 3. Modelo estructural con variables mediadoras en la intención de adopción de TD3D.

Nota: El primer número corresponde al β y entre paréntesis el valor p .

Adicionalmente analizando los otros efectos directos se encuentra que el apoyo de la alta dirección ($\beta_4=0,459$; $t=4,571$; $p<0,01$) y las presiones competitivas ($\beta_{11}=0,267$; $t=2,652$; $p<0,01$) tienen ambos un efecto directo, positivo y significativo con una confiabilidad del 99% sobre la intención de adopción de TD3D. Igualmente, el tamaño de la empresa ($\beta_{13}=0,100$; $t=1,973$; $p<0,05$) tiene un efecto positivo y significativo con una confiabilidad del 95%, y la utilidad percibida ($\beta_3=0,186$; $t=1,904$; $p<0,10$) también tiene un efecto positivo con una confiabilidad del 90%. Finalmente, el efecto directo del alcance del mercado ($\beta_{11}=-0,048$; $t=0,881$; $p>0,10$) no fue significativo.

Otros efectos directos que se identifican en el modelo y que son significativos con una confianza superior al 99% son la relación entre la facilidad de uso percibida y la utilidad percibida ($\beta_1=0,649$; $t=9,898$; $p<0,01$), la relación entre la competencia tecnológica y el

apoyo de la alta dirección ($\beta_5=0,274$; $t=3,853$; $p<0,01$), la relación entre la disponibilidad financiera y el apoyo de la alta dirección ($\beta_7=0,615$; $t=8,134$; $p<0,01$) y la relación entre la presión de los *stakeholders* y las presiones competitivas ($\beta_9=0,768$; $t=19,117$; $p<0,01$).

En cuanto al tamaño de los efectos (*Effect Size* - f^2), este se interpreta como una calibración para determinar la contribución de una variable exógena en el modelo estructural al valor de R^2 de una variable endógena, el cual puede ser: débil (0,02), medio (0,15) o alto (0,35) (Hair et al., 2017). Tras evaluar el tamaño de los efectos (f^2) para las relaciones directas se encontró que el tamaño del efecto es alto para el impacto de la facilidad de uso sobre la utilidad percibida (0,730), así mismo para la disponibilidad financiera sobre el apoyo de la alta dirección (0,654) y de la presión de los stakeholders sobre las presiones competitivas (1,435). Por su parte, el tamaño del efecto es de un nivel medio para la relación entre el apoyo de la alta dirección sobre la intención de adopción (0,208). En los demás casos se puede decir que el tamaño del efecto es débil. Con este criterio se puede evaluar la contribución de un constructo exógeno a los valores R^2 de cada variable latente endógena (Hair et al., 2017).

Tabla 4. Evaluación del modelo estructural en la comprobación de las hipótesis

	Relación	β Path Coefficients	t- statistics	p-values		f^2
Efectos directos						
β_1	Facilidad de uso percibida \rightarrow Utilidad percibida	0,649	9,898	0,000	***	0,730
β_2	Facilidad de uso percibida \rightarrow Intención de adopción TD3D (H1)	0,030	0,357	0,721	N.S	0,001
β_3	Utilidad percibida \rightarrow Intención de adopción TD3D	0,186	1,904	0,057	*	0,051
β_4	Apoyo de la alta dirección \rightarrow Intención de adopción TD3D	0,459	4,571	0,000	***	0,208
β_5	Competencia tecnológica \rightarrow Apoyo de la alta dirección	0,274	3,853	0,000	***	0,130
β_6	Competencia tecnológica \rightarrow Intención de adopción TD3D (H3)	0,172	1,715	0,086	*	0,032
β_7	Disponibilidad financiera \rightarrow Apoyo de la alta dirección	0,615	8,134	0,000	***	0,654
β_8	Disponibilidad financiera \rightarrow Intención de adopción TD3D (H5)	-0,144	1,581	0,114	N.S	0,022
β_9	Presión de los stakeholders \rightarrow Presiones competitivas	0,768	19,117	0,000	***	1,435

β_{10}	Presión de los stakeholders → Intención de adopción TD3D (H7)	-0,032	0,536	0,592	N.S	0,001
β_{11}	Presiones competitivas → Intención de adopción TD3D	0,267	2,652	0,009	***	0,062
β_{12}	Alcance del mercado → Intención de adopción TD3D	-0,048	0,881	0,378	N.S	0,006
β_{13}	Tamaño de la empresa → Intención de adopción TD3D	0,100	1,973	0,049	**	0,025
Efectos indirectos						
$\beta_{1*}\beta_3$	Facilidad de uso percibida → Utilidad percibida → Intención de adopción TD3D (H2)	0,121	1,811	0,070	*	
$\beta_{5*}\beta_4$	Competencia tecnológica → Apoyo de la alta dirección → Intención de adopción TD3D (H4)	0,126	3,095	0,002	***	
$\beta_{7*}\beta_4$	Disponibilidad financiera → Apoyo de la alta dirección → Intención de adopción TD3D (H6)	0,282	3,748	0,000	***	
$\beta_{9*}\beta_{11}$	Presión de los stakeholders → Presiones competitivas → Intención de adopción TD3D (H8)	0,205	2,558	0,011	**	

Notas: N.S. No significativo; * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Los coeficientes de determinación (R^2) indican la cantidad de varianza de los constructos endógenos que es explicada por los constructos exógenos que llegan a estos (Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., and Gudergan, 2018). En este caso se encuentra que la varianza explicada es del 68% para el apoyo de la alta dirección ($R^2=0,675$), 59% para las presiones competitivas ($R^2 = 0,589$) y 42% para la utilidad percibida ($R^2=0,422$). Estos últimos valores de R^2 superior a 0,5 evidencia un poder explicativo moderado de la variable dependiente (Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., and Gudergan, 2018). Adicionalmente, se destaca que la intención de adopción de las TD3D del modelo completo es del 71% ($R^2=0,711$), la cual es la principal variable dependiente que busca predecir esta investigación.

En el análisis de resultados también se evaluó la relevancia predictiva (Stone-Geisser Q^2) de los constructos exógenos. Esta prueba es una medida de que tan bien se reproducen los valores observados por el modelo y sus estimaciones de parámetros, evaluando como tal la validez predictiva del modelo a través de la reutilización de la muestra. Para realizar este diagnóstico se utilizó el algoritmo *blindfolding* de SmartPLS 3.0 (Hair, et al., 2018) para obtener la redundancia válida y cruzada (*Cross Validated Redundancy*). Para este caso, todas las variables exógenas presentan valores Q^2 por encima de 0,00. Los resultados del algoritmo

blindfolding demuestran que la utilidad percibida ($Q^2= 0,305$), el apoyo de la alta dirección ($Q^2= 0,559$), las presiones competitivas ($Q^2= 0,427$) y la intención de adopción de las TD3D ($Q^2= 0,534$), tienen una relevancia predictiva satisfactoria de los constructos latentes exógenos sobre dichos constructos endógenos (Hair et al., 2017; Henseler et al., 2015).

Discusión

El presente estudio representó un esfuerzo empírico y una aproximación teórica que permite una mayor comprensión de los factores que llevan a la adopción de una tecnología digital a nivel organizacional, específicamente en las relaciones subyacentes en los procesos de adopción de las TD3D. Además, es un análisis que proporciona elementos para la toma de decisiones en la adopción efectiva de TD3D en las organizaciones e intenta desarrollar y probar una integración de modelos teóricos para el caso específico de las tecnologías digitales. En este sentido, la contribución principal del estudio es que ofrece la oportunidad de generar literatura académica en el campo de las tecnologías digitales en Colombia, de manera que puedan integrarse los aportes de la producción académica global a las condiciones del contexto local y con ello contribuir a diseñar modelos tácticos y estratégicos de posible aplicación en las organizaciones, buscando la consolidación en términos de competitividad y sostenibilidad en la organización, que posibiliten el aprovechamiento de los recursos provistos por la evidencia científica, lo que representa una apuesta a la integración en el eje universidad – empresa (Este and Patel, 2007).

Las hipótesis se evaluaron a través de modelos de ecuaciones estructurales con el método de mínimos cuadrados parciales (SEM-PLS), los resultados presentaron evidencias empíricas que permiten ampliar la comprensión de los procesos de adopción de tecnologías digitales como las TD3D en el contexto de una economía emergente como Colombia. El estudio identificó que la utilidad percibida en la dimensión de la tecnología; la competencia tecnológica y el apoyo de la alta dirección, en la dimensión organizacional; y las presiones competitivas en la dimensión entorno, son variables importantes que ayudan a predecir la intención de adopción de la TD3D. Del mismo modo, se identificaron algunas relaciones mediadoras significativas: En primer lugar, se encontró que la utilidad percibida presenta una

mediación total en la relación entre la facilidad de uso percibida y la intención de adopción de TD3D (*H2*). Adicionalmente, se encontró que el apoyo de la alta dirección presenta una mediación parcial en la relación entre la competencia tecnológica y la intención de adopción de TD3D (*H4*) y una mediación total en la relación entre la disponibilidad financiera y la intención de adopción de TD3D (*H6*). Por último, se encontró que las presiones competitivas presentan una mediación total en la relación entre la presión de los stakeholders y la intención de adopción de TD3D (*H8*).

En primera instancia, en la dimensión tecnológica, los resultados del estudio muestran que la facilidad de uso percibida tiene un impacto sobre la intención de adopción TD3D a través de la mediación de la utilidad percibida, tal como lo propone la hipótesis 2 (*H2*). Aunque el efecto directo de la facilidad de uso de la tecnología sobre la intención de adopción no fue significativo, tal como lo proponía la primera hipótesis (*H1*). Esta relación de mediación total también fue obtenida por Yi et al., (2006), lo que sugiere que una reducción en el esfuerzo es un componente significativo de la utilidad que un profesional individual deriva del uso de una innovación (Boateng et al., 2016; Cho et al., 2007; Hernández et al., 2008; Venkatesh and Davis, 2000). Se observa que la adopción de la TD3D por parte de las empresas está influenciada por la percepción en la utilidad de la tecnología en términos de la administración de las operaciones de negocio, productividad empresarial, organización de las tareas, calidad de las operaciones, la competitividad y en la facilidad de uso para las actividades de rutina (Oh et al., 2009; Yi et al., 2006). En este contexto, la utilidad de la tecnología es percibida por los usuarios cuando dicha tecnología conduce a mejores resultados, mayor eficiencia de los procesos internos, una mayor productividad de los empleados, mejor servicio al cliente, menores costos de inventario y una mejor coordinación con los socios comerciales (Gangwar et al., 2015). Yi et al., (2006) también encontraron que la facilidad de uso percibida no tuvo un efecto significativo en la aceptación de tecnologías de la información como los asistentes personales digitales (PDA), aunque sí se presentaba un efecto indirecto a través de la utilidad percibida.

Enfrentando una competencia cada vez más feroz entre numerosas organizaciones, las empresas deben considerar los beneficios prácticos o la utilidad que una nueva tecnología

puede brindarles, antes de adoptarla o usarla masivamente (Gangwar et al., 2014). La fuerte relación que se encontró entre la utilidad percibida y la intención de adoptar las TD3D es coherente con la literatura previa sobre adopción de nuevas innovaciones tecnológicas en las empresas, tales como los trabajos de Maduku et al., (2016); Sharma et al., (2008) y Tsai et al., (2010).

En la dimensión organizacional, el modelo estructural reveló que el apoyo de la alta dirección es el factor más influyente para que las empresas adopten TD3D en tanto hay un efecto positivo y significativo del apoyo de la alta gerencia sobre la intención de adopción. En la medida en que la nueva tecnología puede ahorrar costos operativos para las organizaciones, ayudar a minimizar y controlar los riesgos, así como mejorar y mantener una asociación sostenible tendrá un impacto en la toma de decisiones de las organizaciones (Gunasekaran et al., 2017; Rai et al., 2006; Whitten et al., 2012). De acuerdo con Lai et al., (2018), no es sorprendente que el apoyo de la alta dirección sea consistente y haya tenido un efecto directo positivo sobre la probabilidad de adopción de TD3D. Si los altos directivos de la empresa comprenden las ventajas y la utilidad que las tecnologías pueden aportar, estarán dispuestos a ayudar a desarrollar la capacidad para las TD3D: infraestructura, capacidades de gestión y la capacidad de los empleados (Fosso Wamba et al., 2018; Martins et al., 2019). En diversos trabajos se ha demostrado que el apoyo de la alta gerencia tiene un impacto muy importante en la adopción de tecnologías de la información por parte de las empresas (Duan et al., 2012; Hsu and Ray, 2014; Maduku et al., 2016; Ramanathan and Krishnan, 2015).

En esta dimensión organizacional también se encontró que la competencia tecnológica tiene un fuerte impacto sobre la intención de adopción, ya que, en tanto las TD3D sean consistentes con la arquitectura tecnológica existente, mayor es la probabilidad de adopción (*H3*). Los resultados indican que la adopción de TD3D depende de la competencia tecnológica en términos de infraestructura organizativa, preparación de los empleados en la tecnología y la experiencia relacionada con la misma (Alsaad et al., 2017; Chana and Chong, 2013). Las organizaciones con mayores niveles de competencia tecnológica tienen más probabilidades de utilizar las TD3D y, por lo tanto, los gerentes y los encargados de las decisiones estratégicas deben centrarse y apoyarse en los recursos financieros y tecnológicos (Chandra

et al., 2018).

De acuerdo con lo anterior y a los resultados obtenidos se sustenta la hipótesis *H4* donde se comprueba que la competencia tecnológica tiene un efecto sobre la intención de adopción a través del apoyo a la alta gerencia. En la medida que las empresas cuentan con mejores competencias tecnológicas, es más probable que los gerentes reconozcan los beneficios de la tecnología y se sientan motivados a promover el desarrollo de nuevas competencias que les permita fortalecer su ventaja competitiva. Desde la gerencia se deben tomar las iniciativas para cambiar los procesos y la infraestructura existente, además, las decisiones estratégicas se apoyan en tanto la tecnología sea compatible con las políticas de la empresa, con las tecnologías existentes y de respuesta a las necesidades comerciales (Agbesi et al., 2018). Las competencias tecnológicas como el conocimiento de las tecnologías, la estructura y la integración de los procesos, el flujo de información transparente y la innovación deben ser accedidas por cada organización y, en consecuencia, se deben desarrollar estrategias para abordar esos problemas de manera efectiva (Kim et al., 2017). En consecuencia, las empresas con mayores competencias tecnológicas generan un contexto que favorece el compromiso de la alta gerencia hacia la adopción de nuevas tecnologías como las TD3D.

Al igual que los estudios realizados por Maduku et al., (2016) y Lai et al., (2018) donde se encontró que el recurso financiero no tenía un efecto significativo en la adopción del marketing móvil y de la *Big Data* por parte de las empresas, en esta investigación no se obtuvo una relación significativa entre la disponibilidad financiera y la intención de adopción TD3D en las empresas (*H5*). Sin embargo, este resultado puede explicarse por el efecto mediador del apoyo de la alta dirección en dicha relación (*H6*). Aunque el efecto directo no es significativo, el efecto indirecto de la disponibilidad financiera sobre la intención de adopción de TD3D a través del apoyo de la alta dirección sí presentó un valor positivo significativo. Es decir, se encontró una mediación total en esta relación. Es razonable que cuanto más disponibilidad financiera tenga una empresa, mayor será la posibilidad de que los altos directivos puedan ser optimistas para usar nuevas tecnologías (Alsaad et al., 2017). En este sentido, a parte del papel efectivo de la alta gerencia en convencer a sus empleados y motivar su comportamiento laboral, es esencial demostrar el compromiso y apoyo continuo

para desarrollar un entorno de implementación, por ejemplo, al proporcionar los recursos necesarios, como el tiempo, el espacio, el equipo y las personas, para la adopción de las TD3D (Lai et al., 2018). Por lo tanto, la adopción tecnológica generalmente se lleva a cabo utilizando un enfoque de arriba hacia abajo, especialmente porque es necesario que la alta gerencia se dé cuenta del papel de una tecnología en mejorar el rendimiento de la organización, superando la brecha de rendimiento percibida y explotando una oportunidad de negocio (Chana and Chong, 2013), y esta situación es más probable cuando la empresa cuenta con suficiente holgura financiera que disminuya las posibles resistencias que podría tener la alta dirección hacia las nuevas inversiones.

En la dimensión del entorno se encontró una relación positiva significativa entre la presión competitiva y la adopción de TD3D. Este resultado implica que cuando los competidores implementan la TD3D como un instrumento competitivo, otras organizaciones enfrentan una fuerte competencia y, por lo tanto, sienten la presión de adoptar la tecnología para mantener su posición competitiva (Hossain et al., 2017; Martín et al., 2012). A pesar de que la presión de los stakeholders no tuvo un efecto directo significativo sobre la adopción (*H7*), la relación mediada a través de las presiones competitivas sí tuvo un efecto positivo y significativo (*H8*). En este caso también se encontró una mediación total.

Estos hallazgos respaldan la idea de que la adopción de la TD3D está impulsada también por las relaciones con socios comerciales tales como accionistas, clientes, proveedores, organismos profesionales (Agbesi et al., 2018; Hamad et al., 2018). La adopción de TD3D requiere la cooperación y coordinación con otros actores para que pueda funcionar en todo su potencial. Por lo tanto, los adoptantes de la TD3D fomentan la formación de redes con otros aliados y el intercambio de recursos para que se puedan satisfacer las necesidades de los diversos y rápidos requisitos del mercado (Ilin et al., 2017; Ngah et al., 2017). Los altos directivos a menudo son sensibles a la orientación gubernamental, y prestarían más atención para responder a los incentivos oficiales por el uso e incorporación de nuevas tecnologías en la empresa (Zhu et al., 2006). En este caso, las presiones de los *stakeholders* no parecen influir de forma directa, pero sí juegan un papel importante al incrementar las presiones competitivas que llevan a que las empresas vean la adopción de nuevas tecnologías como

una necesidad, para no perder poder en el mercado y mantener su legitimidad.

En cuanto al impacto de las variables de control, al igual que Chatzoglou and Chatzoudes, (2016) se encontró que el tamaño de la empresa es un impulsor importante de la adopción de tecnologías de la información, sin embargo, en este estudio no se encontró un impacto significativo por parte del alcance geográfico de la empresa.

Conclusión

Los hallazgos del estudio actual muestran que, entre los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno, el apoyo de la alta dirección es el predictor más fuerte, seguido por las presiones competitivas para la intención de adopción de TD3D. Así mismo el modelo presenta robustez predictiva al explicar el 71,1% de la intención de adopción de TD3D por parte de las empresas en Colombia. A diferencia de otros estudios sobre adopción de tecnologías digitales, como RFID o computación en la nube o BDA, la adopción de TD3D tiene algunas características particulares. En este caso se encontró que la utilidad percibida de la tecnología, el apoyo de la alta dirección, la competencia tecnológica y las presiones competitivas tienen in efecto directo sobre la intención de adopción de TD3D. Adicionalmente se encontró que la facilidad de uso percibida tiene un efecto indirecto a través de la utilidad percibida de la tecnología, la competencia tecnológica y la disponibilidad financiera de la organización tienen un efecto indirecto a través del apoyo de la alta dirección, y la presión de los stakeholders tiene un efecto indirecto a través de las presiones competitivas del entorno.

A pesar de las implicaciones de la investigación todavía hay algunas limitaciones dignas de discusión. Primero, dado que el uso de TD3D todavía está en la etapa de inicio, pueden presentarse diferentes visiones entre las organizaciones sobre los beneficios de la TD3D, lo que provoca interpretaciones variadas sobre esta tecnología. En segundo lugar, se recopilieron los datos a través de cuestionarios, la mayoría de los cuales fueron completados por directivos de alta gerencia y gerencia media, y este método puede causar algunos problemas, ya que la percepción de los individuos hacia una nueva tecnología, hasta cierto punto, no puede

representar perfectamente el punto de vista de toda la empresa. En tercer lugar, la investigación tiene un diseño transversal, la investigación futura puede evitar esto diseñando un estudio longitudinal para que se pueda analizar la evolución dinámica de los efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente. En cuarto lugar, existen otras teorías que pueden ayudar a explicar la decisión de adopción tecnológica, por lo que, en una investigación futura se pueden considerar otros factores y otras variables mediadoras o moderadoras en el modelo. Finalmente, esta es una investigación que se desarrolla en el contexto geográfico particular de una economía emergente latinoamericana. La generalización de sus resultados se circunscribe a este tipo de contextos.

En síntesis, este estudio ayuda a explicar cómo la intención de adopción de tecnologías digitales de diseño 3D por parte de empresas colombianas se ve afectada de forma directa o indirecta por diferentes factores tecnológicos (facilidad de uso y utilidad percibida), factores organizacionales (apoyo de la alta dirección, competencia tecnológica y disponibilidad financiera) y factores del entorno (presión de los stakeholders y presiones competitivas).

Referencias

- Agbesi, K., Fugar, F.D., Adjei-Kumi, T., 2018. Modelling the adoption of sustainable procurement in construction organisations. *Built Environ. Proj. Asset Manag.* <https://doi.org/10.1108/BEPAM-10-2017-0108>
- Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 50, 179–211. <https://doi.org/10.15288/jsad.2011.72.322>
- Ajzen, I., 1985. From intentions to actions: A theory of planned behavior, in: Kuhl J., B.J. (Ed.), *Action Control*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 11–39. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2
- Alsaad, A., Mohamad, R., Ismail, N.A., 2017. The moderating role of trust in business to business electronic commerce (B2B EC) adoption. *Comput. Human Behav.* 68, 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.040>
- Alshamaila, Y., Papagiannidis, S., 2013. Cloud computing adoption by SMEs in the north east of England. <https://doi.org/10.1108/17410391311325225>
- Arribas, V., Alfaro, J.A., 2018. 3D technology in fashion: from concept to consumer. *J. Fash. Mark. Manag.* 22, 240–251. <https://doi.org/10.1108/JFMM-10-2017-0114>
- Au, Y.A., Zafar, H., Antonio, S., 2008. A multi-country assessment of mobile payment adoption. San Antonio.
- Autry, C.W., Grawe, S.J., Daugherty, P.J., Richey, R.G., 2010. The effects of technological turbulence and breadth on supply chain technology acceptance and adoption. *J. Oper. Manag.* 28, 522–536. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.03.001>
- Awa, H.O., Ojiabo, O.U., Emecheta, B.C., 2015. Integrating TAM, TPB and TOE frameworks and expanding their characteristic constructs for e-commerce adoption by SMEs. *J. Sci. Technol. Policy Manag.* 6, 76–94. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-04-2014-0012>

- Awa, H.O., Ojiabo, U., Orokor, L., 2017. Integrated technology- (T-O-E) taxonomies for technology adoption. *J. Enterp. Inf. Manag.* 30, 893–921. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2016-0079>
- Bae, D.J., Leem, C.S., 2014. A visual interactive method for service prototyping. *Manag. Serv. Qual.* 24, 339–362. <https://doi.org/10.1108/MSQ-12-2013-0281>
- Boateng, R., Mbrokroh, A.S., Boateng, L., Senyo, P.K., Ansong, E., 2016. Determinants of E-learning adoption among students of Developing Countries. *Int. J. Inf. Learn. Technol.* 33, 248–262. <https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2016-0008>
- Cao, Y., Ajjan, H., Hong, P., Le, T., 2018. Using social media for competitive business outcomes: An empirical study of companies in China. *J. Adv. Manag. Res.* 15, 211–235. <https://doi.org/10.1108/JAMR-05-2017-0060>
- Chana, F.T.S., Chong, A.Y.L., 2013. Determinants of mobile supply chain management system diffusion: A structural equation analysis of manufacturing firms. *Int. J. Prod. Res.* 51, 1196–1213. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.693961>
- Chandra, S., Road, H., Kumar, K.N., Road, H., 2018. Exploring factors influencing organizational adoption of augmented reality in e-commerce: empirical analysis using Technology – Organization – Environment model. *J. Electron. Commer. Res.* 19, 237–265.
- Chatzoglou, P., Chatzoudes, D., 2016. Factors affecting e-business adoption in SMEs: an empirical research, *Journal of Enterprise Information Management.* <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2014-0033>
- Cho, D.Y., Kwon, H.J., Lee, H.Y., 2007. Analysis of trust in Internet and mobile commerce adoption, in: *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences.* IEEE, p. 50. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2007.76>
- Chwelos, P., Benbasat, I., Dexter, A.S., Chwelos, P., Benbasat, I., Dexter, A.S., 2001. Research Report: Empirical Test of an EDI Adoption Model. *Inf. Syst. Res.* 12, 304–321. <https://doi.org/10.1287/isre.12.3.304.9708>
- Conner, B.P., Manogharan, G.P., Meyers, K.L., 2015. An assessment of implementation of entry-level 3D printers from the perspective of small businesses. *Rapid Prototyp. J.* 21, 582–597. <https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2014-0132>
- Cooper, R., Zmud, R., 1990. Information Technology Implementation Research: A Technological Diffusion Approach. *Manag. S* 36, 123–139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.36.2.123>
- Davis, F.D., 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Q.* 13, 319–340. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.33621>
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P., Warshaw, P.R., 1989. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Manage. Sci.* 35, 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Duan, X., Deng, H., Corbitt, B., 2012. Evaluating the critical determinants for adopting e-market in Australian small-and-medium sized enterprises. *Manag. Res. Rev.* 35, 289–308. <https://doi.org/10.1108/01409171211210172>
- Ebert, C., Duarte, C.H.C., 2018. Digital Transformation. *IEEE Softw.* 35, 16–21. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801537>
- Este, P.D., Patel, P., 2007. University – industry linkages in the UK : What are the factors underlying the variety of interactions with industry? 36, 1295–1313. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.05.002>
- Fishbein, M., Ajzen, I., 1975. Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research.
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., Welch, M., 2013. Embracing Digital Technology: A New Strategic Imperative | Capgemini Consulting Worldwide, MIT Sloan Management Review.
- Fornell, C., Larcker, D.F., 1981. Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *J. Mark. Res.* 18, 39–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/002224378101800104>

- Fosso Wamba, S., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Ngai, E., 2018. Big data analytics in logistics and supply chain management. *Int. J. Logist. Manag.* 29, 478–484. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2018-0026>
- Gagnon, Y., Sicotte, H., 2014. Review on IT adoption: insights from recent technologies. *J. Enterp. Inf. Manag.* 27, 488–502. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2012-0047>
- Gangwar, H., Date, H., Ramaswamy, R., 2015. Understanding determinants of cloud computing adoption using an integrated TAM-TOE model. *J. Enterp. Inf. Manag.* 28, 107–130. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2013-0065>
- Gangwar, H., Date, H., Raoot, A.D., 2014. Review on IT adoption: Insights from recent technologies. *J. Enterp. Inf. Manag.* 27, 488–502. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2012-0047>
- Ghobakhloo, M., Arias-Aranda, D., Benitez-Amado, J., 2011. Adoption of e-commerce applications in SMEs, *Industrial Management and Data Systems.* <https://doi.org/10.1108/02635571111170785>
- Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., 2015. Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, second edition, *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, Second Edition.* <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>
- Gounaris, S., Koritos, C., 2008. Investigating the drivers of internet banking adoption decision: A comparison of three alternative frameworks. *Int. J. Bank Mark.* 26, 282–304. <https://doi.org/10.1108/02652320810894370>
- Groenendyk, M., 2016. Cataloging the 3D web: the availability of educational 3D models on the internet. *Libr. Hi Tech* 287, 119–130.
- Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Dubey, R., Wamba, S.F., Childe, S.J., Hazen, B., Akter, S., 2017. Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. *J. Bus. Res.* 70, 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.004>
- Guoyou, Q., Saixing, Z., Chiming, T., Haitao, Y., Hailiang, Z., 2013. Stakeholders' Influences on Corporate Green Innovation Strategy: A Case Study of Manufacturing Firms in China. *Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.* 20, 1–14. <https://doi.org/10.1002/csr.283>
- Gutierrez, A., Boukrami, E., Lumsden, R., 2015. Technological, organisational and environmental factors influencing managers' decision to adopt cloud computing in the UK. *J. Enterp. Inf. Manag.* 28, 788–807. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2015-0001>
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., and Gudergan, S.P., 2018. *Advanced Issues in Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM).* Oaks, Thousand: Sage.
- Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M., 2017. *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM).* Sage publications.
- Hair, J.F., Ringle, C.M., Sarstedt, M., Hair, J.F., Ringle, C.M., Sarstedt, M., 2011. PLS-SEM : Indeed a Silver Bullet. *Mark. Theory Pract.* 19, 37–41. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>
- Hamad, H., Elbeltagi, I., El-Gohary, H., 2018. An empirical investigation of business-to-business e-commerce adoption and its impact on SMEs competitive advantage: The case of Egyptian manufacturing SMEs. *Strateg. Chang.* 27, 209–229. <https://doi.org/10.1002/jsc.2196>
- Hanafizadeh, P., Zare Ravasan, A., 2018. An empirical analysis on outsourcing decision: the case of e-banking services. *J. Enterp. Inf. Manag.* 31, 146–172. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2016-0182>
- Hanelt, A., Piccinini, E., Gregory, R.W., Hildebrandt, B., & Kolbe, L., 2015. Partitioning of deformation along an orogen and its effects on porphyroblast growth during orogenesis, in: *Proceedings Der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2015).* Osnabrück, pp. 1313–1327.
- Hatzichronoglou, T., 1997. *Revision of the High- Technology Sector and Product Classification.* Paris.
- Henriques, I., Sadorsky, P., 1999. The Relationship Between Environmental Commitment and Managerial Perceptions of Stakeholder Importance. *Acad. Manag. J.* 42, 87–99.

<https://doi.org/10.2307/256876>

- Henseler, J., Ringle, C.M., Sarstedt, M., 2015. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *J. Acad. Mark. Sci.* 43, 115–135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B., 2016. Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.* 2016-March, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hernández, B., Jiménez, J., Martín, M.J., 2008. Extending the technology acceptance model to include the IT decision-maker: A study of business management software. *Technovation* 28, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.11.002>
- Hong, S., Thong, J.Y.L., Yan, K., 2006. Understanding continued information technology usage behavior : A comparison of three models in the context of mobile internet. *Decis. Support Syst.* 42, 1819–1834. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2006.03.009>
- Hossain, M.A., Standing, C., Chan, C., 2017. The development and validation of a two-staged adoption model of RFID technology in livestock businesses. *Inf. Technol. People* 30, 785–808. <https://doi.org/10.1108/ITP-06-2016-0133>
- Hsu, P., Ray, S., 2014. International Journal of Information Management Examining cloud computing adoption intention , pricing mechanism , and deployment model. *Int. J. Inf. Manage.* 34, 474–488. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.04.006>
- Ilin, V., Ivetić, J., Simić, D., 2017. Understanding the determinants of e-business adoption in ERP-enabled firms and non-ERP-enabled firms: A case study of the Western Balkan Peninsula. *Technol. Forecast. Soc. Change* 125, 206–223. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.025>
- Jeyaraj, A., Rottman, J.W., Lacity, M.C., 2006. A review of the predictors, linkages, and biases in IT innovation adoption research. *J. Inf. Technol.* 21, 1–23. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jit.2000056>
- Jokonia, O., 2015. Validating Technology Acceptance Model (TAM) during adoption in Organizations, in: *7th International Conference on Cloud Computing Technology and Science IEEE*. pp. 509–516. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2015.56>
- Khong, S.T., 2009. Internet-based ICT adoption: evidence from Malaysian SMEs. *Ind. Manag. & Data Syst.* 109, 224–244. <https://doi.org/10.1108/02635570910930118>
- Kim, S.H., Jang, S.Y., Yang, K.H., 2017. Analysis of the Determinants of Software-as-a-Service Adoption in Small Businesses. *J. Small Bus. Manag.* 55, 303–325. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12304>
- Lai, Y., Sun, H., Ren, J., 2018. Understanding the determinants of big data analytics (BDA) adoption in logistics and supply chain management: An empirical investigation. *Int. J. Logist. Manag.* 29, 676–703. <https://doi.org/10.1108/IJLM-06-2017-0153>
- Legrís, P., Ingham, J., Collette, P., 2003. Why do people use information technology ? A critical review of the technology acceptance model. *Inf. Manag.* 40, 191–204. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Leng, J., Du, R., 2006. A CAD Approach for Designing Customized Shoe Last. *Comput. Aided. Des. Appl.* 3, 377–384. <https://doi.org/10.1080/16864360.2006.10738476>
- Levenburg, N., Magal, S.R., Kosalge, P., 2006. An Exploratory Investigation of Organizational Factors and e - Business Motivations Among SMFOEs in the US An Exploratory Investigation of Organizational Factors and e-Business Motivations Among SMFOEs in the US. *Electron. Mark.* 16, 78–84. <https://doi.org/10.1080/10196780500491402>
- Li, M., Zhao, D., Yu, Y., 2015. TOE drivers for cloud transformation: Direct or trust-mediated? *Asia Pacific J. Mark. Logist.* 27, 226–248. <https://doi.org/10.1108/APJML-03-2014-0040>
- Maduku, D.K., Mpinganjira, M., Duh, H., 2016. International Journal of Information Management Understanding mobile marketing adoption intention by South African SMEs : A multi-perspective framework. *Int. J. Inf. Manage.* 36, 711–723. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.04.018>
- Martín, S.S., López-Catalán, B., Ramón-Jerónimo, M.A., 2012. Factors determining firms’ perceived

- performance of mobile commerce. *Ind. Manag. Data Syst.* 112, 946–963. <https://doi.org/10.1108/02635571211238536>
- Martins, R., Oliveira, T., Thomas, M., Tomás, S., 2019. Firms' continuance intention on SaaS use – an empirical study. *Inf. Technol. People* 32, 189–216. <https://doi.org/10.1108/ITP-01-2018-0027>
- Mellor, S., Hao, L., Zhang, D., 2013. Additive manufacturing : A framework for implementation. *Int. J. Prod. Econ.* 149, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.008>
- Molinillo, S., Japutra, A., 2017. Organizational adoption of digital information and technology: a theoretical review. *Bottom Line* 30, 33–46. <https://doi.org/10.1108/BL-01-2017-0002>
- Musawa, M.S., Wahab, E., 2012. The adoption of electronic data interchange (EDI) technology by Nigerian SMEs: A conceptual framework. *E3 J. Bus. Manag. Econ.* 3, 55–68.
- Ngah, A.H., Zainuddin, Y., Thurasamy, R., 2017. Applying the TOE framework in the Halal warehouse adoption study. *J. Islam. Account. Bus. Res.* 8, 161–181. <https://doi.org/10.1108/JIABR-04-2014-0014>
- Oh, K., Cruickshank, D., Anderson, A.R., 2009. The adoption of e-trade innovations by Korean small and medium sized firms. *Technovation* 29, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.08.001>
- Oliveira, T., Martins, M.F., 2011. Literature Review of Information Technology Adoption Models at Firm Level. *Electron. J. Inf. Syst. Eval.* 14, 110–121.
- Oorschot, J.A.W.H., Hofman, E., Halman, J.I.M., 2018. A bibliometric review of the innovation adoption literature. *Technol. Forecast. Soc. Change* 134, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.04.032>
- Papahristou, E., Bilalis, N., 2016. Can 3D Virtual Prototype Conquer the Apparel Industry? *J. Fash. Technol. Text. Eng.* 4. <https://doi.org/10.4172/2329-9568.1000134>
- Papahristou, E., Bilalis, N., 2015. How to integrate recent development in technology with Digital Prototype textile and apparel applications. *Marmara Univ. J. Sci.* 27, 32–39. <https://doi.org/10.7240/mufbed.96632>
- Pejić, M., Čeljo, A., Zoroja, J., 2016. Technology Acceptance Model for Business Intelligence Systems : Preliminary Research. *Procedia - Procedia Comput. Sci.* 100, 995–1001. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.270>
- Premkumar, G., 2003. A Meta-Analysis of Research on Information Technology Implementation in Small Business A Meta-Analysis of Research on Information Technology Implementation in Small Business. *J. Organ. Comput. Electron. Commer.* 13, 91–121. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1207/S15327744JOCE1302_2
- Premkumar, G., Roberts, M., 1999. Adoption of new information technologies in rural small businesses. *Omega Int. J. Manag. Sci.* 27, 467–484. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(98\)00071-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0305-0483(98)00071-1)
- Rai, A., Patnayakuni, R., Seth, N., 2006. Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. *Manag. MIS Q.* 30, 226–246. <https://doi.org/10.2307/25148729>
- Ramanathan, L., Krishnan, S., 2015. An empirical investigation into the adoption of open source software in information technology outsourcing organizations. *J. Syst. Inf. Technol.* 17, 167–192. <https://doi.org/10.1108/JSIT-10-2014-0070>
- Ramdani, B., 2013. SMEs' adoption of enterprise applications. *J. Small Bus. Enterp. Dev.* 20, 735–753. <https://doi.org/10.1108/JSBED-12-2011-0035>
- Raymond, L., Uwizeyemungu, S., Raymond, L., Uwizeyemungu, S., 2001. A profile of ERP adoption in manufacturing SMEs. *Internet Res.* 11, 411–424. <https://doi.org/10.1108/17410390710772731>
- Reilly, L., 2014. The shift from 3D body scanned data to the physical world 1–18.
- Riyadh, A.N., Akter, S., Islam, N., 2009. The Adoption of E-banking in Developing Countries : A Theoretical Model for SMEs. *Int. Rev. Bus. Res. Pap.* 5, 212–230.
- Rogers, E.M., 1995. *Diffusion of innovations*, Third Edit. ed. The Free Press.

- <https://doi.org/10.4324/9780203710753-35>
- Rosenberg, N., 1983. *Inside the Black Box*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511611940>
- Salmi, M., Tuomi, J., Paloheimo, K.S., Björkstrand, R., Paloheimo, M., Salo, J., Kontio, R., Mesimäki, K., Mäkitie, A.A., 2012. Patient-specific reconstruction with 3D modeling and DMLS additive manufacturing. *Rapid Prototyp. J.* 18, 209–214.
<https://doi.org/10.1108/13552541211218126>
- Sarstedt, M., Ringle, C.M., Smith, D., Reams, R., Hair, J.F., 2014. Journal of Family Business Strategy Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *J. Fam. Bus. Strateg.* 5, 105–115.
<https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.01.002>
- Sharma, A., Thomas, D., Konsynski, B., 2008. Strategic and institutional perspectives in the evaluation, adoption and early integration of radio frequency identification (RFID): An empirical investigation of current and potential adopters. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.* 1–10. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2008.412>
- Sila, I., 2013. Factors affecting the adoption of B2B e-commerce. *Electron Commer Res.*
<https://doi.org/10.1007/s10660-013-9110-7>
- Thong, J.Y.L., 1999. An Integrated Model of Information Systems Adoption in Small Businesses An Integrated Model of Information Systems Adoption in Small Businesses. *J. Manag. Inf. Syst.* 15, 187–214. <https://doi.org/10.1080/07421222.1999.11518227>
- To, M., Ngai, E.W., 2006. Predicting the organisational adoption of B2C e-commerce : an empirical study. *Ind. Manag. Data Syst.* 106, 1133–1147. <https://doi.org/10.1108/02635570610710791>
- Tornatzky, L.G., Fleischer, M., Chakrabarti, A.K., 1990. *The processes of technological innovation*. Lexington Books, Lexington, Mass.
- Tsai, M.C., Lee, W., Wu, H.C., 2010. Determinants of RFID adoption intention: Evidence from Taiwanese retail chains. *Inf. Manag.* 47, 255–261. <https://doi.org/10.1016/j.im.2010.05.001>
- Vanderploeg, A., Lee, S.E., Mamp, M., 2017. The application of 3D printing technology in the fashion industry. *Int. J. Fash. Des. Technol. Educ.* 10, 170–179.
<https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1223355>
- Venkatesh, V., Davis, F., 2000. A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model : Four Longitudinal Field Studies. *Manage. Sci.* 46, 185–204.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B.D., D., F., 2003. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MISQ uarter* 27, 425–478.
<https://doi.org/10.2307/30036540>
- Vial, G., 2019. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *J. Strateg. Inf. Syst.* 28, 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Wang, Yu-min, Wang, Yi-shun, Yang, Y., 2010. Understanding the determinants of RFID adoption in the manufacturing industry. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 77, 803–815.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.03.006>
- Westerman, G., Calmégane, C., Bonnet, D., Ferraris, P. and McAfee, A., 2011. *Digital transformation: a roadmap for billion-dollar organizations*, MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting.
- Whitten, G.D., Kenneth, W.G., Zelbst, P.J., 2012. Triple-A supply chain performance. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 32, 28–48. <https://doi.org/10.1108/01443571211195727>
- Yi, M.Y., Jackson, J.D., Park, J.S., Probst, J.C., 2006. Understanding information technology acceptance by individual professionals : Toward an integrative view. *Inf. Manag.* 43, 350–363.
<https://doi.org/10.1016/j.im.2005.08.006>
- Zhu, K., Kraemer, K.L., Xu, S., 2006. The process of innovation assimilation by firms in different countries: A technology diffusion perspective on e-business. *Manage. Sci.* 52, 1557–1576.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0487>

Apéndice A. Escalas de medida

Modelo	Constructo	Variable	Ítem	Fuente
TOE - TAM	Intención de adopción de TD3D (INT)	INT1	Creo que la organización tiene la intención de adoptar tecnologías digitales de modelado 3D en el futuro	(Chandra et al., 2018)
		INT2	Recomendaría decididamente que mi organización use tecnologías digitales de modelado 3D	
		INT3	La adopción de tecnologías digitales de modelado 3D beneficiará en gran medida a la organización	
TAM	Facilidad de uso percibida (PEU)	PEU1	El procedimiento de uso de tecnologías digitales de modelado 3D es comprensible	(Gangwar et al., 2015)
		PEU2	Es fácil aprender a usar las tecnologías digitales de modelado 3D	
		PEU3	Es fácil hacer uso de las tecnologías digitales de modelado 3D	
TAM	Utilidad percibida (PU)	PU1	El uso de las tecnologías digitales de modelado 3D permite administrar las operaciones de negocio de manera eficiente	(Gangwar et al., 2015)
		PU2	El uso de las tecnologías digitales de modelado 3D permite aumentar la productividad empresarial	
		PU3	El uso de las tecnologías digitales de modelado 3D permite realizar las tareas organizacionales más rápidamente	
		PU4	El uso de las tecnologías digitales de modelado 3D mejora la calidad de las operaciones de negocio	
		PU5	El uso de las tecnologías digitales de modelado 3D contribuye a la competitividad	
TOE	Apoyo de la alta dirección (TMS)	TMS1	La alta dirección proporcionaría los recursos necesarios para adopción de tecnologías digitales de modelado 3D	(Lai et al., 2018)
		TMS2	La alta dirección proporcionaría el apoyo necesario para adopción de tecnologías digitales de modelado 3D	
		TMS3	La alta dirección apoyaría el uso de tecnologías digitales de modelado 3D	
		TMS4	Los altos directivos estarían entusiasmados con la adopción de tecnologías digitales de modelado 3D	
TOE	Disponibilidad financiera (FR)	FR1	La empresa tendría los recursos financieros para adoptar las tecnologías digitales de modelado 3D	(Lai et al., 2018)
		FR2	Los presupuestos financieros de la empresa serían suficientes para respaldar la adopción de tecnologías digitales de modelado 3D	
		FR3	Sería fácil obtener apoyo financiero de bancos locales y/o otras instituciones financieras para adoptar las tecnologías digitales de modelado 3D	
TOE	Competencia tecnológica (TC)	TC1	La infraestructura tecnológica de la empresa está disponible para soportar las tecnologías digitales de modelado 3D	(Martins et al., 2019)
		TC2	La empresa busca que los empleados estén familiarizados con las tecnologías digitales de modelado 3D	
		TC3	La empresa tiene buen conocimiento sobre las tecnologías digitales de modelado 3D	

TOE	Presión competitiva (CP)	CP1	La empresa piensa que las tecnologías digitales de modelado 3D tienen una influencia sobre la competencia en nuestra industria	(Alsaad et al., 2017)
		CP2	La empresa está presionada por la competencia para adoptar tecnologías digitales de modelado 3D	
		CP3	Algunos de los competidores ya han comenzado a usar tecnologías digitales de modelado 3D	
TOE	Presión de los Stakeholders (STP)	STP1	El grado de adopción entre otras organizaciones está presionando a nuestra empresa para que adopte tecnologías digitales de modelado 3D	(Agbesi et al., 2018)
		STP2	Los organismos reguladores del sector ejercen presión sobre nuestra empresa para que se adopten tecnologías digitales de modelado 3D	
		STP3	Nuestros principales grupos de interés (accionistas, clientes, proveedores, organismos profesionales, etc.) nos presionan para que se adopten tecnologías digitales de modelado 3D	

Nota: Escala de Likert de siete puntos, con opciones de respuesta en un rango de 1 a 7 (1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = Mayormente en desacuerdo, 3 = Parcialmente en desacuerdo, 4 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 5 = Parcialmente de acuerdo, 6 = Mayormente de acuerdo, 7 = Totalmente de acuerdo).