

Introducción a la Tecnología Disruptiva y su Implementación en Equipos Científicos

Loza Matovelle, D.*; Dabirian R.** **

* Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica Sangolquí, Ecuador
e-mail: dcloza@espe.edu.ec, dabirian@gmail.com

** Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Materiales, Laboratorio de Nuevos Materiales, Quito, Ecuador
e-mail: dabirian@gmail.com

Resumen: En este artículo se introduce el término de tecnología disruptiva, se considera su historia y se describe la forma en que aplicamos esta tecnología en investigaciones realizadas. La tecnología disruptiva es un proceso por el cual un producto o servicio se abre paso, inicialmente con aplicaciones sencillas con los clientes de baja gama y luego dichas aplicaciones pueden mejorar hasta que eventualmente desplazarían competidores establecidos. En nuestro laboratorio hacemos uso de varias tecnologías disruptivas, que van desde las impresoras 3D y microprocesadores con interfaces y tarjetas de desarrollo de código abierto hasta las unidades de lectura óptica y zumbadores piezoeléctricos. Las aplicaciones que podemos obtener por estos métodos abarcan un amplio tipo de tecnologías, desde las partes estructurales instrumentales ajustadas a medida hasta los controladores de bajo costo para los escáneres del microscopio de fuerza atómica.

Palabras clave: Tecnología disruptiva; bajo costo; Arduino; impresión 3D; innovación.

Abstract: In this article the term disruptive technology is introduced, its history is described and we explain how we apply this technology in research on low cost instrumentation. Disruptive technology is a process by which a product or service makes its way initially in simple applications at the bottom of the market and, then, those applications can improve until eventually displacing established competitors. In our laboratory we use several disruptive technologies, ranging from 3D printers and microprocessors with open sources interfaces and development boards to optical scanning units and piezoelectric buzzers. Applications that can be obtained by these methods cover a wide type of technologies, from the instrumental adjusted as structural parts to low-cost drivers for scanners for atomic force microscopy.

Keywords: Disruptive technology; low cost; Arduino; 3D printing; innovation.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología disruptiva se puede definir como una innovación que ayuda a crear una nueva red de valor y que eventualmente interrumpe el mercado actual (en unos pocos años o décadas), desplazando una tecnología anterior. La teoría de la tecnología disruptiva fue acuñada por primera vez por el profesor de Harvard, Clayton M. Christensen en su investigación sobre la industria de discos duros y más tarde popularizado por su libro “*The Innovator’s Dilemma*” [1].

La teoría explica el fenómeno por el cual una innovación transforma un mercado o sector existente introduciendo simplicidad, comodidad, accesibilidad y asequibilidad, donde la complicación y el alto costo son el *status quo*. Inicialmente, una innovación disruptiva se forma en un nicho de mercado que puede aparecer poco atractivo o intrascendente para las empresas comerciales, pero al final el nuevo producto o idea redefine por completo la industria.

Las tecnologías disruptivas no son un fenómeno reciente. Ha estado con la humanidad desde sus primeros días y continúa hoy en día ininterrumpidamente y seguirá tanto como la

historia humana se desarrolle. Un ejemplo clásico es el ordenador personal. Antes de su introducción, “*mainframes*” y computadoras fueron los productos que prevalecían en la industria de la computación. Como mínimo, tenían un precio de alrededor de \$ 200.000 y se requería experiencia en ingeniería para operarlas. Apple, uno de los pioneros en la informática personal, comenzó a vender sus primeros ordenadores a finales de 1970 y principios de 1980, pero como un juguete para los niños. En ese momento, el producto no fue lo suficientemente bueno para competir con las computadoras, pero los usuarios de Apple no les importaban porque no podían darse el lujo de utilizar los ordenadores caros. Poco a poco, la innovación mejora los productos y en pocos años, el computador personal se hizo más asequible y lo suficientemente pequeño para que pudiera hacer el trabajo que antes requería computadoras de alto desempeño. Esto creó un nuevo mercado y en última instancia desplazó la industria existente.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el concepto de tecnología disruptiva, para que pueda ser identificado en una primera instancia. Para lograr este fin se ha revisado la

bibliografía desde el punto de vista histórico, así como analizando casos innovativos en donde la tecnología disruptiva ha desplazado a la tecnología establecida. La idea del artículo propuesto es que se ha más fácil reconocer dichas tendencias tecnológicas en el ámbito de la investigación. Discutimos algunas de las tendencias y las proyecciones más importantes de las tecnologías disruptivas y presentamos las diversas formas en que aplicamos dicha tecnología en el trabajo del día a día de nuestros laboratorios. La finalidad del presente trabajo es motivar la aplicación de estos tipos de tecnología para el desarrollo de equipos científicos de bajo costo. Lo cual, a través de su aplicación pueda, contribuir a mejorar el desarrollo tecnológico del país.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Tecnología Establecida Contra Tecnología Disruptiva

La teoría central de la obra de Christensen [1] es la dicotomía entre la innovación disruptiva y la innovación establecida. Las empresas establecidas usan tecnología establecida para mejorar el rendimiento de los productos existentes a lo largo de las dimensiones que los usuarios valoran. Las tecnologías establecidas se centran en mejorar la eficiencia y la calidad para conseguir cambios pequeños y graduales en sus procesos. Tienden a mantener una mejora continua; es decir, que dan a los usuarios algo más o mejor en los atributos que ya valoran. Estas empresas tienden a ignorar los mercados que tienen márgenes muy estrechos de ganancia y/o que son considerados demasiado pequeños para proporcionar una buena tasa de crecimiento. Debido a esto, son los mercados pequeños que son más susceptibles a la tecnología disruptiva.

La tecnología disruptiva, por otra parte, a menudo tendrá características que los segmentos de usuarios tradicionales pueden no desear, al menos inicialmente. Otro elemento a considerar es que los usuarios principales no están dispuestos a utilizar un producto con tecnología disruptiva en aplicaciones importantes. Por eso en principio, la tecnología disruptiva tiende a ser utilizada y valorada sólo en nuevas aplicaciones; de hecho, por lo general, hacen posible la aparición de nuevos mercados. Estas innovaciones van a aparecer como más baratas, más sencillas e incluso con una calidad inferior si se compara con los productos existentes. Sin embargo, algún segmento marginal o nuevo del mercado lo valora. La tecnología disruptiva permite a este nuevo grupo de consumidores el acceso a un producto o servicio que fue históricamente sólo accesible a los consumidores con una gran cantidad de dinero. Una vez que un producto disruptivo se convierte en una aplicación sencilla pero robusta, ingresa en el mercado y puede mejorar con el tiempo e incluso desplazar a los competidores establecidos.

La tecnología disruptiva no se trata de ganar una carrera tecnológica, sino de la entrega de innovaciones dirigidas a un conjunto de usuarios cuyas necesidades están siendo

ignoradas por los líderes de la industria. Se puede decir que la tecnología disruptiva inicialmente prioriza la simplicidad, comodidad, posibilidad de personalizar y precio, frente al rendimiento y altas prestaciones.

2.2 Modelo Teórico de Tecnología Disruptiva

Cuando la tecnología que tiene el potencial de revolucionar una industria emerge, las empresas establecidas típicamente lo ven como poco atractivo, no es algo que sus usuarios principales quieren y sus márgenes de beneficios proyectados no son suficientes para cubrir la estructura de costos. Como resultado, la nueva tecnología tiende a ser ignorada en favor de las tecnologías actualmente más populares con usuarios de alta gama. Pero en cierto punto una empresa interviene para llevar la tecnología disruptiva a un nuevo mercado. Una vez que esta tecnología disruptiva se ha establecido, una innovación en menor escala rápidamente mejora el rendimiento de dicha tecnología.

En la Fig. 1, se presenta el esquema de crecimiento de la tecnología disruptiva. La disrupción de baja gama es la que en un principio se dirige a usuarios que no necesitan el máximo rendimiento. La disrupción se produce cuando la velocidad con la que los productos mejoran excede la velocidad con la que los usuarios pueden adoptar la nueva tecnología. Por lo tanto, en algún momento el rendimiento del producto sobrepasa las necesidades de ciertos segmentos de usuarios. En este punto, una tecnología disruptiva puede entrar en el mercado de alta gama y ofrecer un producto que tiene un desempeño similar a la tecnología establecida, pero que excede los requerimientos de ciertos segmentos de mercado, introduciéndose en el mismo.

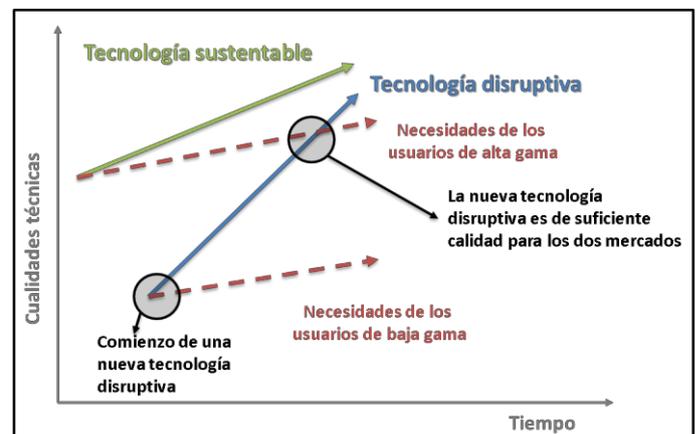


Figura 1. Evolución teórica de tecnología disruptiva.

En la disrupción de gama baja, el disruptor se centra inicialmente en servir al usuario menos rentable, que es feliz con un producto lo suficientemente bueno. Este tipo de usuario no está dispuesto a pagar por las mejoras en la funcionalidad del producto. Una vez que el disruptor ha ganado un espacio en este segmento de mercado lo que se busca es mejorar su margen de ganancia. Para obtener mayores márgenes de ganancia, el disruptor tiene que entrar en el segmento en el que el usuario está dispuesto

a pagar un poco más por una mayor calidad.

2.3 Tecnología Disruptiva Usado en Nuestro Entorno

Al realizar investigación se necesita recursos: humanos, económicos y tecnológicos (software y equipos). La aplicación de tecnología disruptiva puede tener influencia al reducir costos de los proyectos investigativos.

En nuestro laboratorio aplicamos varios tipos de tecnología disruptiva, intentando lograr productos de similares características a sus contrapartes comerciales. Las ventajas en el uso de este tipo de tecnologías son: el diseño de equipos que se adapten a las necesidades particulares de nuestros laboratorios, reducir la dependencia tecnológica de proveedores externos, fomentar el desarrollo local y reducir costos, entre otras ventajas.

Existen muchas plataformas de tecnología abierta que en la actualidad tiene una gran acogida por la facilidad de manipulación, programación e integración, quizás la más difundida es Arduino [2, 3]. El Arduino es un claro ejemplo de tecnología disruptiva, entre sus características está el ser económico, de tecnología abierta y de fácil uso. Aunque con menores prestaciones a una tarjeta de adquisición de datos, su bajo precio y el uso microprocesadores de arquitectura diferente (AVR) ha causado una ruptura en el mercado. Con la incorporación del Arduino hemos construido prototipos de diferente índole, desde robots autónomos hasta equipos de laboratorio tan complicados como una incubadora.

También, en nuestro laboratorio se utiliza la impresión 3D [4] para construir diferentes modelos adecuados, adaptados a nuestras necesidades particulares y al tipo de diseño que se desea analizar. Hasta ahora, la impresión 3D ha sido ampliamente utilizada por los diseñadores de productos, los aficionados y para algunas aplicaciones industriales selectas. Además, el rendimiento de las impresoras está mejorando, la gama de materiales se está expandiendo, y los precios (tanto para impresoras y materiales) están disminuyendo rápidamente, con lo que la impresión 3D está llegando a un punto en el que podría suceder la rápida adopción de esta tecnología por los consumidores e incluso por las fábricas. Es importante destacar que la impresión 3D permite el diseño a medida y también puede reducir la cantidad de material desperdiciado en la fabricación. Se puede crear objetos que son difíciles o imposibles de producir con las técnicas tradicionales.

En el laboratorio hemos hechos diferentes proyectos alineados en el desarrollo de nuevas tecnologías dentro de las impresoras 3D. Por ejemplo, el uso de la tecnología DLP [5] abre la posibilidad de diseñar formas más complejas. Se pueden construir diferentes mecanismos (mecanismos paralelos) que mejoren la maniobrabilidad del equipo. También se puede considerar el uso de nuevos materiales, generalmente provenientes de plástico reciclado para abaratar costos de producción.

Se han desarrollado varios instrumentos científicos aplicando

esta filosofía. Entre ellos se encuentran: sensores de turbidez [6] y conductividad, una centrifugadora y *spin coater* y *dip coater* [7] para preparación de películas delgadas, Fig. 2.



Figura 2. Equipos científicos construidos en nuestro laboratorio, en donde se ha aplicado aspectos de la tecnología disruptiva. De izquierda a derecha: *spin coater*, sensor de turbidez, *dip coater* y sensor de conductividad.

Por otro lado, hemos aplicado sistemáticamente algunos de estos conceptos en la construcción de una serie de instrumentos científicos de bajo costo. Incluyendo un microscopio de fuerza atómica (AFM) [8] con el empleo de dos nuevas tecnologías disruptivas, como el sistema de detección de cantiléver astigmático (ADS) [9, 10] y el escáner zumbador [11]. El sistema ADS puede potencialmente reemplazar a los métodos tradicionales de deflexión de haz empleados en casi todos los AFM comerciales hoy en día. Las ventajas incluyen un tamaño más pequeño de láser, una trayectoria del haz más corta y un mayor rango en la escala z. Además, el escáner zumbador es una aplicación con un gran potencial de desarrollo y que puede sustituir escaners caros y difíciles de manejar basados en piezotubos. Ambos sistemas propuestos son varias veces más baratos que las tecnologías establecidas actualmente.

3. CONCLUSIONES

Es importante recordar que la disrupción es una fuerza positiva. Las innovaciones disruptivas no son tecnologías que hacen los productos mejores; sino que son las innovaciones que hacen los productos y servicios más accesibles y asequibles. Con lo cual, se llega con la tecnología a un mayor grupo de la población.

Hoy en día, vemos una evolución mucho más rápida de tecnologías potencialmente transformadoras. Tecnologías importantes pueden desarrollarse en cualquier campo o salir de alguna disciplina científica. Los cambios tecnológicos que dañan las empresas establecidas no suelen ser radicalmente nuevos o difíciles desde el punto de vista tecnológico. Estos sin embargo, tienen dos características importantes. En primer lugar, por lo general presentan un paquete diferente de atributos-desempeño, los que al menos al principio, no son valorados por los usuarios existentes. En

segundo lugar, el desempeño de dichos atributos hace posible que la nueva tecnología puede llegar a los mercados establecidos. Muchas de las tecnologías analizadas en este artículo serán de fácil acceso y pueden requerir poca o ninguna inversión de capital. La tecnología disruptiva podría ayudar a nivelar el campo de juego, poniendo el diseño, producción y distribución de productos y servicios a un mayor alcance.

Cada una de estas tecnologías podrá tener un gran potencial para impulsar el crecimiento económico e incluso cambiar las fuentes de ventajas comparativas entre las naciones. Estos tipos de impactos podrían ayudar a los países a desarrollar y explotar sus recursos y capacidades únicas de nuevas maneras, desplazando potencialmente el centro de gravedad mundial. Esto podría llevar a revisar la forma en que se abordan cuestiones de tecnología y desarrollar un enfoque sistemático para encontrar formas de convertir la tecnología disruptiva en un cambio positivo, la cual puede favorecer el desarrollo de las tecnologías que son más relevantes para sus economías. Sin embargo, el desafío es enorme. La tecnología no se detiene para nadie, y no podemos darnos el lujo de ser pasivos.

RECONOCIMIENTO

El presente trabajo fue patrocinado por el Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador.

REFERENCIAS

- [1] J. L. Bower and C. M. Christensen, "Disruptive Technologies: Catching the wave" *Harvard Business Review*, 1995.
- [2] Arduino, "What is Arduino?", Available: www.arduino.cc, 2015.
- [3] R. Herrera, "Herramientas de Software Libre para Aplicaciones en Ciencias e Ingeniería", *Rev. Politécnica*, 32, 2013, pp. 2-8.
- [4] L. M. Sherman, "3D Printers; Lead growth of rapid prototyping", *Plastics Technology*, 2004.
- [5] R. Janssen, "3D printing now with ceramics too." *TNO Time*, 18, Aug. 2011.
- [6] D. Loza Matovelle, C. Román, L. J. Segura and R. Dabirian, "Diseño de un sensor de turbidez de bajo costo y de código abierto para mediciones en muestras acuosas", *Rev. Iteckne*, 2015, accepted.
- [7] D. Loza Matovelle, V. H. Guerrero and R. Dabirian, "Construction of low cost spin and dip coaters for thin film deposition using open source technology", *Momento*, 49, pp. 13-18, 2014.
- [8] R. Dabirian, W. M. Wang, D. Loza Matovelle and E. T. Hwu "Sistema de microscopía de fuerza atómica basada en una unidad de lectura óptica digital y un escáner- zumbador", *Rev. Mex. Fis.*, 61, pp. 238-244, 2015.
- [9] E. T. Hwu, S. K. Kang, C. W. Yang, K. Y. Huang and I.S. Hwang, "Real-time detection of linear and angular displacements with a modified DVD optical head", *Nanotechnology*, 19, pp. 115501-115508, 2008.
- [10] E. T. Hwu, S. K. Hung, C. W. Yang, I. S. Hwang and K. Y. Huang, "Simultaneous detection of translational and angular displacements of micromachined elements" *Appl. Phys. Lett.*, 91, pp. 221908-221911, 2007.
- [11] W. M. Wang, K. Y. Huang, H. F. Huang, I. S. Hwang and E. T. Hwu, "Low-voltage and high-performance buzzer- scanner based streamlined atomic force microscope system", *Nanotechnology*, 24, pp. 455503-455011, 2013.