

## NEUROCIENCIAS Y LA INGENIERÍA BIOMÉDICA COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR PROCESOS Y SU IMPACTO EN LOS MERCADOS

Hernández-Cervantes J<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Instituto Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería en Gestión Empresarial, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P. 42700. [jhernandezc@itsoeh.edu.mx](mailto:jhernandezc@itsoeh.edu.mx)

Recibido 03 de Noviembre de 2017; aceptado 30 de Diciembre de 2017

Palabras clave:

Principio antrópico,  
Procesos,  
Emociones

**RESUMEN.** El trabajo muestra una evaluación sobre avances en la aplicación de las tecnologías para las neurociencias y su inclusión en el análisis del comportamiento de los consumidores. De esta manera, el desarrollo de proyecto de investigación sobre la aplicación de neuromarketing a la ingeniería de productos, se espera comprender las aportaciones a la mejora de procesos y control de calidad, sustentado en una nueva conceptualización del universo relacionado con el principio antrópico. En cuanto a la metodología, se realizó un análisis de disponibilidad tecnológica, sus tendencias a los métodos y técnicas no invasivas; posteriormente, se realizó una evaluación comparativa con el fin de revisar su complejidad como una medida indirecta del costo y disminución de tiempos de evaluación de productos; en consecuencia, se presenta un modelo para el tratamiento de datos donde se tiene la necesidad de procesar información para su posterior análisis, finalmente se coloca en perspectiva los modelos de análisis disponibles para los datos. En cuanto a tales datos, su monitoreo es vital para determinar el grado de vinculación del producto a evaluar con las emociones del consumidor, las que en el contexto del marketing buscan elevar la preferencia y consumo, adicionalmente se presentan modelos matemáticos generales de procesos estocásticos implicados. En el proceso de la investigación se está desarrollando tecnología para combinar análisis semánticos de las emociones basados en ingeniería Kansei y el monitoreo de variables biomédicas procesamiento, llevando los estudios de mercado a una oportunidad de innovar en la evaluación de nuevos productos o su reingeniería con sus procesos.

Key words:

Anthropic principle,  
Process,  
Emotions

**ABSTRACT.** The work shows an assessment of progress in the implementation of the technologies for neuroscience and its inclusion in the analysis of the behavior of consumers. In this way, the development of research project on the application of neuromarketing to product engineering is expected to understand the contributions to the improvement of processes and quality control, based on a new conceptualization of the universe related to the anthropic principle. Although the ethical controversies of these technological applications, call the attention because of its implications about the context of the manipulation of consciousness in the consumption. Nevertheless, as for the methodology, an analysis of technological availability was realized. Its tendencies to the methods and not invasive skills; later, a comparative evaluation informed to check its complexity as an indirect measurement of the cost and decrease of times for the assessment of products. Consequently, a model presents himself for the treatment of information where there was aware the need to process data for its later analysis, finally there are placed in perspective the models of reviews available for the info. As for such information, its monitoring is vital to determine the grade of a link of the product to evaluate with the emotions of the consumer, which in the context of the marketing think about how to raise the preference and consumption; additionally, general process mathematical models appear stochastic implied. In the process of the investigation, technology is developing to combine semantic analyses of the emotions based on engineering Kansei and the monitoring of biomedical variables prosecution, it taking the market researchers to an opportunity to innovate in the evaluation of new products or its re-engineering with its processes.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la teoría cuántica sobre la existencia de los objetos y su comportamiento debido al observador, el que las cosas existen por el agente que las observa, un tema de coyuntura en el modelo biofísico de la conciencia<sup>1</sup>. En la misma orientación se aprecia el principio antrópico en su propuesta débil, la que explica que el universo existe para la

vida<sup>2</sup>. Si el observador del cosmos y de las cosas a pequeña escala, entonces su presencia hace posible la existencia. En consecuencia, desde la teoría de Maslow sobre los satisfactores, el marketing tiene como objetivo equilibrar los beneficios de la oferta del productor y las emociones del consumidor, aquello que se observa ahora será una necesidad. A

fin de alcanzar tal balance, los responsables de la publicidad y la comunicación utilizan una variedad de técnicas de investigación que les ayudan a identificar qué está en la mente del consumidor final, pero aquello no evidente solo se observa por medio de instrumentación médica<sup>3,4</sup>. En el pasado, las técnicas tradicionales pretendían medir las declaraciones de los entrevistados, información está compuesta por variables cualitativa. Sin embargo, la tendencia al estudio del comportamiento desde el ángulo de las neurociencias y la contribución de la ingeniería biomédica en el desarrollo de tecnologías aplicables a este campo, han dado paso a desarrollo tecnológicos relevantes<sup>3</sup>, estudios con mayor precisión con datos cuantitativos de fenómenos cualitativos. Esto coloca en perspectiva a un consumidor y a un oferente en plena evolución, de la mano con teorías que apuntan a entender el mercado y el uso de estrategias innovadoras, como las nuevas perspectivas de la sustentabilidad y sostenibilidad. Sin embargo, el fin último de lo que se crea es la búsqueda de cumplir expectativas, de esta forma observar desde la teoría cuántica y el principio antrópico<sup>1,2</sup>, mueven la visión hacia el análisis, la medición y el objetivo de la creación de productos y el comportamiento del consumidor, atendiendo la relación de los tres tipos de procesos.

De acuerdo a la mayoría de las estimaciones, el 95 % de los pensamientos, las emociones y el aprendizaje se produce a un nivel inconsciente<sup>5</sup>. Por lo que, en últimas décadas se está intentando utilizar métodos y técnicas de neurociencias con el propósito de explorar el subconciente del consumidor. Así, el neuromarketing con el uso de tecnologías de la ingeniería biomédica y la ingeniería Kansei tienen como propósito de investigación la comprensión y satisfacción de los mercados<sup>6</sup>. Aunque el debate ético tiene que ver especialmente sobre los fines en el uso de tecnología para el consumismo; sin embargo, la mejora en productos y servicios es evidente comparando con el pasado<sup>7</sup>.

Por otro lado, las tecnologías biomédicas tienen una tendencia hacia técnicas no invasivas, más rápidas y menos costosas; aunque, sus retos vienen implícitos. Así mismo, encontrar una conexión entre el comportamiento, con datos biomédicos y su interpretación de las emociones mediante la Ingeniería Kansei<sup>8</sup>, e indefectiblemente su correlación con el comportamiento humano son parte de la tarea a realizar en el presente proyecto. El

objetivo del estudio es la aplicación del Neuromarketing a través de tecnologías biomédicas en las MiPymes de la región Valle del Mezquital.

## METODOLOGÍA

En la propuesta de Monge y Fernández<sup>9</sup> realizan un análisis de las principales tecnologías que hasta entonces se muestran en el mercado de la tecnología médica, por medio de las cuales suponen sus aplicaciones. Sin embargo, también declaran que cada empresa consultora oculta sus métodos y tecnologías para la medición. Dicha propuesta, entonces hace una recopilación y clasificación de información tecnológica. Cabe mencionar que existen diversas aplicaciones de la ingeniería biomédica a las neurociencias, éstas evidentemente se aplican al análisis del comportamiento del consumidor. El presente resultado entonces utiliza esa recopilación de información para su análisis, evaluación comparativa de la tecnología y diseño de propuesta, la que incluye su modelado de datos como preámbulo del tratamiento de datos que está en desarrollo.

*Análisis de disponibilidad tecnológica*, en cuanto a las principales tecnologías propias del neuromarketing para realizar investigaciones<sup>10</sup>, se desarrolla un prototipo para medir la combinación de variables como respuesta galvánica de la piel, el seguimiento ocular, el ritmo cardiaco y actividad eléctrica del cerebro. Existe la tendencia en el uso de instrumentación menos invasiva y de mayor precisión, como la impedanciometría<sup>11</sup>, y la respuesta galvánica es una variante. Dicha técnica, ha detonado en mediciones alternativas como la aplicación médica en estudios de perfusión tanto a nivel gastrointestinal como en aplicaciones para mejorar la perfusión cerebral. Las que tienen que ver con la medición indirecta en el paso de nutrientes y oxigenación, su habilidad radica en una simplificación de la técnica, no así de los procesos de tratamiento de las señales generadas especialmente en los algoritmos y la construcción de biosensores de alta precisión<sup>12</sup>. Por lo tanto, es una oportunidad utilizar técnicas de medición de la perfusión como medida directa del impacto de estímulos externos y que podrían tener información sobre el comportamiento de compra.

Además, en la investigación documental se ha encontrado oportunidades de combinar estudios propios de neuromarketing con la aplicación de

tecnologías biomédicas antes mencionadas, y la Ingeniería Kansei para correlacionar los fenómenos fisiológicos con la traducción de emociones. Hirata Okamoto<sup>6</sup> explica que en temas de calidad es una oportunidad traducir las emociones del cliente en criterios de diseño, utilizando Ingeniería Kansei o la Ingeniería de Emociones. Como resultado se evidencia las oportunidades en la mejora de procesos y reglas de negocio. Reconociendo desde esta perspectiva, la mejora de procesos exige analizar las emociones y su impacto en la cadena de valor.

*Evaluación comparativa*, de acuerdo con la Tabla 1 se puede observar algunas de las tecnologías más utilizadas y algunas que están en oportunidad de aplicación como la impedancimetría y la perfusión. De esta manera, el respaldo tecnológico en la aplicación de estos estudios, se ve aún más comprometida con un grado de alta especialización en el desarrollo de la tecnología, así también en la interpretación. No debe olvidarse la necesidad de especialistas como neurólogos, psicólogos, psiquiatras, y subramas de las neurociencias<sup>7</sup>, quienes entienden los procesos cognitivos y sus fenómenos relacionados con la conducta de los individuos. Existen empresas que han creado importantes bases de datos sobre reacciones de los consumidores, las que les proveen de elementos en la toma de decisiones; por lo que, se requieren un amplio espectro de individuos de prueba, una de las empresas más importante en esto es la conocida Neurobiomarketing<sup>9</sup>. De la información revisada, no se han mostrado aportaciones utilizando hardware abierto en el diseño de dispositivos de monitoreo.

*Diseño de solución*, en el avance de la investigación se presenta la necesidad de desarrollar tecnología que facilite la administración de datos al evaluar cada producto o conjunto de productos. El neuromarketing como una rama especializada del marketing, y por sus características obliga al estudio de grupos de individuos para evaluar tendencias. Cada consumidor a evaluar, proveerá de una cantidad importante de información, para el caso de estudio el obtener datos de actividad cerebral (funciones estocásticas), medición de la resistencia galvánica de la piel y captura de datos cualitativos relacionados con la psicología del color y sus emociones, por medio de la Ingeniería Kansei<sup>6</sup>.

**Tabla 1.** Caracterización de tecnología biomédica

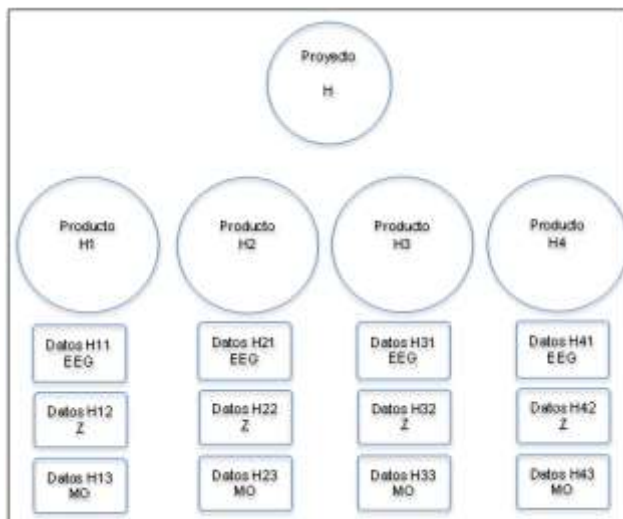
Tecnología	Características	Complejidad tecnológica
fMRI	La Resonancia Magnética Funcional (fMRI), se basa en la adquisición mediante campos magnéticos utilizando altos voltajes. Y mediante complejos algoritmos genera imágenes en 2D <sup>9</sup> .	Alta
EEG	De la Electroencefalografía (EEG), basada en la adquisición de señales de la actividad eléctrica del corazón, su complejidad radica en la eliminación del ruido y uso de filtros de alta precisión para eliminar artefactos. Utiliza bajos voltajes <sup>14</sup> .	Media
Impedancimetría	Adquisición de información mediante medición indirecta de la perfusión y es quizá de los métodos con menor costo, y en pleno auge. Utiliza bajos voltajes <sup>11</sup> .	Media
Monitoreo de signos vitales	Adquisición de ritmo cardíaco, niveles de oxigenación etc. Utiliza bajos voltajes, sus algoritmos de procesamientos son de mediana complejidad, básicamente filtrando señales indeseables <sup>17</sup> .	Media
EDA	Medición de la respuesta galvánica de la piel conocida como Activación Electrodermica (EDA), uno de los métodos más utilizados en campo, técnicamente es una variante de la impedancimetría. Utiliza bajos voltajes <sup>9</sup> .	Media
Seguimiento ocular	Esta es quizá la técnica más relevante, puesto que su información indica el impacto directo en la percepción del consumidor. Los modernos sistemas tienden a analizar actividades gestuales, incluso para controlar sistemas <sup>12</sup> .	Alta
Perfusión	Tecnología que mide el grado de oxigenación de áreas específicas del cuerpo humano <sup>11</sup> .	Mediana

En cuanto a tales datos, se acumula un espectro de información para su análisis, correlación e interpretación para evaluar las tendencias de la respuesta del consumidor. De acuerdo con la tabla 2, se aprecian los tipos de datos que se estarán generando. Su organización queda modelada de acuerdo con la Figura 2, queda una estructura de árbol invertido. Cada producto a evaluar produce información por cada persona o consumidor con sus diferentes variables que estarán en proceso de monitoreo.

**Tabla 2.** Tipos de datos para procesar

Tipo de datos	Origen
Configuración	Datos de producto de prueba o meta datos: tipo de producto, nombre de producto, modelo y fecha de prueba.
Adquisición de información	Datos de individuos de prueba y sus respectivos datos de actividad cerebral y variables como la resistencia galvánica <sup>7</sup> .
Expresiones cualitativas	Se anexa un bloque de datos que corresponden a una evaluación de las emociones basado en la Ingeniería Kansei <sup>6</sup> .

De esta manera, el diseño de la solución de administración de información es una propuesta para análisis por proyecto de estudio<sup>13,16,17</sup>, considerando cada proyecto un tipo de producto con diferentes presentaciones y/o marcas. De esta forma, se espera que los datos aporten criterios para diseño o rediseño de productos.



**Figura 1.** Estructura de datos por proyecto o producto a evaluar

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al revisar las opciones tecnológicas biomédicas, debe considerarse un número importante de variables en un estudio de neuromarketing y sus correspondientes datos de Ingeniería Kansei. Así al aplicar la asociación de neurociencias, se está en presencia de utilizar datos que tienen que ver con funciones vitales de un ser humano, los aspectos éticos y tecnológicos entran en juego<sup>14</sup>. Por otro lado, los retos tecnológicos tienen que ver con el diseño e inclusión de tecnologías ampliamente reguladas por la Secretaría de Salud. Lo cual, es doble el desafío para aplicar dichas estrategias de neuromarketing a este contexto de la economía. Considerando que las leyes que regulan datos personales y la privacidad potencializa los riesgos en la generación de resultados, quienes se someten a pruebas de neurociencias normalmente son personas con necesidad de ser tratadas médicamente o incluso psicológicamente, no así en este aspecto que tiene que ver con el incremento en ventas o mejora en el desempeño económico<sup>6</sup> de organizaciones lucrativas. En cuanto a tales datos, el fin de los resultados es generar un análisis preciso para determinar el grado de vinculación del producto con las emociones del consumidor, generando productos emocionalmente viables. Adicionalmente, un estudio de Ingeniería Kansei hace uso de combinación de análisis semánticos de las emociones; también, el monitoreo de variables biomédicas para su procesamiento y análisis, llevando los estudios de mercado a una oportunidad de innovar en la comprensión de nuevos productos o mejora de estos, impactando en sus procesos<sup>8</sup>.

Los modelos matemáticos generales de la estructura de datos de la figura 1, se muestran en las ecuaciones 1 a 5. Por otro lado, siendo sistema de adquisición digital, la conversión analógica digital será realizada bajo la tecnología Arduino. La representación de la señal original en forma discreta sigue la ecuación de muestreo siguiente:

$$g[n] = g_c(nT_s) \Leftrightarrow -\alpha < n < \alpha \quad \text{Ec 1}$$

Representación de funciones estocásticas discretas  $G_m$  representa a la señal  $G_o$  original, cuya frecuencia de muestreo queda definida por  $\Omega_m$  las que se pueden apreciar en la ecuación 2.



$$G_m(j\Omega) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\alpha}^{\alpha} G_o(j\Omega - kj\Omega_m) \quad \text{Ec 2}$$

$\Leftrightarrow \Omega_m > \Omega_N$

$$H(r, t, f) = \sum_k a_k(r) b_k(f) c_k(t) + \varepsilon(r, t, f) \quad \text{Ec 3}$$

$$H_1 = \begin{pmatrix} H_{11} \\ H_{12} \\ \vdots \\ H_{1r} \end{pmatrix} \quad \text{Ec 4}$$

Como resultado, se tiene un vector de datos por producto, cada producto debe ser de la misma especie. Adicionalmente, el vector resultante que determina el conjunto de valores de respuesta definido en la ecuación 4.

El modelo completo de adquisición de datos, identificado en la matriz de datos por proyecto identificado se muestra en la ecuación 5. La interpretación de correlaciones entre funciones estocásticas, determinará los criterios de diseño de producto o servicios. Por ejemplo, para interpretación del espectrograma de todos los electrodos comparado como un tensor de tercer orden, toma la forma de la ecuación 3. La determinación de las funciones a, b y c aportan la caracterización simultánea y separada en espacio, tiempo y frecuencia de la señal de electroencefalografía<sup>15</sup>.

$$P(H(r, t, f)) = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} & \dots & H_{1n} \\ H_{21} & H_{22} & \dots & H_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H_{k1} & H_{k2} & \dots & H_{kn} \end{pmatrix} \quad \text{Ec 5}$$

Por lo que, el determinar el grado de vinculación del producto con las emociones del consumidor, ofrece una oportunidad de análisis desde diferentes ángulos<sup>16, 17</sup>, alcanzar una parte del inconsciente para obtener criterios de diseño, rediseño y/o reingeniería de procesos<sup>6</sup>. Las ecuaciones ecs. (1) – (5) determinan el conjunto de información a procesar, tanto actividad eléctrica del cerebro, variabilidad de la impedancia, así como medidas de toma de decisiones en la elección de productos. Por lo que, la información resultante serán de utilidad para conocer

las motivaciones que llevan a la compra; por lo tanto, la eficacia en el diseño de productos y sus procesos de producción.

## CONCLUSIONES

Cumplir con las expectativas del cliente es el foco de atención, comprender dichas necesidades es una oportunidad, pero también están las organizaciones y sus componentes los que hacen posible la generación de experiencias con sus productos. En cuanto a tal, la Ingeniería Kansei ofrece un análisis profundo de las interacciones de multifactores, propios de la dinámica social, del comportamiento y el ambiente que rodea al consumidor, el correlacionar sus resultados con aplicaciones de neuromarketing quizá puede impactar en el desempeño de las ventas. Así también, se contempla agregar herramientas como el análisis estocásticos y el análisis de fractales como oportunidad en la innovación de procesos, para determinar los criterios de diseño de productos emocionalmente viables<sup>6,8,10,12,16</sup>. Quedan pendientes, comprender como los análisis topológicos pueden aportar innovación en estudios del comportamiento, esto agrega instrumentación de análisis cuantitativo para estudios sociales.

Adicionalmente, se encuentra en auge en el desarrollo de los biosensores, dispositivos que disminuyen costo y tiempo de análisis, incrementan precisión y oportunidades tecnológicas por explorar. Lo cual, desde el aspecto económico de una MiPyme y Pymes, su capacidad se puede potencializar con información precisa y útil, debido a que se provee información cuantitativa para toma de decisiones con estudios de alto nivel de especialidad, su justificación de desarrollo está en crear elementos que agreguen capacidad competitiva.

## AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

Se expresa agradecimiento al Gobierno del Estado de Hidalgo y al TecNM por el apoyo en el desarrollo del presente proyecto.

## REFERENCIAS

- Parrilla, D. (2016). *La posibilidad de una "neurociencia cuántica" según Roger Penrose*. España:Thémata Revista de Filosofía, 54, 191-214.
- Vega, J. C. (2014). *La vida en el universo*. México: Luds Vitalis, vol. XXII(42), 41-49.
- Knutson, B., Rick, S., Wimmer, G. E., Prelec, D., & Loewenstein, G. (2007). *Neural predictors of purchases*. EEUU: Neuron, 53(1), 147-156. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.11.010>

4. Kenning, P., & Plassmann, H. (2008). *How neuroscience can inform consumer research*. EEUU: IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering, 16(1).
5. Zaltman, G. (2003). *How Customers Think*. Boston: Harvard Business School Press.
6. Okamoto, R. H. (2009). *Traducción de las emociones y sensaciones del cliente en productos y servicios: Una herramienta de la sexta generación de calidad*. México: UNAM, 81-120.
7. Weisberg, D., Keil, F., Goodstein, J., Rawson, E., & Gray, J. (2008). *Neurociencias*, Journal of Cognitive Neuroscience, EEUU: MIT Press, 20(1), 470-477.
8. Matsubara, T., Ishihara, S., Matsubara, Y., & Nahamachi, M. (2017). *Measurement of Surface and Virtual Prototyping for Kansei Engineering: Advances in Intelligent Systems and Computing*, EEUU: Springer, 585(1), 305-317.
9. Monge, S., & Fernández, V. (2011). *Neuromarketing: Tecnologías, Mercado y Retos*, Madrid:Productor, 5(2), 19-42.
10. Yokoyama, R., Nozawa, T., Sugiura, M., Yomogida, Y., Takeuchi, H., Akimoto, Y., et al. (2014). *The neural bases underlying social risk perception in purchase decisions*. Japan: Neurimage, 120-128.
11. Galea, A. (2015). *Validación y mejora de un método basado en impedancia para la medición de la perfusión cerebral*. España: Universitat Politècnica de Catalunya, 10-35.
12. Cush, R., Cronin, J., Stewart, W., Maule, J., Molloy, N., & Goddard, N. (1993). *The resonant mirror: a novel optical biosensor for direct sensing of biomolecular interactions Part I: Principle of operation and associated instrumentation*. EEUU: Elsevier, 8(7-8), 347-354. [https://doi.org/10.1016/0956-5663\(93\)80073-X](https://doi.org/10.1016/0956-5663(93)80073-X)
13. Chicala, C. (2014). *Adquisición de datos: medir para conocer y controlar*. México: CENGAGE, 135-146.
14. Devasahayam, S. (2013). *Signals and systems in Biomedical Engineering*. Estados Unidos: Springer, 30-46.
15. Martínez, E. (2009). *Caracterización espacio-tiempo-frecuencia de la actividad eléctrica de redes neuronales*. Cuba: Habana, 24-67.
16. Contreras, T. (2009). *Análisis fractal de la epilepsia*. México:IPN-ESIME Científica , 13(2), 85-94.
17. García, M., Jiménez, A., Ortiz, M., & Peña, M. (1998). *Potenciales Bioeléctricos: origen y registro*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 187-211.