

REAXXION

Ciencia y tecnología universitaria

XXVII

ISSN: 2007-7750



- IDENTIFICACIÓN DE PUENTES DE HIDRÓGENO FORMADO ENTRE ANIONES RADICALES DE ANTRAQUINONA Y AGUA.
- OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN ENMALLADOS 3D CON PROSPECCIÓN A EQUIPOS DE MANUFACTURA ADITIVA.
- RECONOCIMIENTO DE OBJETOS USANDO CONJUNTOS PEQUEÑOS DE ENTRENAMIENTO
- ADECUACIÓN DE SCRUM A LA GESTIÓN ÁGIL DE PROYECTOS EN UN CENTRO COOPERACIÓN ACADÉMICA INDUSTRIA





UTL

LEÓN

ISSN: 2007-7750

Jorge Enrique Hernández Meza

Secretario de Educación de Guanajuato

Yoloxóchitl Bustamante Díez

Encargada de Rectoría de la Universidad Tecnológica de León

José Ernesto López Juárez

Secretario Académico

Olga Rebeca Ledesma García

Directora de Desarrollo Académico y Docente

José de Jesús Mendoza Rivas

Director de Económico Administrativo y Sustentabilidad para el Desarrollo

José Fernando Torres Vallejo

Director de Electromecánica Industrial, Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Ma. de Jesús Armenta Ortiz

Subdirectora de Campus II

José Jaime Ávila Morales

Subdirector de la Unidad Académica del Sureste

Comité Editorial

Liliana González Arredondo

Directora Editorial

Pedro Andrés Meza Torres

Aseguramiento de calidad

Daniel Israel Rodríguez Gante

Diseño web

María Fernanda Flores Muzquiz

Diseño gráfico y editorial

María de la Luz García Cárdenas

Corrección Editorial

Jessica Sandoval Palomares

Representante de Investigación

Ma. Guadalupe Serrano Torres

Representante de Área Económico-Administrativa

Roberto Gutiérrez Guerra

Representante de Área Sustentabilidad para el Desarrollo

Anahí Torres Tinoco

Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación

J. Guadalupe Santos Gómez

Representante de Área Ingenierías

Mayra Verónica Barrera Figueroa

Representante de Unidad Académica del Sureste





Carta editorial

Es un gusto presentar la vigésima séptima edición de la revista Reacción ante la comunidad universitaria y el público interesado en acercarse al desarrollo científico y tecnológico.

Esta publicación se integra por un artículo del área de Biología y Química, y tres del área de las Ingenierías.

Al considerar que procesos biológicos como la fotosíntesis, la respiración celular, la coagulación de la sangre, la síntesis de trifosfato de adenosina (ATP) mitocondrial, ocurren a través de reacciones de reducción-oxidación (redox), y que en estos participan de manera importante las moléculas antraquinónicas, el autor de **Identificación de puentes de hidrógeno formado entre aniones radicales de antraquinona y agua**, demuestra que esta última tiene una interacción en los procesos biológicos de generación de energía, resultado que abre paso a investigaciones posteriores tendientes a comprender cómo esto favorece o perjudica la generación de energía en los organismos vivos.

Por lo que se refiere a los enmallados 3D, es necesario considerar que son una parte fundamental en los procesos de manufactura aditiva, es decir, aquellos en los que se construyen diversas piezas (que van desde elementos de la industria automotriz y aeroespacial hasta la fabricación de prótesis). En este sentido, y con el objetivo de determinar los parámetros en el manejo morfológico y la reducción de los entramados en la geometría interna de la pieza diseñada, el autor de **Optimización topológica en enmallados 3D con prospección a equipos de manufactura aditiva**, aporta información relevante en cuanto al conocimiento que involucra el uso de las nuevas tecnologías en el marco de la industria 4.0.

En los campos de las redes neuronales y la visión por computadora, el autor de **Reconocimiento de objetos usando conjuntos pequeños de entrenamiento**, explica a detalle cómo desarrolló el entrenamiento de una red de mapas autoorganizados, a partir del algoritmo de gradientes orientados, al identificar que el método basado en detectar la forma es más eficiente comparado con aquellos que buscan reconocer el color o la textura de los objetos. En su



investigación encontró que puede haber un sistema robusto que, con solo cuatro vistas, sea capaz de analizar una escena y reconocer los objetos que se encuentren en ella o que estén aislados. Además, el sistema mostró tener capacidad para aprender características de objetos similares y reconocerlos.

En el ámbito de la administración y operación organizacional, los autores y autoras de **Adecuación de Scrum a la gestión ágil de proyectos en un Centro de Cooperación Academia-Industria** han aplicado una planeación evolutiva, cuyo proceso documentan, y destacan los beneficios obtenidos al aplicar este método en una instancia universitaria enfocada a producir y llevar servicios que apoyan a los sectores productivos. Las ventajas incluyen, entre otras, la entrega a tiempo de los compromisos contraídos con las empresas solicitantes de servicios del centro de cooperación académica, la comunicación eficiente y efectiva de quienes integran los equipos de trabajo, mantener un alto nivel de motivación en la célula de desarrollo.

Tenemos la certeza de que estas aportaciones de quienes hoy publican en Reacción contribuirán a ampliar la perspectiva del público lector sobre estos temas tecnológicos y desembocarán en nuevas posibilidades y preguntas por resolver.

Agradecemos a los autores y autoras que participan en esta edición, y hacemos un reconocimiento a las y los expertos que con su experiencia y calidad profesional dictaminaron las propuestas que les fueron presentadas en este periodo cuatrimestral.

Atentamente

Comité Editorial



Índice

7.

Identificación de puentes de hidrógeno formado entre aniones radicales de antraquinona y agua

16.

Optimización topológica en enmallados 3D con prospección a equipos de manufactura aditiva

29.

Reconocimiento de objetos usando conjuntos pequeños de entrenamiento

54.

Adecuación de SCRUM a la gestión ágil de proyectos en un Centro de Cooperación Academia-Industria

REAXXION



Identificación de puentes de hidrógeno formado entre aniones radicales de antraquinona y agua

Identification of hydrogen bonds formed between anthraquinone radical anions and water

Gilberto Rocha Ortiz /
Universidad Tecnológica de León

Resumen

Las sustancias antraquinónicas intervienen en procesos biológicos de oxidación en condiciones de alta humedad, donde se ha cuestionado cómo el agua llega a participar. En este trabajo, empleando métodos electroquímicos, se identificó dicha interacción, a través de la formación de puentes de hidrógeno producidos por la interrelación entre el anión radical del compuesto antraquinónico 1-amino-4-hidroxi-2-fenoxi-antraceno-9,10-diona (rojo disperso 60, RD60) con las moléculas de agua provenientes del medio de reacción en disolventes apróticos. Para lograrlo, se determinó el valor de potencial catódico formal estándar de la sustancia RD60 (-0.9955 V vs Ag/Ag+) en condiciones anhidras, así como se determinaron las constantes de equilibrio, cinéticas y electroquímicas de las reacciones participantes. Esta información corrobora la participación del agua en procesos biológicos oxidativos que pueden influir en la eficiencia del mecanismo.

Palabras clave: Puentes de hidrógeno, voltamperometría cíclica, antraquinona, agua.

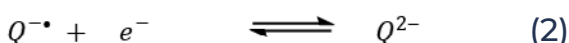
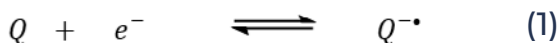
Abstract

The anthraquinone compounds are involved in oxidation biological processes in high moisture conditions, where it has been questioned how water participates. In this work, it is demonstrated the water participation through the formation of hydrogen bonding produced during the interaction of the radical anion of anthraquinonic compound 1-Amino-4-hydroxy-2-phenoxy-9,10-anthracenedione (disperse red 60, DR60) with the water molecules from the reaction medium in aprotic solvent. To get this process, the cathodic standard formal potential value of the DR60 (-0.9955 V vs Ag/Ag+) in anhydrous conditions was obtained and the equilibrium constants kinetic and electrochemical constants were determined. This information demonstrates the participation of the water in oxidative biological processes that can influence the mechanism efficiency.

Keywords: hydrogen bonds, cyclic voltammetry, anthraquinone, water

Introducción

Las moléculas antraquinónicas presentan una gran relevancia debido a que participan como acarreadoras de electrón y protón en procesos biológicos, tales como la fotosíntesis, la fosforilación oxidativa, la respiración celular, la síntesis de trifosfato de adenosina (ATP) mitocondrial y la coagulación de la sangre a través de reacciones de reducción-oxidación (redox)¹⁻⁵. Dichas moléculas en condiciones apróticas sufren un proceso de reducción a través de una doble transferencia sucesiva de electrón, donde en un primer paso se produce el anión radical $Q^{\cdot-}$ (semiquinona), seguido por la reducción de la semiquinona a la quinona dianiónica Q^{2-} , tal como se observa en las reacciones 1 y 2^{2,5,6}.



Una de las técnicas electroquímicas utilizadas para caracterizar los estudios de reducción de las especies quinónicas es la voltamperometría cíclica⁷, que muestra los potenciales de los procesos redox de las sustancias electroactivas, el grado de reversibilidad de la reacción electroquímica y la existencia de reacciones químicas acopladas al desarrollo de la transferencia de electrón. De igual manera, una herramienta que ayuda a la voltamperometría es la simulación voltamperométrica, con la cual se puede proponer un mecanismo de reacción buscando obtener un ajuste entre la respuesta de reacción experimental con la respuesta simulada, adecuándose a un error de truncamiento relativamente bajo.

Así, analizando la reducción electroquímica de las especies quinónicas a través de la voltamperometría cíclica, se sabe que en condiciones apróticas todas las quinonas muestran dos picos catódicos (Figura 1), correspondientes a la reducción sucesiva de $Q^{\cdot-}$ a Q^{2-} (1, 2, Figura 1) y el dianión Q^{2-} a sus respectivos potenciales^{2,6}.

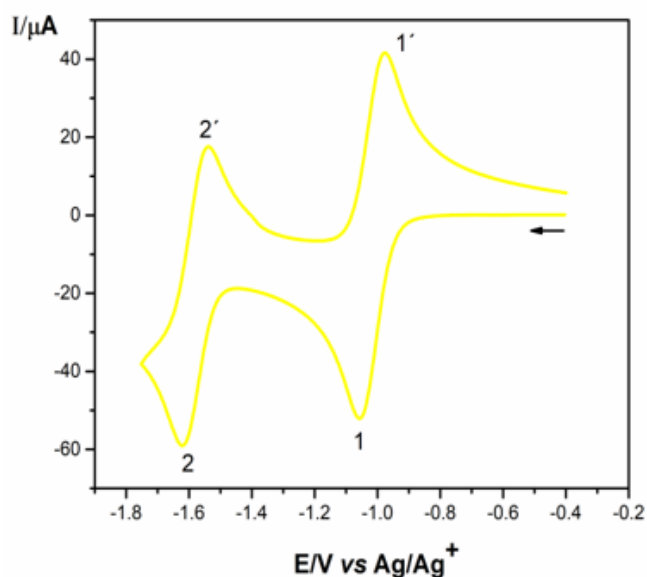


Figura 1. Respuesta voltamperométrica de compuesto quinónico 9-10 Antraquinona 1.0 mM en 0.1 M $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6/\text{CH}_3\text{CN}$ a $0.3 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ a 25°C (autoría propia).

Por otro lado, el comportamiento voltamperométrico de la reducción electroquímica de las especies quinónicas en condiciones próticas dependerá del pH del sistema y del efecto del disolvente; pues, además de la transferencia de electrón, existe una transferencia de protón vinculada a cada intermediario quinónico para formar como producto una especie hidroquinónica, la cual se muestra en la reacción 3^{9,10}.



Esta donación de protón se debe a la existencia de los puentes de hidrógeno^{2,5,6,8,9,10}, que son un tipo de interacciones desarrolladas en reacciones catalíticas presentes en procesos de transferencia de información genética, así como en procesos bioenergéticos, como la fotosíntesis^{11,12}. Este tipo de enlaces se pueden producir en compuestos que tienen grupos donadores de electrones rodeados de protones (tales como OH, -NH₂, -NH-, etc.) así como en compuestos que pueden interactuar con el medio^{8,9,10}. El comportamiento voltamperométrico es asignado a la protonación y a la formación de puentes de hidrógeno intermoleculares,^{8,10} presentando modificaciones que son más evidentes a segundo nivel de potencial debido a la basicidad del dianión¹³⁻¹⁵. Sin embargo, también puede detectarse la formación de puentes de hidrógeno a primer nivel de potencial.

Objetivo

Demostrar la interacción del agua proveniente del medio con las especies intermediarias de antraquinona en procesos biológicos de oxidación, a través de la caracterización de puentes de hidrógeno intermoleculares formados entre el anión radical de antraquinona RD60 con las moléculas de agua proveniente del medio.

Planteamiento del problema

Determinados mecanismos biológicos, tales como la fotosíntesis y la fosforilación oxidativa de ATP, entre otros, presentan reacciones químicas redox que son esenciales para generar energía. Dentro de este tipo de procesos se ha demostrado que las moléculas derivadas de antraquinona participan como acarreadoras de carga¹⁻⁵. Sin embargo, dichos procesos químicos se llevan a cabo en condiciones de alta humedad, donde se ha cuestionado cómo el agua puede interactuar con los aniones de los compuestos antraquinónicos^{5,9,10,13,16}, y si dicha interacción puede afectar la eficiencia del mecanismo energético. Por lo cual, el presente trabajo pretende demostrar las posibles reacciones de acoplamiento de agua con el anión radical del derivado de antraquinona RD60, a través de la formación de puentes de hidrógeno intermoleculares en soluciones apróticas.



Método de trabajo

Reactivos

Se utilizó como reactivo la sustancia RD60 grado industrial, sometándose a purificación y caracterización. Como disolventes se utilizó acetonitrilo (CH_3CN) 99.8%, secado en malla molecular en barra de 1/16 pulgadas con 3 Å de poro. Como electrolito soporte se utilizó hexafluorofosfato de tetrabutilamonio ($\text{n-Bu}_4\text{NPF}_6$).

Medición de contenido de humedad

Se utilizó un coulómetro Mettler Toledo DL32 para la titulación Karl Fischer (Riedel-deHaën) y soluciones de HYDRANAL-coulomat AG y CG. Las mediciones fueron realizadas dentro de una caja de control de humedad.

Preparación de soluciones anhidras

Para experimentos de voltamperometría cíclica, el acetonitrilo anhidro (preparado por almacenamiento en malla molecular de 3 Å durante 24 horas), fue usado para realizar soluciones cercanas a 1 mM de las sustancias de estudio, así como soluciones de electrolito soporte 0.1 M $\text{n-Bu}_4\text{NPF}_6$, el cual fue previamente secado a vacío a una temperatura de 160 °C por seis horas. Las soluciones fueron transferidas vía vacío a una jeringa que contenía malla molecular 3 Å anticipadamente anhidra a vacío a 160 °C durante seis horas. Finalmente, las

soluciones fueron mantenidas dentro de la jeringa, en ausencia de luz y en atmósfera de nitrógeno por 24 horas.

Voltamperometría cíclica

Los experimentos voltamperométricos se realizaron con un potenciostato Eco Chemie Autolab PGSTAT302N conectado a una computadora de escritorio. Se utilizó una celda con arreglo de tres electrodos, donde el electrodo de trabajo fue un electrodo de carbón vítreo plano de 3 mm de diámetro. Como contraelectrodo se utilizó un alambre de platino. Como electrodo de referencia se utilizó un electrodo de alambre de plata conectado vía solución a un puente salino que contenía 0.5 M $\text{n-Bu}_4\text{NPF}_6$ en CH_3CN . Todos los experimentos fueron logrados en el interior de una celda de Faraday a temperatura ambiente sobre atmósfera de argón.

Simulación electroquímica

Las simulaciones electroquímicas fueron desarrolladas utilizando el software DigiElch versión 8FD, considerando una difusión plana.

Resultados y Discusión

A partir de la estructura del compuesto RD60 (Figura 2), se observa que la presencia de los grupos amínicos y fenólicos cercanos a la base antraquinónica sugiere la formación de puentes de hidrógeno^{16,17}.

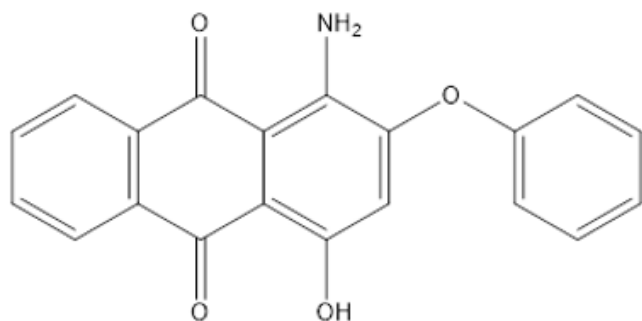


Figura 2. Estructura molecular de 1-amino-4-hidroxi-2-fenoxi-antraceno-9,10-diona (RD60); (autoría propia).

Experimentalmente, los puentes de hidrógeno intermoleculares pueden ser observados en la voltamperometría cíclica a través de una disminución del pico de oxidación durante el barrido reversible del voltamperograma, así como un cambio ligero en el pico de potencial hacia valores más positivos conforme la cantidad de sustancia prótica incrementa (Figura 3)^{16,17}. De esta manera, la Figura 3a muestra una comparación entre el voltamperograma simulado (círculos) y el experimental (línea sólida) para la primera onda de reducción de RD60 (1-1'), observándose un ajuste entre ellos. En esta figura, la simulación considera dos puentes de hidrógeno intermoleculares con agua mostrando el efecto en los picos de oxidación. Por otro lado, la Figura 3b muestra la simulación (círculos) comparada con el voltamperograma experimental (línea sólida), en el cual la simulación predice más corriente de oxidación para el pico 1', sin considerar el puente de hidrógeno con agua. La variación observada en la corriente pico de oxidación entre el voltamperograma simulado y el experimental, implica que la simulación predice más corriente, debido a que existe un equilibrio entre la

cantidad de especie reducida y oxidada de la sustancia electroactiva, sin considerar la formación de puentes de hidrógeno. Por otro lado, el hecho que el anión de la especie electroactiva al interactuar con las moléculas de agua genere la formación de nuevas especies intermediarias vinculadas por puentes de hidrógeno intermoleculares, provoca la disminución de la concentración de la especie electroactiva no acoplada a las moléculas de agua, por lo cual es evidente una menor cantidad de corriente, tal como se observa en el voltamperograma experimental¹⁷.

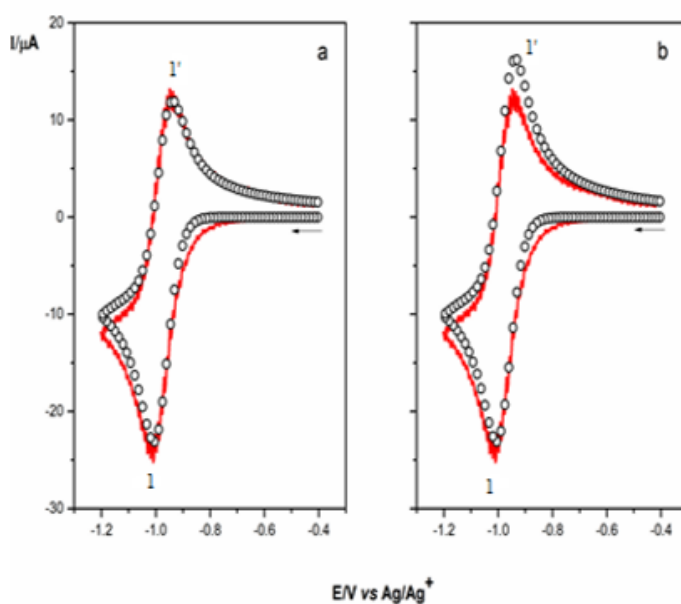


Figura 3. Respuesta voltamperométrica a primer nivel de onda de 1.0 mM RD60 en 0.1 M $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6/\text{CH}_3\text{CN}$ a una velocidad de barrido de $0.1 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ a 25°C , a una concentración de 0.010 M de agua; (autoría propia).

Con la finalidad de obtener los parámetros de simulación termodinámicos y cinéticos para la formación de puentes de hidrógeno intermoleculares formado entre el anión

radical de RD60 y el agua, fue necesario manejar la solución en las condiciones más anhidras posibles. Por lo tanto, se realizó un proceso de secado, tanto del disolvente como del electrolito para intentar conseguir el valor de potencial formal más cercano al proceso de reducción en condiciones anhidras que fue ajustado en el proceso de simulación. También fue importante realizar mediciones de agua presente en las soluciones de trabajo, para conocer su concentración y analizar la reproducibilidad de los valores termodinámicos y cinéticos que participan en la formación de puentes de hidrógeno entre la semiquinona y el agua. Para ello (Figura 4), se obtuvieron valores de concentración de 0.025 M y de 0.050 M de agua, donde se observa cómo la respuesta simulada (círculos) coincide con el experimental (línea sólida) en la respuesta de reducción de RD60 (1-1').

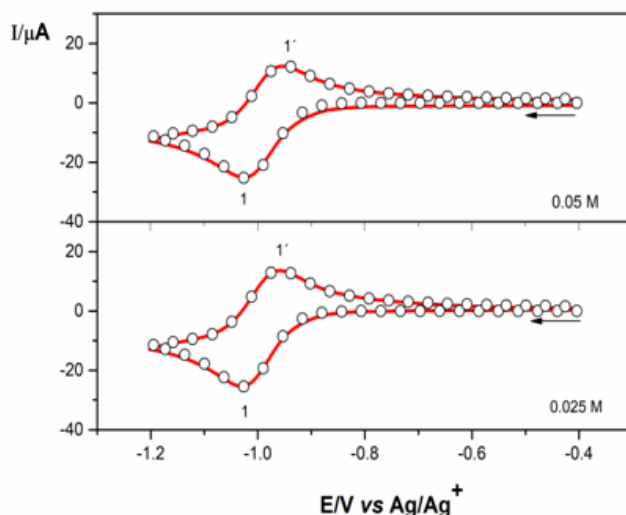


Figura 4. Respuesta voltamperométrica a primer nivel de onda de 1.0 mM RD60 en 0.1 M $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6/\text{CH}_3\text{CN}$ a una velocidad de barrido de $0.1 \text{ V}\cdot\text{s}^{-1}$ a 25°C ; (autoría propia).

Con base en los resultados experimentales, en la Tabla 1 se observan los parámetros cinéticos y termodinámicos obtenidos en el proceso de simulación voltamperométrica para la onda 1-1' que incluye los dos puentes de hidrógeno intermoleculares del anión radical semiquinona con las moléculas de agua proveniente de las trazas de humedad. Dichos parámetros fueron ajustados a diferentes concentraciones de humedad. Así, para el reactivo RD60, con un coeficiente de difusión de $1.5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ¹⁸, se determinó una transferencia de electrón reversible hacia un valor de potencial catódico de $-0.9955 \text{ V vs Ag/Ag}^+$ 0.5 M $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$, que procede en condiciones de equilibrio. Simultáneamente, se presentan dos puentes de hidrógeno intermoleculares, cuyo valor de equilibrio a primer nivel está en un rango de 30 a 100, favoreciendo el proceso cinético de derecha a izquierda, con un valor de constante cinética entre 15 a 150. Mientras que la segunda asociación está en un rango de 0.0012 a 0.010 implicando que dicha asociación es muy débil, expresado también en el rango de la constante cinética con un rango de 0.2 a 0.6.



Tabla 1. Parámetros de ajuste para simulación voltamperométrica de reducción experimental a primera onda de RD60*1.0 mM en 0.1 M n-Bu₄PF₆ in acetonitrilo at 25°. Fuente: elaboración propia.

Reacción de electrodo	E° (V)	α	k_s (cm·s ⁻¹)
1. RD60 - e → RD60 ^{•-}	-0.9955	0.5	0.91
Reacción química	K _{eq}	k _f	k _b
2. RD60 ^{•-} + H ₂ O → (RD60 ^{•-}) (H ₂ O)	30 – 100	15 – 150	0.5 – 1.5
3. RD60 ^{•-} (H ₂ O) + H ₂ O → RD60 ^{•-} (H ₂ O) ₂	0.0012 -0.010	0.2 – 0.6	50 – 100

* D = 1.5 × 10⁻⁵ cm²·s⁻¹.

Conclusiones

En este estudio se comprobó la detección de dos puentes de hidrógeno intermoleculares. El primero con una constante de equilibrio con un rango de valores entre 30-100, mientras que el segundo con un rango de valores entre 0.0012 -0.0010. Dichos valores indican que es favorable la formación de puentes de hidrógeno entre la especie aniónica radical derivada de antraquinona y las moléculas de agua provenientes de las trazas de humedad presentes en la solución del sistema de estudio en un medio aprótico. Esto fue desarrollado a través de la voltamperometría cíclica y la simulación voltamperométrica, obteniendo un ajuste entre los parámetros simulados y experimentales, con un error de truncamiento relativo inferior al 0.01%. A su vez, se identificó el valor de reducción de potencial del RD60: -0.9955 V vs Ag/Ag⁺. Dicha información corrobora que existe una interacción directa entre el agua proveniente de las trazas de humedad del medio y los aniones radicales antraquinónicos participantes en procesos biológicos de generación de energía. Dicha aportación puede abrir paso a generar nuevos estudios que ayuden a corroborar cómo este tipo de interacción favorecen o perjudican la generación de energía en procesos biológicos¹⁷.



Referencias

1. BERG, J., TYMOCZKO, J. & STRYER, . Biochemistry. 5th Edition. New York : H. Freeman Company. 2015. Pp. 300 - 417. ISBN: □ 978-0716746843
2. ASTUDILLO-SÁNCHEZ, P., TIBURCIO, J. y GONZÁLEZ, F. (2007). The role of acids and bases on the electrochemical oxidation of hydroquinone: Hydrogen bonding interactions in acetonitrile. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. Volume 604, Issue 1, 1 June 2007: 57 – 64.
3. FUJIMOTO N., KOSAKA T. y YAMADA, M. 2012 Menaquinone as well as ubiquinone as a crucial component in the Escherichia coli respiratory chain. *Chemical Biology*. Deniz Ekin, Croatia. 2012. 10,pp. 187 - 209.
4. GARRETT, R., GRISHAM, C., (2005). Biochemistry, 3rd Edition. Thomson Brooks/ Cole: Belmont, USA, 645 - 657. ISBN: 9780534410209
5. HUI, Y., KHIM, E. L., LIN, CH, Y, POH, H. L. and WEBSTER, R. D. (2009). Hydrogen-Bonding Interactions between Water and the One and Two-Electron-Reduced Forms of Vitamin K1: Applying Quinone Electrochemistry to Determine the Moisture Content of Non-Aqueous Solvents. *Journal of American Chemical Society*. 131, 4, 1523 – 1534. January 8, 2009.
6. GAMBOA-VALERO N., ASTUDILLO P., GONZÁLEZ-FUENTES M., LEYVA M., ROSALES-HDZ M., GONZÁLEZ F. Hydrogen bonding complexes in the quinone-hydroquinone system and the transition to a reversible two-electron transfer mechanism. *Electrochimica Acta*; 188, pp. 602 - 610. 2016.
7. BARD A., FAULKNER L. R. (2001). *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2a Edition. Wiley, New York, USA, 226 - 260. ISBN: 978-0-471-04372-0
8. NEERAJ G. and LINSCHITZ. H. Hydrogen-Bonding and Protonation Effects in Electrochemistry of Quinones in Aprotic Solvents. *Journal of American Chemical Society*. 119, 27, pp. 6384 – 6391. July 9, 1997.
9. TESSENSOHN, M., WEBSTER R. Voltammetric applications of hydrogen bonding and proton-coupled electron transfer reactions of organic molecules. *Current opinion in Electrochemistry*. 15, 27 - 33. April, 2019. ISSN: 2451-9103
10. HUI, Y., KHIM, E. L., CHUA, L. P. LIU, W. Z.. and WEBSTER, R. (2010). Voltammetric Method for Determining the Trace Moisture Content of Organic Solvents Based on Hydrogen-Bonding Interactions with Quinones. *Analytical Chemistry*, 82, 1928 – 1934. February, 2010.
11. SAENGER, W. *Principles of Nucleic Acid Structure*. New York: Springer-Verlag. 1984, pp. 1 – 8.
12. CRAMER W, KNAFF D. B. (1990). *Energy Transduction in Biological Membranes*. New York: Springer-Verlag, 1990, pp. 35 - 75.
13. TESSENSOHN, M., YU RONG, K., LIM, S., HIRAO, H. and WEBSTER, R. D. Using Voltammetry to Measure the Relative Hydrogen-Bonding Strengths of Pyridine and Its Derivatives in Acetonitrile. *ChemPhysChem*. 8, (16), pp. 2250-2257. Aug 2018. ISSN: 1439-7641.



14. TESSENSOHN, M., HIRAO H. and WEBSTER, R. . Electrochemical Properties of Phenols and Quinones in Organic Solvents are Strongly Influenced by Hydrogen-Bonding with Water. *Journal of physical chemistry*. 117, 2, pp. 1081-1090. December, 2012. ISSN: 1932-7455
15. GÓMEZ, M., GONZÁLEZ, F. and GONZÁLEZ, I. (Intra and intermolecular hydrogen bonding effects in the electrochemical reduction of α -phenolic-naphthoquinones. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 578, 2, pp. 193 – 202. May, 2005. ISSN: 1572-6657
16. ROCHA-ORTIZ, G., TESSENSOHN, M., SALAS-REYES, M., FLORES-MORENO, R., WEBSTER, R. D. and ASTUDILLO P. (2020). Homogeneous electron-transfer reaction between anionic species of anthraquinone derivatives and molecular oxygen in acetonitrile solutions: Electrochemical properties of disperse red 60. *Electrochimica Acta*; vol. 354. June, 2020.
17. ROCHA-ORTIZ, G. TESSENSOHN, M., SALAS-REYES, M., FLORES-MORENO, R., WEBSTER, R. y ASTUDILLO-SÁNCHEZ, P. (2022). Homogeneous Charge Transfer Between Reduced Intermediate of Anthraquinones and Dioxygen in Acetonitrile. *ECS Transaction*. 106 55. 2022. ISSN: 1938-5862
18. VALENCIA, D. y GONZÁLEZ, F. Understanding the linear correlation between diffusion coefficient and molecular weight. A model to estimate diffusion coefficients in acetonitrile solutions. *Electrochemical Communications*, 13, 2: 129-139. 2011. ISSN: 1388-2481

Fecha de recepción

04/11/2021

Fecha de aceptación

04/04/2022

Fecha de publicación

31/05/2022



Optimización topológica en enmallados 3D con prospección a equipos de manufactura aditiva

Topological optimization in 3D meshes with prospecting for additive manufacturing equipment

Jaime Agustín Ramírez Ibarra /

Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Resumen

El objetivo del estudio es determinar los parámetros en el manejo morfológico y la optimización topológica (este término se orienta a la reducción de los entramados en su geometría interna) en enmallados 3D con prospección a equipos de manufactura aditiva, con este fin la pregunta de investigación es: ¿hasta qué punto las deformaciones en los enmallados pueden ser codificables en medios digitales de impresión 3D y dispositivos de control numérico en la industria de la manufactura?, lo anterior se responde en una serie de pruebas de emulación y simulación virtual en el manejo experimental y desarrollo de probetas por prototipado rápido, esto permitirá observar las características y comportamientos de las mallas en la depuración y uso. Teniendo en cuenta que estas tecnologías de postproceso permiten desarrollar superficies maleables con aplicaciones en distintos campos de la industria tanto en la parte de experimentación e investigación en materiales como de nuevos productos para el diseño.

Palabras clave: optimización topológica, Prototipado rápido, enmallados poligonales.

Abstract

The objective of the study is to determine the parameters of the morphological handling as well as the topological optimization; this term is oriented to the reduction of the frameworks in their internal geometry. For this purpose, the research question is: To what extent mesh deformations can be codabled in digital 3D printing media and numerical control devices in the manufacturing industry?

The foregoing is answered in a series of virtual simulation and emulation tests in the experimental handling and development of test prototype/specimen by rapid prototyping. Thus will allow observing the characteristics and also the behaviors of the meshes in debugging and use. Bearing in mind that these post-process technologies allow the development of malleable surfaces with applications in different fields of industry, also as in the experimentation and research part of materials and new products for design.

Keywords: topological optimization, rapid prototyping, polygonal meshes.



Introducción

El presente documento aborda los aspectos técnicos en el manejo de mallas poligonales (geometría del producto) en el ámbito de la optimización de la manufactura y la modificación a nivel de datos PDM (Product Data Management), volviendo las superficies en una morfología editable y digital, para equipos de manufactura aditiva y equipos de control numérico. Por lo anterior, la optimización topológica en el campo de manufactura y factibilidad de fabricación condiciona el uso de los lineamientos en los procesos DFM (Design for manufacturability) y DFMA (Design for Assembly) buscando generar, tanto en la praxis como en el campo propedéutico, modelos replicables con fines industriales. Por lo tanto, el manejo morfológico, o mejor dicho la deformación topológica, se refleja en los siguientes parámetros de la metodología de la DFX (Design for eXcellence) que se enuncia a continuación:

1. Reducción de piezas (por fusión topológica o estandarización de componentes).
2. Desarrollo de diseño modular (por deformación u optimización topológica).
3. Uso de materiales y componentes estandarizados (análisis o caracterización de piezas o mallas topológicas deformadas).
4. Diseño para la fácil fabricación (por deformación u optimización topológica y reducción de material excedente).
5. Minimizar las operaciones de proceso (optimización de materiales o estandarización).

6. Rediseñar las geometrías de los componentes (optimización topológica como de materiales por caracterización).
7. Diseño para el proceso (morfología procesal).

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar soluciones de diseño y manufactura, con geometrías complejas aplicadas a las nuevas tecnologías aditivas e industria 4.0. De igual forma, en el manejo de nuevos materiales (ingeniería de materiales) en la viabilidad de fabricación o salida digital en equipos de procesos industriales.

Objetivos específicos

- Analizar las deformaciones topológicas en el ensayo de materiales. (primera fase experimental).
- Diseñar estructuras poligonales con grado de viabilidad de seriación.
- Emular mallas complejas en medios virtuales de simulación.
- Analizar simulaciones en el manejo de la estabilidad de mallas de: diseño virtual, ensayo virtual, planificación y programación de fabricación virtual.

Planteamiento del problema

El uso de mallas topológicas conlleva el análisis de los procesos en la geometría del producto para su factibilidad técnica. Los lineamientos son específicos para el manejo morfológico (optimización topológica)¹ y la postedición (reparación y edición de mallas)² en los procesos de manufactura aditiva (la MA es un método de producción digitalizada que consiste en fabricar objetos previamente modelados, mediante la deposición de capa por capa de material, hasta conformar un objeto tridimensional)³ y la codificación de la geometría del producto (código G, lenguaje de programación en equipos de control numérico) condicionan los parámetros y secuencias de trabajo. Estas tecnologías postproceso en la modalidad de plataformas o software PDM (Producto Data Management) permiten la postedición del diseño paramétrico y la postproducción, es decir, el cambio en tiempo real del árbol de operaciones del producto. Al comprender el manejo morfológico y la maleabilidad topológica, las superficies en la geometría del producto se vuelven el objeto de estudio, citadas al inicio del planteamiento. Hablando de forma propedéutica, estos aspectos son importantes en la pericia que demanda el uso de las nuevas tecnologías en la industria 4.0.

Método de trabajo

Partiendo de la premisa inicial, este documento pretende ayudar a comprender lo que es la optimización topológica, sus características, tipologías y facilidades para

ser aplicadas en modelos, protomodelos, prototipos de prueba o testeo. En cada una de las etapas experimentales se desarrollan probetas de estudio con el equipo específico que se menciona a continuación.

Características del material

1. Material del modelo ABS plus en marfil⁴
Características mecánicas:
Prueba de impacto IZOD, Muecas 90-115 J/m
HDT (temperatura de deflexión por calor) A 0.45 MPa, 58-68 °C
Resistencia a la flexión 55-75 MPa
Resistencia a la tracción 45-60 MPa
2. Material de soporte P400 Soluble⁵
3. Tamaño de construcción 203 x 203 x 152 mm (8 x 8 x 6 in)
4. Espesor de la capa 0,254 mm (0,010 pulgadas) o 0,330 mm (0,013 pulgadas).

Equipo de prototipado

1. uPrint SE Plus con una bahía de material 635 ancho x 660 largo x 787 alto mm, (25 x 26 x 31 pulgadas); 76 kg (168 lb).
2. Requisitos de energía 100-127 VCA, 50/60 Hz, 15A de circuito dedicado
3. Cumplimiento de las normas CE/ETL/RoHS/WEEE
4. Sistema Operativo Windows XP/Windows 7
5. Conectividad de red Ethernet TCP/IP 10/100 base T



Interfaz de prototipado rápido

1. Ultimaker Cura Versión 4.6.1
2. CatalystEX Versión 4.4

Desarrollo de modelos estructurales y topológicos aplicados al fuselaje del vehículo

En este apartado se realizó, por medio del software 3D Max de Autodesk, el modelo paramétrico y posterior el prototipado 3D a escala⁶. Al realizar el prototipo se observan las características de las superficies, realizando una revisión técnica en los procesos y tiempos del prototipado (manejo de superficies huecas para reducir el tiempo). Se pueden observar en el modelo (solo se imprimió la parte del chasis) los siguientes problemas evidentes en la morfología:

- Depósito de material orgánico (material base o soporte de prototipado, P400 Soluble) en la parte media de la geometría del producto.
- Falta de material ABSplus de relleno.

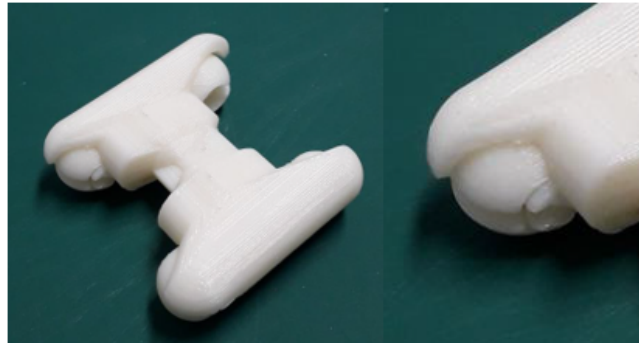


Figura 1. Defectos en la morfología del diseño. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Depósito de material de soporte. Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Proceso de prototipado con defecto. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se puede observar que en el enmallado no se identifican variaciones topológicas y solo son evidentes en el modelo de prueba. De igual forma, en las corridas de simulación de prototipado en el software de Ultimaker Cura las fases de impresión no generan ningún error de secuencia o falta de información. Se opta por reparar y editar la malla:

1. Optimizar el número de nodos (reducción de poligonales).
2. Suavizado de malla.
3. Cierre de agujeros o superficies incompletas (operaciones de booleanas de unión).
4. Solucionar en la superficie, problemas de auto intersecciones (remallado)².

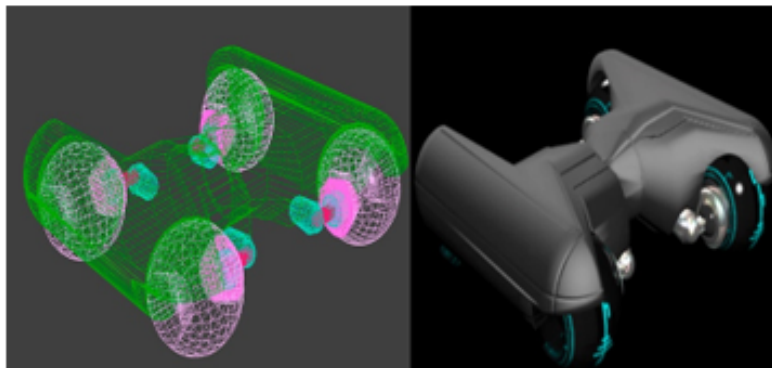


Figura 4. Detalle para análisis del enmallado y renderizado 3D. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk. Fuente: elaboración propia.

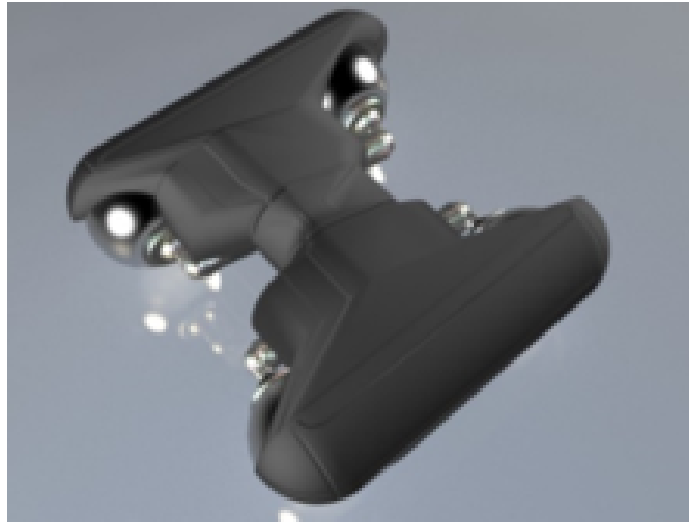


Figura 5. Diseño conceptual y render 3D. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk. Fuente: elaboración propia.

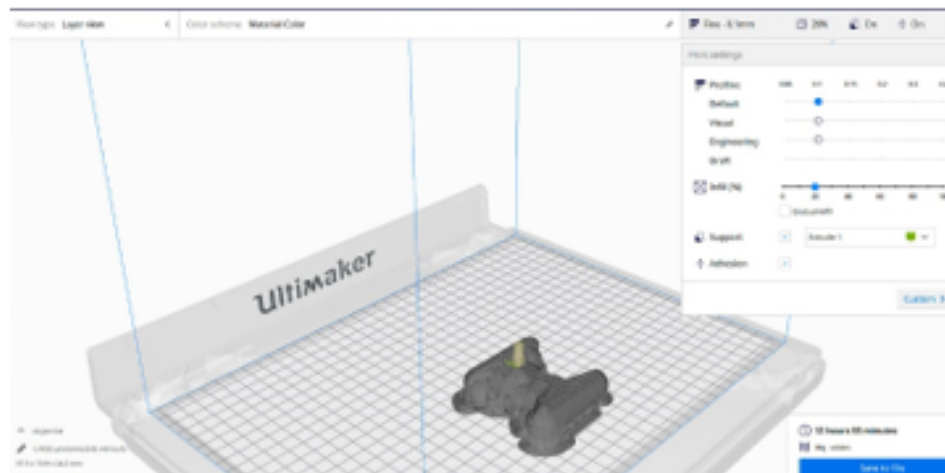


Figura 6. Emulación virtual de prototipado. Se empleó Ultimaker Cura Versión 4.6.1. Fuente: elaboración propia.

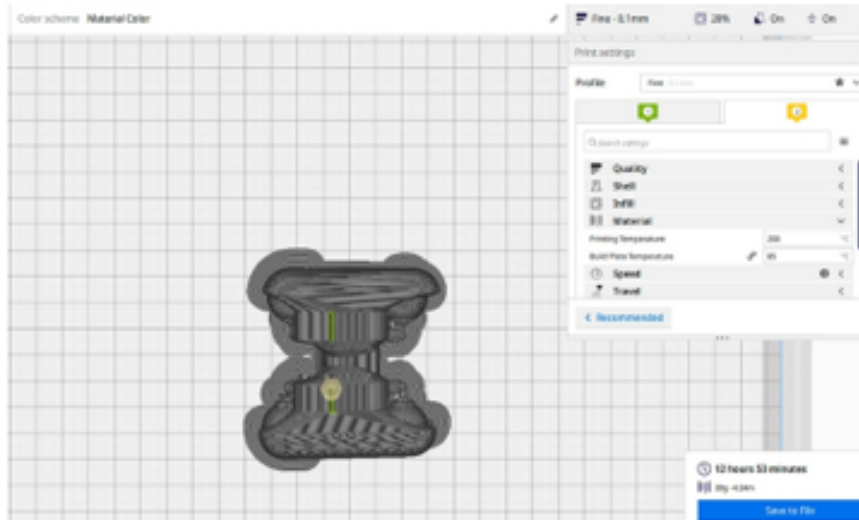


Figura 7. Emulación virtual de prototipado. Se empleó Ultimaker Cura Versión 4.6.1. Fuente: elaboración propia.

Resultados

Caso 1. Modelo morfológico por optimización topológica, para reducción de material y eficiencia estructural (modelo tibia-peroné/pantorrilla). Para el modelado se utilizaron los polígonos de Thiessen o diagramas de Voronoi⁷ (estructuras poligonales dentro de la geometría computacional), se controla la reducción de material de la estructura y se genera modelo STL (Probeta de testeo para impresión 3D). Se repara y edita la malla (por reducción de nodos) en el modelo STL.

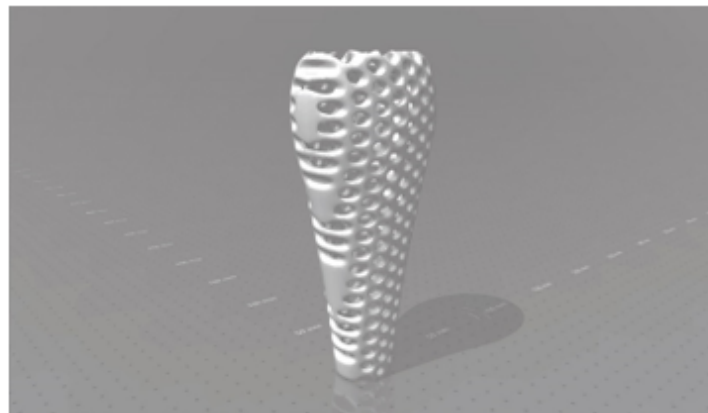


Figura 8. Deformación topológica diagramas de Voronoi. Se empleó Autodesk Meshmixer 2018. Fuente: elaboración propia.

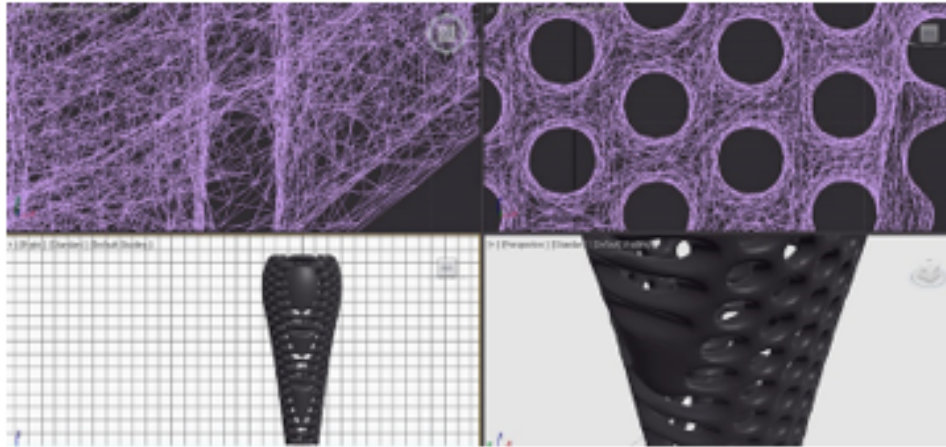
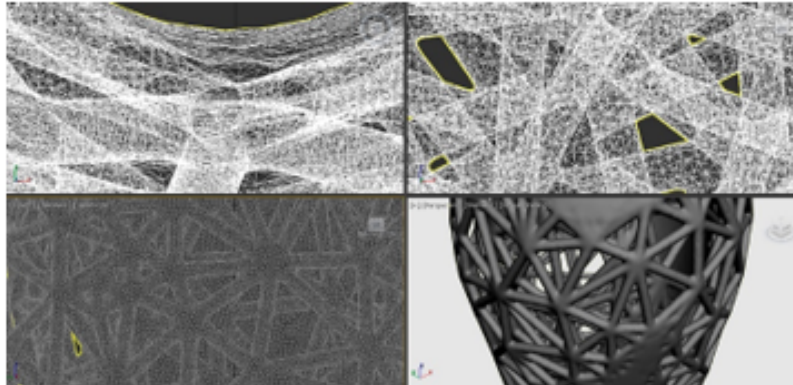


Figura 9. Estructura de enmallado, diagramas de Voronoi. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk. Fuente: elaboración propia.

Caso 2. Modelo morfológico por optimización topológica para reducción de material y eficiencia estructural (modelo tibia-peroné/pantorrilla)⁸. Se generó el modelo STL (Probeta de testeo para impresión 3D), para el modelado se utilizó una estructura por trabécula en la reducción de material y aligeramiento en el conjunto de la estructura. Se repara y edita la malla en el modelo STL. Propuesta de Prototipo con aplicaciones en prótesis y/o órtesis en el campo médico.

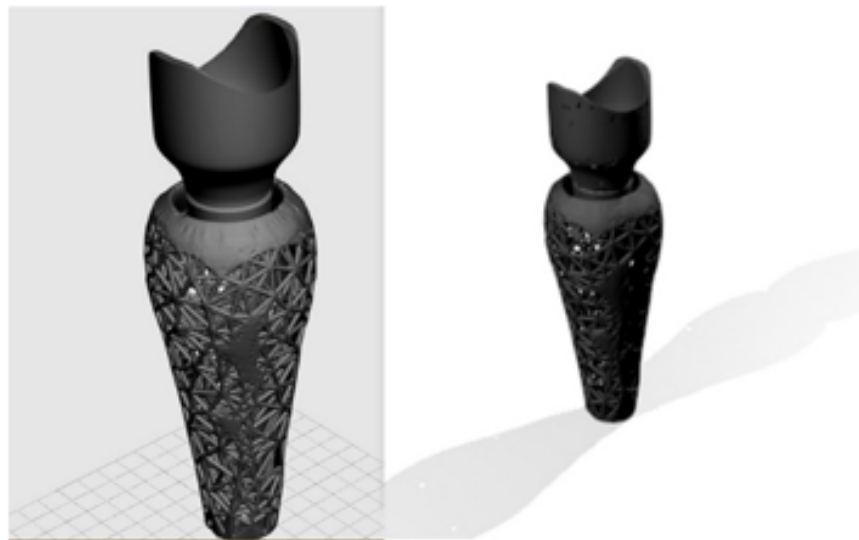


Figura 10. Deformación topológica estructura por trabécula. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk. Fuente: elaboración propia.



**Figura 11. Estructura de enmallado por trabécula. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk.
Fuente: elaboración propia.**

Al reducir la masa por estructuras poligonales, el comportamiento ante esfuerzos deformantes (tensión, compresión e impacto) como el aligeramiento de la pieza en el uso de materiales poliméricos de prototipado rápido como en metales ligeros por impresión 3D, permiten una infinidad de ventajas como aplicaciones en distintos productos estructurales. Una de ellas es la propuesta de prototipo con aplicaciones en prótesis y órtesis en el campo médico.



**Figura 12. Aplicación para prótesis transtibial. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk.
Fuente: elaboración propia.**



Caso 3. Modelo morfológico por deformación topológica para desarrollo y análisis de estructuras orgánicas. Se genera modelo STL (Probeta de testeo para impresión 3D). Para el modelo se utilizaron diagramas de Voronoi en las deformaciones superficiales y en las estructuras de modulación. Se cuidan aspectos de intersecciones y mallas reticulares seriadas. Propuesta de Prototipo con materiales traslúcidos o transparentes en aplicaciones ópticas o decorativas en iluminación.



Figura 13. Deformación topológica diagramas de Voronoi. Se empleó software 3D Max Studio 2018 de Autodesk. Fuente: elaboración propia.

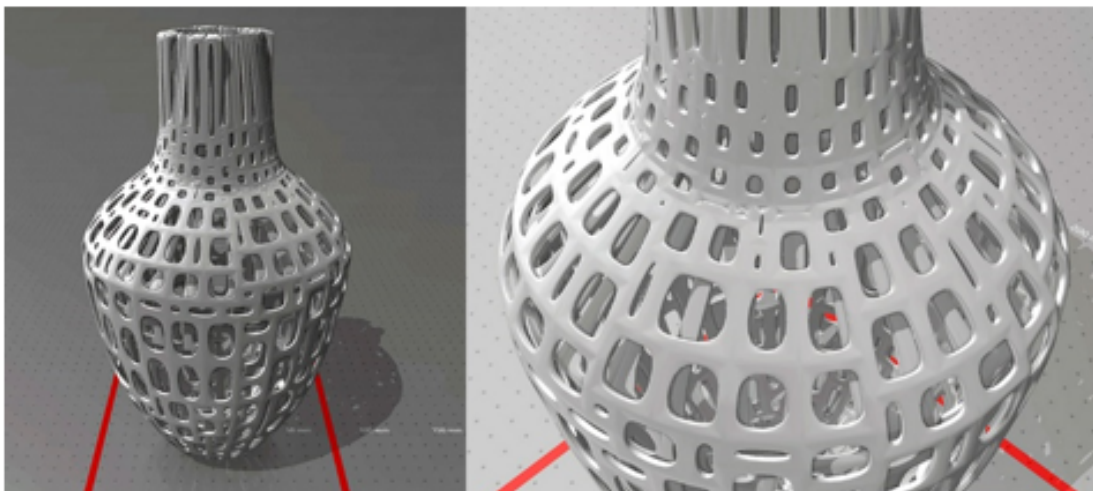


Figura 14. Modelos STL en interfaz de prototipado. Se empleó Apps Print 3D. Fuente: elaboración propia.



Discusión

Se observaron tanto la infinidad de comportamientos como la cantidad de información generada al deformar estas mallas; el caso analizado del vehículo y la interfaz de Ultimaker Cura 4.6 se corrió en modalidad de emulación para impresión 3D, no identificó la imperfección en la parte media del cuerpo, por consiguiente, en la prueba de testeo (simulación virtual) permitió corregir en la malla el defecto de nodos faltantes.

Otro aspecto más a observar es la compatibilidad de la plataforma y el manejo de archivos nativos relacionados; se analiza un incremento de superficies o nodos al importar al siguiente programa para su depuración (refinado de mallas) o salida (generación de código G).

Es condición inherente haber optimizado u suavizado enmallados para mejorar los tiempos del proceso de impresión o el uso de sólidos para un mejor reconocimiento, en los **casos 1,2**. La condicional es perder detalles de superficie, en la calidad morfológica del producto (**caso 3**).

Los resultados logrados en los casos observados son piezas de pequeño formato, el dilema será el comportamiento en la escalabilidad de los productos a formatos mayores. La metodología propuesta se desarrolló en el análisis de casos específicos con aplicaciones en distintos rubros, observando los aspectos de reducción de material, características estructurales como de aligeramiento del objeto y las posibilidades de utilizar nuevos materiales en los campos médicos con una

prospección muy amplia de aplicación en distintos sectores.

Conclusiones

De acuerdo con los objetivos que se mencionaron al inicio, y por lo tanto el manejo de mallas poligonales editables, permiten manejar morfologías complejas para el desarrollo de nuevos productos en el campo del diseño y generar lineamientos de control y/o revisión en la viabilidad técnica y productiva. Se observó en cada uno de los casos el comportamiento de los nodos como superficies, lo que permite homologar parámetros de control y seguimiento en la deformación topológica y como resultado de lo anterior se enlistan a modo de secuencia:

1. Modelar el objeto en 3D en programas CAD compatibles.
2. Exportar como archivos STL, OBJ, STEP, VRLM, AMF extensiones de archivo para las interfaces de impresión o manufactura CNC.
3. Revisar y reparar el modelo a exportar.
4. Reducir la cantidad de nodos en la malla por generación de sólidos (optimización de nodos).
5. Suavizado de mallas.
6. Realizar optimización geométrica (topológica): reducir peso, minimizar deslizamientos, reducir material.
7. Caracterización de enmallado de acuerdo con el perfil del producto.
8. Analizar contracción del material a enmallar, post proceso de impresión.
9. Determinar las restricciones de fabricación en el modelo de prueba a testeo.
10. Revisión de modelos impresos en su geometría.



11. Evitar generar modelos por la técnica de superficies o extrusión.
12. Separar carcasas, caras o vértices.
13. Resolución de solapamientos e intercepciones.
14. Filtrado de caras dobles, superficies invertidas.
15. Remallado.

Los alcances observados y las aplicaciones en los productos presentados son una parte del abanico de oportunidades que abre el manejo de la morfogénesis y el uso experimental con estas tecnologías de la manufactura aditiva. Este análisis pretende desarrollar las bases técnicas necesarias en un modelo propedéutico para aplicación en nuevos productos y líneas de investigación como en el desarrollo sustentable de nuevos materiales utilizados en la manufactura aditiva.

Se utilizó software con licencia educativa de Autodesk para las simulaciones o emulaciones específicas de la investigación, se menciona a continuación:

- Fusión 360 (CAD, CAE, CAM) para la parte de optimización topológica en la parte del Desarrollo de Diseño generativo.
- Meshmixer (modelado por patrones de Voronoi).
- 3D studio Max (modelado virtual 3D y enmallados por deformación topológica).
- Autodesk Netfabb (interfaz para impresión aditiva como optimización topológica y reparación de mallas).
- Ultimake cura 4.6.1 (interfaz para optimización de modelo para impresión manufactura aditiva).
- CatalystEX Versión 4.4 (interfaz de impresión 3D)



Referencias

1. RAMÍREZ, Francisco; SEPÚLVEDA, Esteban y MONTEALEGRE, Wilfredo. Mecanismos flexibles: desde el diseño conceptual hasta su manufactura. Revista Politécnica. [En línea], 2017. Vol. 13, núm. (24, pp. 66-67. [Fecha de consulta: 24 de mayo 2020]. Disponible en <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1091>, ISSN: 2256-5353
2. GÓMEZ, Sergio. Impresión 3D. 2ª. edición. Barcelona: Marcombo, 2016, pp.151-158. ISBN: 978-84-267-2353-6
3. CHRISTOPH, Rainer, MUÑOZ, Romeo y HERNÁNDEZ, Ángel. Manufactura Aditiva. Realidad y Reflexión. [En línea], 2016, (43):98. [Fecha de consulta: 24 de mayo 2020]. Disponible en <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2873/1/Manufactura%20aditiva.pdf> ISSN 1992-6510.
4. STRATASYS, Centro de soporte de Stratasys: ABSplus P430. 2021. [Fecha de consulta: 25 septiembre 2020]. Disponible en <https://support.stratasys.com/mx/materials/fdm-materials/absplus-p430/>
5. STRATASYS, Centro de soporte. Materiales de soporte: FDM. 2021. [Fecha de consulta: 25 septiembre 2020]. Disponible en <https://support.stratasys.com/es/materials/fdm-materials/fdm-support-materials/>
6. BORDIGNON, Fernando Alejandro; HAHN, Ángela e IGLESIAS, Alejandro. Diseño e impresión de objetos 3D: una guía de apoyo a escuelas. [En línea]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: UNIPE: EDITORIAL UNIVERSITARIA, 2018 [Fecha de consulta: 26 de julio de 2020]. Disponible en <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/980>, ISBN 978-987-3805-35-6.
7. GÓMEZ, Carlos y MEDELLÍN, Hugo. Diseño y optimización topológica de un implante craneal personalizado. XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM. (Cuernavaca, Morelos, México, 2017. Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, pp.215-218. Disponible en http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A1_145.pdf
8. SÁNCHEZ, A., CORONA, J. y POBLANO, C. Diseño y fabricación de estructura celular mediante manufactura aditiva para prótesis en acero inoxidable. CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN. (2018: Cortazar, Guanajuato, México). México: Memorias del Congreso Internacional de Investigación e Innovación. PERMUSA, S.C. 2018. pp. 7352-7359. Disponible en <http://www.congresoucec.com.mx/documentos/Memoria3.pdf>

Fecha de recepción**Fecha de aceptación****Fecha de publicación**

09/01/2021

23/03/2022

31/05/2022



Reconocimiento de objetos usando conjuntos pequeños de entrenamiento

Object recognition using small training sets

Felipe Trujillo-Romero /
Universidad de Guanajuato

Resumen

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema de reconocimiento de objetos, el cual utiliza solo cuatro vistas de cada objeto para entrenar a la red neuronal de Mapas Autoorganizados. Los objetos utilizados son los de la base de datos COIL-20. La extracción de características se realiza a partir del algoritmo de histogramas de gradientes orientados y sirven de entrada para la red neuronal. Para validar la robustez del sistema implementado se utilizó el método de validación cruzada. Con este método se mostró que el sistema tiene un porcentaje de reconocimiento del 85 %. Además, se encontró que el sistema de reconocimiento es estable a cambios en la posición de los objetos.

Palabras clave: redes neuronales; mapas autoorganizados; histograma de gradientes orientados; reconocimiento de objetos, validación cruzada.

Abstract

This paper presents the implementation of an object recognition system which uses only four views of each object to train the neural network of Self-Organizing Maps. The objects used are those of the COIL-20 Database. The feature extraction is carried out with the Oriented Gradient Histograms algorithm, and they are used as input for the neural network. To validate the robustness of the implemented system, the cross-validation method was used. With this method, it was shown that the system has a recognition percentage of 85%. Besides, it was found that the recognition system is stable to changes in the position of objects.

Keywords: neural networks; self-organizing maps; histogram of oriented gradients; object recognition, cross validation.



Introducción

De todas las distintas tareas que se realizan mediante el uso de algoritmos de visión por computadora, una de las más difíciles es la de poder analizar una escena y reconocer los objetos que se encuentran presentes en ella. Este proceso es el que se denomina en la literatura como **reconocimiento de objetos** y en términos generales se define como un problema de clasificación en el que el objetivo es etiquetar a un objeto como parte de una categoría específica. El reconocimiento se puede realizar sobre múltiples objetos en una escena o sobre objetos ya aislados. En este caso se enfocará en el reconocimiento de objetos donde las imágenes de prueba muestran un único objeto a reconocer.

Para el reconocimiento e identificación de objetos se han utilizado varias técnicas. Entre ellas se tiene la de detección de objetos, en las cuales se mencionan la coincidencia de plantillas, el reconocimiento basado en la forma, y el reconocimiento basado en el color/textura. La coincidencia de plantillas es un método que se basa en tener una imagen como plantilla y tratar de encontrar apariciones de esa plantilla en una imagen. Este método se utiliza con frecuencia con texto e imágenes sin color

El reconocimiento basado en formas consiste en detectar objetos utilizando sus formas. Los bordes de un objeto pueden permitir la mayor parte del tiempo hacer coincidir el objeto. Esta técnica se puede utilizar tanto para imágenes en color como para aquellas en escala de grises. El color, en este caso, no se considera un criterio de detección.

Sin embargo, el reconocimiento basado en colores consiste en utilizar el basado en formas y agregarle el criterio de color. En esta técnica, se comienza a tener en cuenta los colores. Estos se convierten en información adicional que puede ayudar aún más a identificar objetos que tienen histogramas de color particulares.

Teniendo en cuenta el hecho de que los objetos dentro de una escena pueden tener diferentes colores y tonos, además de poseer diferentes texturas, el uso de la coincidencia de plantillas y el reconocimiento basado en colores sería ineficaz. Por lo tanto, lo ideal es optar con un método basado en formas.

Dentro de este tipo de métodos basados en formas, uno de los más ampliamente utilizados es el Histograma de gradientes orientados¹ (*HOG*). Esta técnica de *HOG* se utiliza para extraer características de objetos después de un cambio en la intensidad.

Por lo tanto, siguiendo la distribución de esos gradientes de intensidad, los bordes de los objetos se resaltan para permitir extraer las características y discernir las formas con mayor claridad. Después de obtener su forma, el objeto se clasifica mediante una técnica de aprendizaje automático, en este caso se utilizó el método de las redes de Kohonen (también conocido como mapas autoorganizativos)².

Con la finalidad de validar el algoritmo propuesto en este trabajo se utilizaron las imágenes de los objetos contenidos en la base de datos COIL-20³. Una de las ventajas de utilizarla es que al ser una base de imágenes conocida se pudiera tener



un referente en cuanto al desempeño del sistema propuesto.

Además, es una de las bases de objetos de gran uso, como se puede ver en diversos trabajos de investigación.

Por ejemplo, Model y Shamir⁴ han realizado una comparativa entre varias bases de datos, pero resaltan el hecho de que la COIL-20 tiene objetos variados y es útil para tareas de reconocimiento.

Por su parte, Deng *et. al.*⁵ implementaron un sistema de reconocimiento de objetos basado en el modelado biológico de la visión humana usando la base de objetos de COIL-20.

Otro caso es el de la detección y el reconocimiento de dígitos escritos a mano (MNIST⁶), así como de los objetos presentes en la COIL-20 se realizó mediante el uso, principalmente, de la distancia de Hausdorff, por Bhadane *et. al.*⁷ y por Kumar *et. al.*⁸ respectivamente.

Mientras que Ou *et. al.*⁹ han usado un nuevo esquema llamado perceptrón bidimensional, también para el reconocimiento de dígitos presentes en la base MNIST y objetos de la COIL-20. Por su parte, Fang y Lin¹⁰ usaron un esquema multidimensional para el reconocimiento de MNIST y de COIL-20 principalmente; además de usar SOM como parte del sistema de reconocimiento.

Por lo que se refiere a Huang y Zhou¹¹, implementaron un mecanismo de reconocimiento con una red neuronal al que llamaron red de cápsulas con atención dual (DA-CapsNet0) para reconocer objetos

presentes en diferentes bases, entre ellas la MNIST y la COIL-20.

Además de los métodos de reconocimiento de objetos de la COIL-20 que se han mencionado en párrafos anteriores, también se han usado otros, como por ejemplo GIST y máquina de vector de soporte (SVM), implementado por Meera y Mohan¹². También se han usado los momentos radiales de Hahn, tanto en 2D como en 3D, basados en la representación polar de un objeto mediante polinomios de Hahn¹³. El descriptor basado en la transformada de Radon-Fourier ha sido implementado por Yang *et. al.*¹⁴ para reconocer la COIL-20. Mohan *et. al.*¹⁵ han implementado un sistema que utiliza momentos gaussianos de Hermite y SVM para reconocer objetos presentes tanto en la COIL-20 como en la COIL-100.

Implementaciones de redes neuronales de profundidad¹⁶ y redes convolucionales¹⁷, así como redes neuronales tradicionales¹⁸ también se han empleado para reconocimiento de estas bases de objetos.

Para finalizar con esta revisión, se mencionan los trabajos de Prabhu *et. al.*¹⁹, Qaraei *et. al.*²⁰ y Kim *et. al.*²¹, quienes han empleado otro tipo de métodos para llevar a cabo la tarea de reconocimiento de objetos orientado a bases de datos como la COIL-20. Por ejemplo, Prabhu *et. al.*¹⁹ han implementado redes neuronales pulsantes. Mientras que Qaraei *et. al.*²⁰ usaron un esquema de fusión de Análisis de componentes principales (PCA) con redes neuronales convolucionales como sistema de reconocimiento de objetos. Finalmente, Kim *et. al.*²¹ emplearon un sistema basado en inteligencia de enjambres para la



realización de generación de grupos (clusters) de las imágenes que componen cada uno de los objetos presentes en la COIL-20, entre otras bases.

Como se puede ver, los trabajos mencionados son solo algunos métodos que se han empleado para la detección y el reconocimiento de los objetos que se incluyen en diversas bases de datos, principalmente en la COIL-20.

Objetivos

Objetivo principal

Implementar un sistema que sea capaz de reconocer una serie de objetos a partir del aprendizaje de un conjunto reducido de vistas diferentes de cada uno de estos objetos.

Objetivos secundarios

- Utilizar una red neuronal con aprendizaje no supervisado, como lo son los mapas autoorganizados. Dicha red neuronal será el elemento principal del sistema de reconocimiento de objetos.
- Usar solo cuatro vistas diferentes de cada uno de los objetos, que proporcionen la mayor cantidad de características de este, con la finalidad de que el sistema de reconocimiento las aprenda y pueda reconocerlos desde cualquier punto de vista.
- Validar la estabilidad del sistema mediante el método de referencias cruzadas, usando diferentes

configuraciones de entrenamiento y prueba, pero con una selección aleatoria de elementos.

Planteamiento del problema

En este trabajo se aborda el problema de reconocimiento de objetos y se propone un esquema en el que se utiliza aprendizaje no supervisado sobre un conjunto mínimo de imágenes de los objetos a aprender, para su posterior reconocimiento.

En específico, lo que se propone es la extracción y generación de clústeres a partir de la distribución generada por el descriptor de los objetos utilizado. Una vez generados, los clústeres son etiquetados como pertenecientes a una misma clase o tipo de objeto u objetos si fuera el caso.

Se propone implementar un sistema de reconocimiento de objetos utilizando para ello una red neuronal autoasociativa como lo es la red de Kohonen. La entrada para esta red neuronal será el vector de características morfológicas basado en el histograma de gradientes orientados. Este será el descriptor de los objetos que se encuentran en la base de imágenes que se va a utilizar para entrenar, probar y validar el algoritmo a implementar.

La base de datos a utilizar será la generada por la Universidad de Columbia y que se denomina COIL-20 (Columbia University Image Library - 20). Esta base posee 72 imágenes de cada uno de los 20 objetos diferentes que incluye.

Ahora bien, para evaluar y validar el algoritmo de reconocimiento de objetos



a implementar, se realizarán tres tipos de experimentos.

El primero será usando 18 imágenes de cada objeto para entrenar la red. Estas imágenes estarán al mismo ángulo de separación unas de otras. Posteriormente, una vez entrenada la red, se podrá obtener el porcentaje de reconocimiento del sistema después de reconocer las 54 imágenes por objeto restantes. Esta tasa de reconocimiento servirá para establecer una referencia en este parámetro, pues lo que interesa es que el sistema empleado sea capaz de aprender con menos imágenes.

El segundo experimento será el objetivo principal de este trabajo. Es decir, se entrenará a la red de Kohonen con solo 4 imágenes por objeto, espaciadas 90° entre ellas. Esta prueba permitirá determinar si el planteamiento inicial es correcto o si sería necesario hacer ajustes a algún elemento del sistema de reconocimiento.

Finalmente, se realizarán pruebas de estabilidad y robustez al sistema mediante la utilización del método de referencias cruzadas. Aquí se tomarán diferentes conjuntos de imágenes espaciadas usando diferentes rangos angulares tanto para el entrenamiento como para la evaluación. Esto con la finalidad de determinar si el sistema empleado es consistente y por consecuencia robusto.

Método de trabajo

Base de objetos COIL-20.

La base de datos de imágenes COIL-203 consiste en una colección de imágenes

de 20 objetos diferentes, los cuales se muestran en la Figura 1. Las características de esta base son las siguientes:

1. De cada objeto se tiene una toma cada 5° hasta completar una perspectiva completa de 360° , con esto se tiene un total de 72 imágenes para cada uno de los objetos en la base, formando un total de 1,440 imágenes.
2. Estas imágenes se encuentran en escala de grises.
3. El tamaño de cada imagen es de 128×128 píxeles.
4. Los objetos tienen características similares (forma, color, entre otros)

De cada uno de estos 20 objetos se eligieron 4 vistas diferentes de tal forma que diera una apreciación del objeto. Estas vistas se encuentran a 0° , 90° , 180° y 270° . En la Figura 2 se muestran las cuatro vistas elegidas para uno de los objetos de la COIL-20.

La principal razón de solo utilizar 4 imágenes para el entrenamiento fue debido a la búsqueda de un conjunto mínimo de imágenes de un objeto que nos permita extraer las características relevantes de los objetos. Lo ideal es tener un sistema que sea capaz de reconocer un objeto con solo 1 vista del objeto. Sin embargo, la mayoría de las veces no es tan simple determinar, de manera automática, la vista que nos pueda proporcionar la mayor cantidad de información del objeto. Por esa razón, se optó por tener una imagen del objeto cada 90° empezando en 0° .



Figura 1. Base de objetos COIL-20³ <https://www.cs.columbia.edu/CAVE/software/softlib/coil-20.php>

Cabe mencionar que se puede tomar cualquier imagen inicial y a partir de ella considerar las siguientes imágenes cada 90°. Por ejemplo, si la imagen inicial fuera la de 25°, las otras tres restantes serían las que se encuentran a 115°, 205° y 295°.

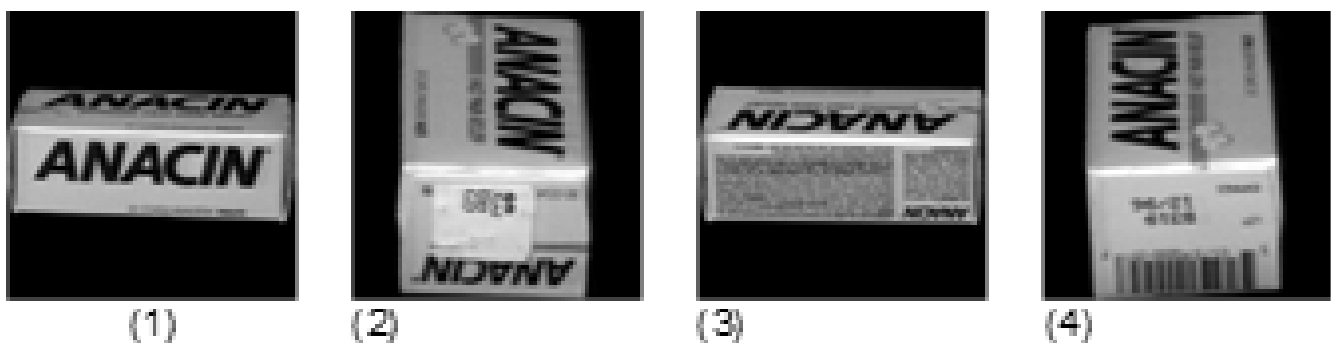


Figura 2. Vistas usadas para entrenar³: (1) 0°, (2) 90°, (3) 180°, y (4) 270°. <https://www.cs.columbia.edu/CAVE/software/softlib/coil-20.php>



Para denominar a las clases a las que pertenecen los objetos de la base COIL-20, se utilizó el número de objeto de acuerdo a como están ordenados en dicha base, así que las imágenes del objeto colocado en la primera posición dentro de la base de objetos pertenecerán a la clase número 1. De esta manera, las imágenes de los objetos mostrados en la Figura 1 les corresponderá la clase según el número que poseen. Por lo cual, a partir de ahora, al tratarse de una clase en particular, se hará referencia al número asociado al objeto.

Descriptor de imágenes

En este trabajo se decidió utilizar un descriptor que atendiera principalmente a las características morfológicas de los objetos, pero que a su vez fuese sencillo de implementar y utilizable en el contexto de una red neuronal sin necesidad de realizar muchos ajustes. Por esa razón se usó el histograma de gradientes¹ (*HOG*) como descriptor.

Este descriptor está basado en la idea de que la apariencia y forma de una región específica en un objeto pueden ser caracterizadas por la distribución de intensidad o dirección de los gradientes en dicha región, sin que sea necesario saber la posición exacta de dichos gradientes. Para crear un descriptor basado en *HOG* el proceso que se sigue es el siguiente:

1. La imagen se divide en celdas del mismo tamaño (*cells*). En este caso fue de 32 x 32 píxeles.
2. Para cada celda se obtiene la distribución de intensidades o direcciones de los gradientes medidos sobre cada pixel en la celda. Se calcula,

tanto en la dirección horizontal como en la dirección vertical, el operador de Sobel para la obtención del gradiente, el cual es el que se muestra en las ecuaciones 1 y 2.

$$G_x(x, y) = I(x + 1, y) - I(x - 1, y) \quad (1)$$

$$G_y(x, y) = I(x, y + 1) - I(x, y - 1) \quad (2)$$

Se obtiene de esta manera la relación para la magnitud del gradiente, el cual se utiliza como una aproximación del gradiente de la imagen de entrada. Esta aproximación del gradiente se calcula de acuerdo con la ecuación 3.

$$G(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad (3)$$

3. Así mismo, se puede calcular el ángulo que indica la dirección del gradiente obtenido, mediante la ecuación 4.

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)} \right) \quad (4)$$

4. El siguiente paso es crear los histogramas de cada celda. Este histograma se crea a partir de la dirección de cada pixel dentro de la celda, el cual emite un voto ponderado para un canal de histograma basado en la

orientación, según los valores encontrados en el cálculo del gradiente. Los contenedores para este histograma se distribuyen uniformemente en un rango de 0° a 180° usando 9 canales para almacenar los valores obtenidos.

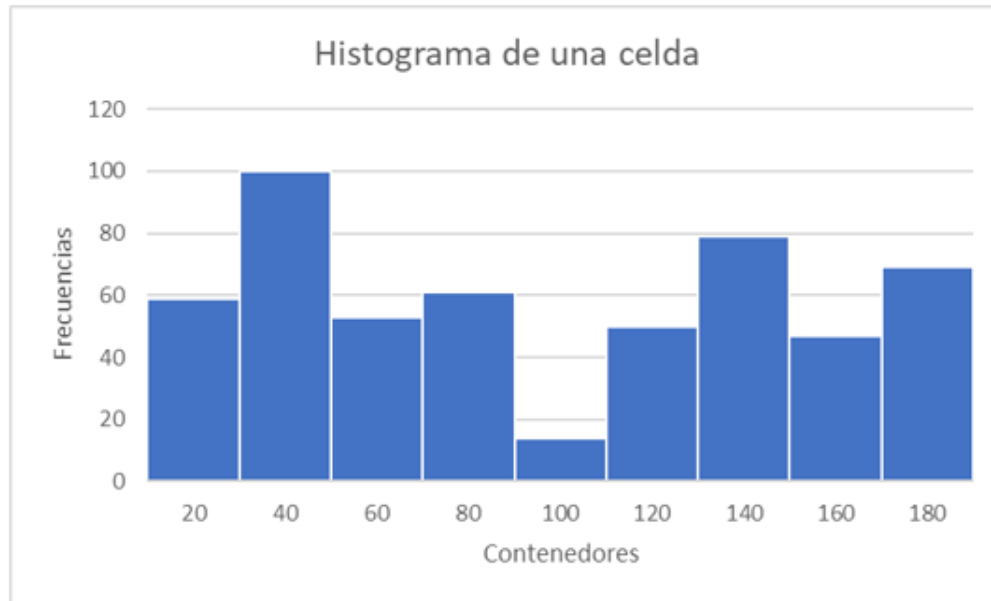


Figura 3. Ejemplo de un histograma de 9 contenedores de una celda de la imagen. Fuente: elaboración propia

En la Figura 3 se puede observar un ejemplo de este histograma generado en una celda determinada de la imagen. Aquí se observa que cada contenedor está centrado en 20° . Esto es debido a que se tiene un rango de 180° y se usan 9 contenedores, así que las frecuencias de las orientaciones por las que vota cada pixel se agrupan usando esta distribución.

5. Posteriormente estas distribuciones son normalizadas dentro de bloques (blocks) de mayor tamaño que agrupan varias celdas. Esta normalización se realiza mediante el uso de la relación de la L2-norma, que se puede observar en la ecuación.

$$L2 - norm, \quad v \leftarrow \frac{v}{\sqrt{\|v\|_2^2 + \epsilon^2}} \quad (5)$$



Donde v es el vector no normalizado que contiene todos los histogramas en un bloque dado, $\|v\|_k$ es su k -norma para $k = 2$ y ϵ es una constante pequeña.

6. Finalmente, las distribuciones ya normalizadas se combinan formando un descriptor que consta de 144 valores. Estos valores se obtienen a partir de las 16 celdas totales para cada imagen y de cada celda se obtiene un histograma de 9 contenedores, por lo que el producto de celdas totales por contenedores por celda es igual a 144.

Para la obtención de los descriptores de las imágenes se utilizó la implementación de *HOG* que contiene la librería *OpenCV*²². La configuración que se utilizó para obtener cada descriptor es: tamaño de celda de 32 x 32 píxeles, un tamaño de ventana de 64 x 64 píxeles y un corrimiento de 64 píxeles.

La selección del tamaño de celda de 32 X32 píxeles fue producto de la realización de diferentes pruebas con varios tamaños. Mediante esta experimentación se determinó que la dimensión de celda que tenía un desempeño similar al sugerido en el artículo de Dalal y Triggs¹ era la celda de 32 x 32. Este tamaño de celda era más rápido.

Además, considerando que este descriptor¹ se creó originalmente para detectar peatones, en el cual se usó un tamaño de imagen de 128 x 64. Sin embargo, en el caso de los objetos de la COIL-20 se usan imágenes de 128 x 128. Fue la celda de 32 x 32 la que se adaptó mejor tanto al tamaño de imágenes como a los objetos que se quería que el sistema aprendiera y reconociera posteriormente.

En la Figura 4(a) se observa una imagen del objeto número 1 cuya orientación es 0°. A esta imagen de entrada se divide en 4 bloques (ver la Figura 4(b)), donde, como se puede apreciar en la Figura 4(c), cada bloque a su vez contiene exactamente cuatro celdas. De cada una de estas celdas se extrae la distribución de dirección de los gradientes de la imagen de bordes del objeto, esto se puede ver en la Figura 4(d). Dicha distribución se almacena usando 9 contenedores igualmente espaciados, obteniéndose la imagen resultante de estos histogramas que se puede observar en la Figura 4(e).

Al final se toman los valores normalizados de distribución de cada celda y se obtienen los 144 valores de cada vector de características.

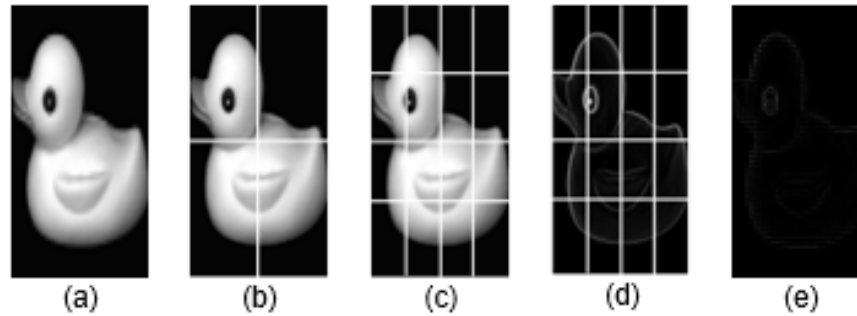


Figura 4. (a) imagen original, (b) 4 bloques, (c) 4 celdas por bloque, (d) imagen de gradiente, y (e) descriptor *HOG* obtenido. Fuente: elaboración propia

Mapa autoorganizado

Los mapas autoorganizados (SOM, por sus siglas en inglés) son un modelo de red neuronal artificial que es entrenada por aprendizaje no supervisado y obtiene una representación discreta del espacio de entrenamiento. Uno de los modelos más populares de SOM fue propuesto por el profesor Teuvo Kohonen, por lo que también se le conoce como Red de Kohonen².

La idea principal de este algoritmo es que, dado un conjunto A de vectores de entrada, también conocido como espacio de la red, la red de Kohonen tiene como objetivo generar una partición del conjunto A en m regiones disjuntas, a_1, a_2, \dots, a_m . (Ver las ecuaciones 6)

$$\begin{aligned}
 & a_i \cap a_j \neq 0, \text{ para } i \neq j \\
 & \bigcup_{i=1}^m a_i = A
 \end{aligned} \tag{6}$$

El objetivo es que la red de Kohonen “cubra” al conjunto A , de tal forma que para cada vector de entrada se active una y solo una neurona. Es decir, si el conjunto A se divide en m regiones, entonces la red de Kohonen debe contar con al menos m neuronas y cada neurona se especializará en una y solo una región.

Dicho de otra manera: la red de Kohonen realiza una clasificación de los vectores de entrada y estas clases definen una representación de la estructura del espacio de la red.



La malla que resulta de la red de Kohonen sobre el conjunto A se denomina mapa del espacio.

Por lo tanto, se puede ver a las redes de Kohonen como arreglos de neuronas con topologías de diferentes dimensiones $n - dimensional$, en donde la estructura de la red está formada por m neuronas y cada neurona recibe un vector de entrada X con n componentes. Cada neurona j , para $j = 1, \dots, m$, tendrá asociado un vector de pesos $W_j \in \mathbb{R}^n$ denominado centro de gravedad y servirá para obtener la salida correspondiente de la red. Entonces, cuando se presenta un vector de entrada a la red, a la neurona que proporcione la salida con valor mínimo se le denomina neurona ganadora y estará asociada a la clase que pertenece el vector de entrada.

Para encontrar la región a la que pertenece la neurona ganadora y por consiguiente el vector de entrada X , se calcula la distancia euclidiana entre X y cada uno de los vectores de pesos W_j , para $j = 1, \dots, m$.

La actualización de los pesos se realiza a partir de la vecindad de radio r de la red que está asociada a la $j - ésima$ neurona, y se define como el conjunto de neuronas localizadas hasta r posiciones de la neurona j . En el proceso de entrenamiento se define la fuerza de enlace entre dos neuronas j y k , como una función $\varphi(j, k, r)$ definida en la ecuación 7.

$$\varphi(j, k, r) = \begin{cases} 1, & \text{si } j = k \\ a, & a \in (0,1) \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (7)$$

Por lo tanto, la actualización de los pesos W_j , para $j = 1, \dots, m$, está dada por la ecuación 8.

$$W_j = W_j + \alpha \cdot \varphi(j, k, r) \cdot (X - W_j) \quad (8)$$

Donde α es el coeficiente de aprendizaje y por lo general $\alpha \in (0,1)$. El coeficiente de aprendizaje tiene como objetivo controlar la magnitud de la actualización de los pesos.

Con el conjunto de vectores de entrenamiento, el SOM construye un mapa y con el conjunto de prueba se realiza la clasificación de una entrada determinada. El algoritmo recibe el conjunto de vectores de entradas, el coeficiente de aprendizaje y el número de neuronas en la red.

En el presente trabajo, la estructura de la red neuronal de SOM que se utilizó estaba formada por una estructura rectangular de 5 x 5 celdas, lo que es igual a 25 neuronas, razón de aprendizaje de 0.2 y 600 épocas de entrenamiento.

Los parámetros utilizados para la configuración fueron elegidos mediante una serie de entrenamientos para determinar cuáles eran los valores más adecuados para cada uno de ellos.

En la Figura 5, se puede observar el histograma de épocas y las frecuencias para cada uno de los valores obtenidos. Este histograma se obtuvo a partir de 1000 entrenamientos realizados. Para cada uno de estos entrenamientos se recuperó la cantidad máxima de épocas en las cuales ya no existía una variación en el ajuste de los pesos de la red. Se puede apreciar que el valor máximo de épocas es de 600, razón por la cual se determinó este valor como el límite superior para este parámetro.



Figura 5. Frecuencias de épocas después de 1000 entrenamientos de la red neuronal. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, se tiene el valor de la razón de aprendizaje α . Para determinar el valor de alfa se realizó una serie de entrenamientos para encontrar cuál era el valor que daba una mejor tasa de reconocimiento. De igual manera que para determinar el valor de las épocas, se realizaron un conjunto de 1000 entrenamientos a partir de los cuales se eligió el valor de 0.2 para alfa, dado que este dio un mayor porcentaje de reconocimiento (ver la Figura 6).

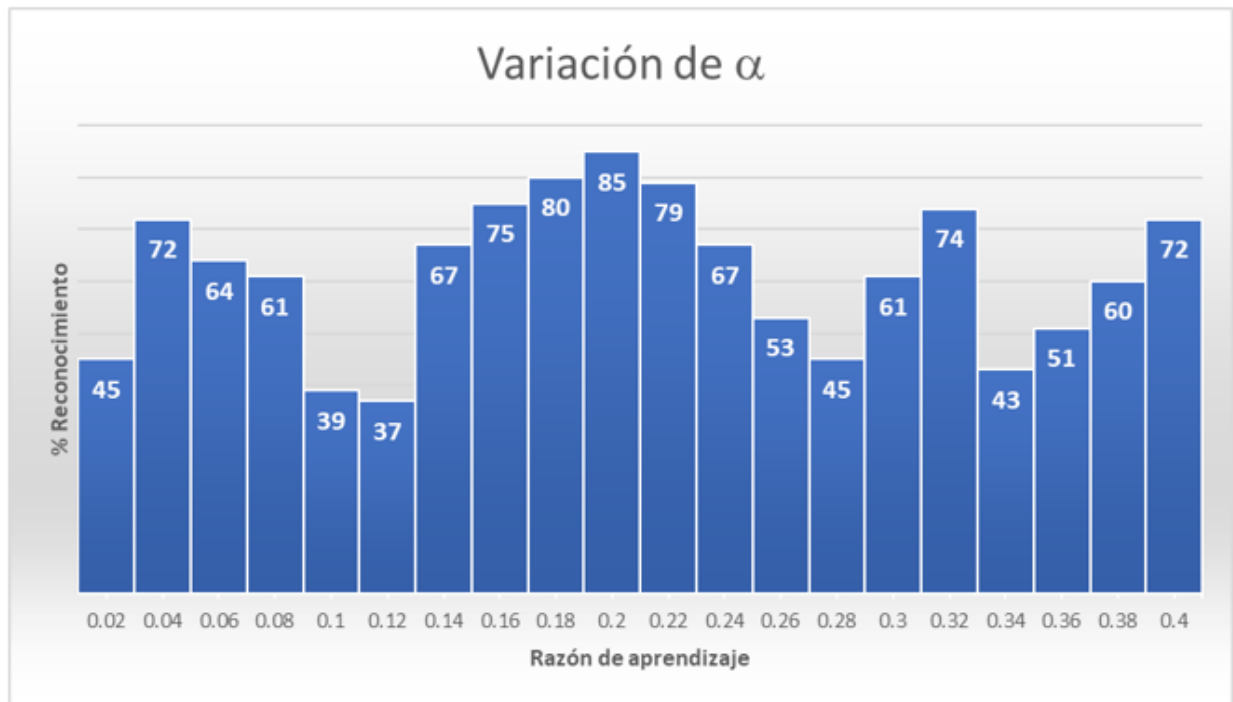


Figura 6. Tasa de reconocimiento para diferentes valores de α . Fuente: elaboración propia

Finalmente se tiene el valor de neuronas para el mapa de Kohonen. Cabe mencionar que este fue el más sencillo de determinar debido a que como eran 20 objetos los que se quería que la red neuronal aprendiera, y como la red requiere por lo menos una neurona por cada clase, es decir, por objeto, entonces solo se requerían 20 neuronas. Sin embargo, tanto la literatura como la experiencia propia en el uso de este tipo de sistemas indica que se deben agregar más neuronas que las clases a aprender. Por esa razón, se optó por el valor de 25 neuronas para generar un mapa cuadrado de 5 x 5 neuronas.

Sistema de reconocimiento

El diagrama que se muestra en la Figura 7 es el que se lleva a cabo para la realización del sistema de reconocimiento presentado en este trabajo. En la Figura 7, se pueden apreciar las dos fases del sistema: aprendizaje y reconocimiento. Durante la fase de aprendizaje se realiza el entrenamiento de la red neuronal, donde se ajustan los pesos de las conexiones de las neuronas. Aquí se generan las asociaciones de los datos que se presentan al SOM. Estas asociaciones son las que el sistema requiere para poder reconocer un nuevo vector de entrada; en el esquema de la Figura 7 esto se representa mediante la parte de almacenamiento de la base de conocimiento.

Siguiendo este esquema (Figura 7), la fase de reconocimiento se inicia con la obtención de los vectores a partir de la extracción de características. Esta extracción de características se realiza mediante el uso de *HOG* en las imágenes no usadas para entrenar el sistema. Este vector es evaluado por la red neuronal para generar la etiqueta del objeto reconocido.

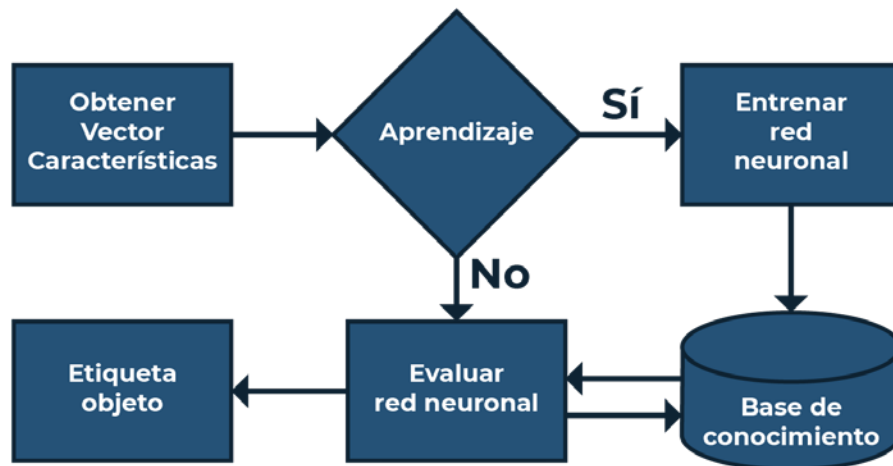


Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de reconocimiento. Fuente: elaboración propia.

Evaluación

Con el fin de obtener resultados preliminares que permitan al investigador tener una vista del comportamiento que tendrá la red con un conjunto más pequeño de datos de entrenamiento, se realizó una fase de prueba para evaluar el desempeño del sistema de reconocimiento.

Para llevar a cabo esta prueba se tomaron 18 imágenes por objeto para el entrenamiento con una distancia de separación de 20° entre ellas. Esta distancia se estableció debido a la relación de 360° que existen para las imágenes de un objeto y el número de imágenes a utilizar en el entrenamiento. Además, que se busca que sean de diferentes puntos de vista para tener una mejor caracterización del objeto.

Una vez entrenado el sistema se procedió a la etapa de reconocimiento. En esta etapa fueron usadas las 54 imágenes restantes, que se reservaron para realizar la evaluación. Es importante recordar que cada clase se compone de 72 imágenes, de ahí que, si se usaron 18 de ellas para entrenar el sistema, la diferencia con el total es de 54.



A partir de la evaluación realizada a la red neuronal implementada se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1, de la cual se pueden resaltar dos cosas principalmente. La primera es que se puede observar que existen varios objetos cuyas características son muy similares. Lo anterior se deduce del hecho de que se activan las mismas neuronas. Por ejemplo, en los objetos 3, 6 y 19, en los cuales son las neuronas 9, 15, 24 y 25 las que se activan con los vectores de características de dichos objetos. Cabe mencionar que este es un comportamiento deseado. Dicho comportamiento sería similar a lo que un ser humano sería capaz de determinar que los tres objetos (3, 6 y 19) pertenecen a los 3 carros de juguete y colocarlos en la misma clasificación. Por esta razón, el resultado obtenido por la red neuronal al asociar las imágenes que observa de diferentes objetos a una misma clase debido a que presentan similitudes morfológicas muy grandes entre ellos.

Algo similar sucede con los vectores provenientes de los objetos 5 y 9. Estos objetos pertenecen a dos cajas y de igual manera presentan características morfológicas que hacen ver a dichos objetos muy idénticos. Para estos objetos las neuronas que se activan son la 3, 6, 10 y 20.

Es importante resaltar que, en los dos casos anteriormente mencionados, las respectivas neuronas responden solo a descriptores de dichos objetos. Esto significa que al momento de que exista una posible confusión del vector de entrada que se está evaluando, dicha confusión siempre está relacionada con los objetos de características similares.

Dado que los objetos 3, 6 y 19 y los objetos 5 y 9 son reconocidos por el mismo grupo de neuronas respectivamente, entonces se pueden colocar en una sola clase cada uno de estos grupos de objetos.

Como segundo punto relevante, se observa que el objeto número 18 no es detectado por el sistema de reconocimiento. Y como se puede observar en la Tabla 1, de hecho, ninguna neurona se activa al vector de las características extraídas de las imágenes de este objeto. Por lo cual, el porcentaje de detección obtenido es del 0 %.



Tabla 1. Matriz de confusión para evaluación del sistema implementado. Fuente: elaboración propia

Neuronas	Objeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
13	1	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14 19	2	0	36	0	0	0	0	10	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 15 24 25	3	0	0	50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
17	4	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 6 10 20	5	0	0	0	0	36	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 15 24 25	6	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
18 23	7	0	8	0	0	0	0	42	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 6 10 20	9	0	0	0	0	17	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 22	11	0	9	0	0	0	0	7	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0
21	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0
4	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0
0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 15 24 25	19	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54

Con los resultados obtenidos se puede determinar que el porcentaje de detección del sistema es del 86.57 %. Finalmente, se puede verificar que el SOM implementado es robusto, ya que es capaz de detectar objetos que son parecidos y agruparlos dentro de una misma clase; aunque desafortunadamente hubo una clase que no logró detectar.



Resultados

Reconocimiento usando conjuntos pequeños de entrenamiento

Una vez que se tiene el sistema de reconocimiento evaluado y por consecuencia tener una referencia, es momento de entrenar la red neuronal, pero ahora con solo cuatro imágenes de cada uno de los objetos.

Es importante recordar que estas imágenes usadas para entrenar tienen una separación entre ellas para un mismo objeto de 90° , comenzando en 0° (véase la Figura 2).

Como ya se ha comentado, el objetivo es probar el sistema de reconocimiento usando solo un conjunto pequeño de imágenes por objeto. En este caso dicho conjunto pequeño estará formado por solo cuatro imágenes por objeto, que servirán para entrenar a la red neuronal, mientras que las otras 68 se dejarán para realizar la validación del aprendizaje.

Por lo que se entrena la red con 80 muestras totales para comparar el comportamiento que tiene respecto al entrenamiento previo usando 360 imágenes. La red neuronal usada en ambos experimentos es la que se menciona en la sección Mapa autoorganizado. Ya realizado el entrenamiento, se evalúan las imágenes restantes y en este caso se obtiene el resultado que se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Desempeño del sistema implementado con solo cuatro imágenes por objeto. Fuente: elaboración propia



En la Figura 8, es posible observar la manera como se comporta el sistema de reconocimiento al ser entrenado con un conjunto pequeño de imágenes de cada objeto. Se puede ver en la Figura 8, que el desempeño realizado es muy similar al obtenido en la etapa de evaluación presentada en la sección titulada Evaluación.

Los puntos que se pueden resaltar de estos resultados son los a continuación se comentan:

1. Se ve que sí fue posible que el objeto 18 sea reconocido, aunque muy pocas veces.
2. Existen 10 clases u objetos que se reconocen al 100 %.
3. De igual manera que, en el sistema previo, los objetos con características similares son asociados por las mismas neuronas.
4. El porcentaje de reconocimiento obtenido fue de 85.14 %.

De manera general, se observa que el porcentaje de reconocimiento es tan solo 1.43 % menor al que se tuvo con el entrenamiento usando 18 imágenes por objeto, por esto puede decirse que presenta un buen desempeño respecto a un sistema que requiere más imágenes para entrenarse.

Estabilidad del sistema

Finalmente, y con el propósito de evaluar tanto la estabilidad como la robustez del sistema, se propusieron diferentes configuraciones de entrenamiento/pruebas.

Estas pruebas se realizaron con la misma base de datos, pero haciendo uso de una selección aleatoria tanto de la cantidad de imágenes como del ángulo de estas. Para esta tarea se utilizó la técnica que se conoce como validación cruzada.

El objetivo que tiene el uso de la validación cruzada es reforzar los resultados obtenidos mediante un análisis estadístico, lo cual permite darles un cierto grado de generalidad. Además, evita el obtener una buena tasa de reconocimiento solamente por aleatoriedad en la selección de los datos de entrenamiento y validación.

Por lo tanto, la validación cruzada consiste en iterar un conjunto de datos que previamente se ha dividido en un grupo de entrenamiento y otro de validación. Sin embargo, para disminuir la variación en el resultado obtenido se debe de iterar sobre distintos grupos. Posteriormente, los resultados se combinan para obtener la estimación del rendimiento del sistema.

Por esa razón, se utilizaron dos esquemas de entrenamiento y pruebas. Cada uno de esos esquemas se realizó de la forma siguiente:



Esquema 1

Se crearon 6 grupos, compuesto cada uno por 12 imágenes deferentes de cada objeto. Los grupos se organizaron de acuerdo a las distancias angulares entre imágenes de la siguiente manera:

- i. Grupo 1, imágenes entre 0° y 55° .
- ii. Grupo 2, imágenes entre 60° y 115° .
- iii. Grupo 3, imágenes entre 120° y 175° .
- iv. Grupo 4, imágenes entre 180° y 235° .
- v. Grupo 5, imágenes entre 240° y 295° .
- vi. Grupo 6, imágenes entre 300° y 355° .

A partir de estos grupos se realizaron 5 niveles de pruebas, cada una de ellas para considerar diferente número de imágenes tanto de entrenamiento como de prueba. Entonces, en este esquema 1, se formaron los siguientes grupos tomando de forma aleatoria la cantidad de imágenes que se indica a continuación:

1. 2 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 6 imágenes para prueba.
2. 3 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 6 imágenes para prueba.
3. 4 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 6 imágenes para prueba.
4. 5 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 6 imágenes para prueba.
5. 6 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 6 imágenes para prueba.

Resumiendo: en el primer esquema se tomaron respectivamente, y de forma aleatoria 12, 18, 24, 30 y 36 imágenes para entrenamiento y en cada caso 36 imágenes aleatorias y diferentes para pruebas de validación.

Esquema 2

En este esquema se crearon solo 4 grupos, cada uno de ellos compuesto por 18 imágenes por objeto. De manera similar al esquema 1, los grupos se organizaron de acuerdo con las distancias angulares entre imágenes de la siguiente manera:

- i. Grupo 1, imágenes entre 0° y 85° .
- ii. Grupo 2, imágenes entre 90° y 175° .
- iii. Grupo 3, imágenes entre 180° y 265° .
- iv. Grupo 4, imágenes entre 270° y 355° .

Al igual que en el esquema anterior, también se realizaron 5 niveles de pruebas. En estos niveles se consideraron diferente número de imágenes para realizar el entrenamiento y su respectiva evaluación. Por lo que en este esquema se formaron los siguientes subgrupos, tomando aleatoriamente la cantidad de imágenes para entrenamiento y prueba que se



indica a continuación:

1. 3 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 8 imágenes para prueba.
2. 5 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 8 imágenes para prueba.
3. 7 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 8 imágenes para prueba.
4. 9 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 8 imágenes para prueba.
5. 10 imágenes de cada grupo para entrenamiento y 8 imágenes para prueba.

Por lo tanto, en el segundo esquema se tomaron respectivamente 12, 20, 28, 36 y 40 imágenes para entrenamiento y en cada caso 32 imágenes distintas para pruebas.

Obviamente, para cada uno de los esquemas se hizo la selección de los vectores de características de las imágenes de los objetos respectivos tanto para el entrenamiento de la red neuronal como para la evaluación. Esto con la finalidad de obtener el porcentaje de reconocimiento y poder establecer el parámetro de reconocimiento del sistema implementado. Para ello se realizaron en total 100 combinaciones de entrenamiento y pruebas, derivados de los esquemas descritos en los párrafos anteriores.

A partir de las pruebas realizadas con la validación cruzada se obtuvieron los resultados que a continuación se enlistan:

- Durante las iteraciones realizadas el peor porcentaje de reconocimiento que se obtuvo fue del 76 % y el mejor llegó a 89 %.
- De acuerdo con el esquema utilizado, ya sea 1 o 2, el promedio de reconocimiento oscila entre el 82.6 % y el 83.8 %, resultado que se muestra en la Figura 9.
- Tomando en cuenta el nivel de prueba y la cantidad de imágenes utilizadas para realizar el entrenamiento, el promedio de reconocimiento obtenido está en el rango del 80.8 % al 84.06 % tal y como se muestra en la Figura 10.
- El promedio de reconocimiento del número de iteraciones, 10 en este caso, se muestra en la Figura 11, dando como resultado promedio de reconocimiento en el rango del 81.3% al 83.9%.

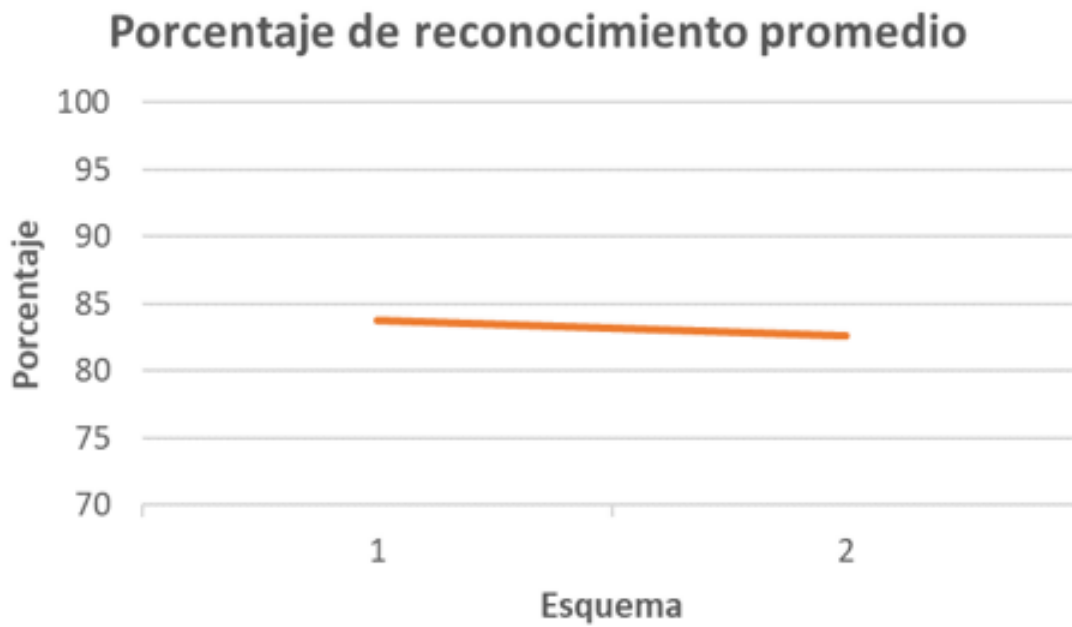


Figura 9. Tasa de reconocimiento según el esquema usado. Fuente: elaboración propia



Figura 10. Tasa de reconocimiento según el nivel de prueba. Fuente: elaboración propia



Figura 11. Tasa de reconocimiento según al número de iteración. Fuente: elaboración propia

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se puede comentar que el sistema es robusto y estable. Esto debido a que el porcentaje de reconocimiento obtenido está en el rango de los valores obtenidos en los experimentos mostrados en las secciones de Evaluación y Reconocimiento usando conjuntos pequeños de entrenamiento, lo que valida los resultados obtenidos por el sistema de reconocimiento implementado.

Conclusiones

En este trabajo se mostró cómo el sistema de reconocimiento de objetos formado por *HOG* y *SOM* es capaz de alcanzar un buen porcentaje de reconocimiento.

Además, una vez que ha sido configurado, es muy estable respecto a las imágenes que se utilicen para entrenamiento. Otra ventaja es que el mapa autoorganizado automáticamente asociará a la misma clase a los objetos con características geométricas similares.

A partir de los resultados obtenidos, las principales contribuciones que se hacen en este trabajo son:

1. Se propone un esquema de reconocimiento de objetos basado en un mapa autoorganizado que funciona con base en las características geométricas de los objetos.



2. Se muestra que el mapa autoorganizado tiene la capacidad para agrupar objetos con características geométricas similares.
3. Se muestra que el sistema es capaz de reconocer características de objetos similares usando en la fase de aprendizaje un porcentaje pequeño de estas.
4. Se demuestra que el sistema propuesto es estable.

Además, los resultados que se obtuvieron con la configuración propuesta demuestran un desempeño robusto con una tasa de reconocimiento que oscila entre el 80% y el 85%. Este es un buen porcentaje de reconocimiento considerando que no se aplicó ningún tipo de optimización ni en las imágenes de los objetos ni sobre el descriptor.

Finalmente, se comenta que el sistema muestra que es capaz de aprender las características de objetos similares con un conjunto pequeño de imágenes respecto del total.



Referencias

1. DALAL, N. and TRIGGS, B., 2005, Histograms of oriented gradients for human detection. *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05). 2005, San Diego, CA, USA.* [En línea]. Vol. 1, p. 886-893. [Fecha de consulta: 5 de marzo de 2021]. Disponible en <https://ieeexplore.ieee.org/document/1467360> ISSN: 1063-6919
2. KOHONEN, T. The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE.* Vol. 78, no. 9, p. 1464-1480. 1990. DOI 10.1109/5.58325. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
3. NENE, S.A., NAYAR, S.K. and MURASE, H. *Columbia Object Image Library (COIL-100)*. Technical Report CUCS-006-96. 1996. p. 1-6. Columbia University. [Fecha de consulta: 5 de julio de 2021]. Disponible en <https://www.cs.columbia.edu/CAVE/software/softlib/coil-20.php>
4. MODEL, I. and SHAMIR, L. Comparison of data set bias in object recognition benchmarks. *IEEE Access.* 2015. Vol. 3, p. 1953-1962. DOI 10.1109/access.2015.2491921. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ISSN: 2169-3536.
5. DENG, L., WANG, Y., LIU, B., LIU, WEIFENG and QI, Y., Biological modeling of human visual system for object recognition using GLoP filters and sparse coding on multi-manifolds. *Machine Vision and Applications.* 2018. Vol. 29, no. 6, p. 965-977. DOI 10.1007/s00138-018-0928-9. Springer Science and Business Media LLC.
6. LI DENG, 2012. The MNIST Database of Handwritten Digit Images for Machine Learning Research [Best of the Web]. *IEEE Signal Processing Magazine.* noviembre 2012. Vol. 29, no. 6, p. 141-142. DOI 10.1109/MSP.2012.2211477. ISSN: 1053-5888
7. BHADANE, Jayesh; MHATRE, Chetan y CHAUDHARI, Arvind. Object Detection using Hausdorff distance. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).* 2020. Vol. 07, no. 04, p. 4. ISSN: 2395-0056
8. KUMAR, K. S., MANIGANDAN, T., CHITRA, D. and MURALI, L. Object recognition using Hausdorff distance for multimedia applications. *Multimedia Tools and Applications.* 2020. Vol. 79, no. 5-6, p. 4099-4114. Springer Science and Business Media LLC. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11042-019-07774-z>
9. OU, Jun, LI, Yujian y LIU, Wei, TDP: Two-dimensional perceptron for image recognition. *Knowledge-Based Systems.* Vol. 195, p. 105615. 11 de mayo 2020. DOI 10.1016/j.knosys.2020.105615.
10. FANG, Chieh-Ning y LIN, Chin-Teng, Multi-Subspace Neural Network for Image Recognition. *Arxiv Cornell University.* En línea]. Vol. abs/2006.09618. 17 de junio de 2020. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2021]. Recuperado a partir de <https://arxiv.org/abs/2006.09618>
11. HUANG, Wenkai y ZHOU, Fobao. DA-CapsNet: dual attention mechanism capsule network. *Scientific Reports.* diciembre 2020. Vol. 10, no. 1, p. 11383. Diciembre 2020. DOI 10.1038/s41598-020-68453-w.
12. MEERA, M.K. and MOHAN SHAJEE, B.S. Object recognition in images. 2016



- International Conference on Information Science (ICIS)*. Kochi, India. 12-13 de agosto de 2016. P. 126-130. DOI 10.1109/infosci.2016.7845313. ISBN: 978-1-5090-1988-5
13. EL MALLAHI, M., ZOUHRI, A., EL AFFAR, A., TAHIRI, A. and QJIDAA, H. Radial Hahn Moment Invariants for 2D and 3D Image Recognition. *International Journal of Automation and Computing*. Vol. 15, no. 3, p. 277-289. 21 de junio de 2017. DOI 10.1007/s11633-017-1071-1.
 14. YANG, J., ZHANG, L. and LI, P. Radon–Fourier descriptor for invariant pattern recognition. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*. Vol. 17, núm. 02, p. 1940004. 2019. DOI 10.1142/s0219691319400046. ISSN: 0219-6913
 15. MOHAN, B Chandra, CHAITANYA, T Krishna y TIRUPAL, T, Fast and Accurate Content Based Image Classification and Retrieval using Gaussian Hermite Moments applied to COIL 20 and COIL 100. En *10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. 6-8 de julio de 2019. Kanpur, India. Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN: 978-1-5386-5907-6
 16. PESTEIE, Mehran, ABOLMAESUMI, Purang y ROHLING, Robert, 2018. Deep Neural Maps. *Arxiv Cornell University*. [En línea]. 16 octubre 2018. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021]. Recuperado a partir de: <http://arxiv.org/abs/1810.07291>
 17. CHENNIAPPAN, Thilagavathy y REGHUNADHAN, Rajesh. Rough Image Based Ensemble of Convolutional Neural Networks for Object Recognition. *International Journal of Engineering Research and Technology*. Vol. 12, no. 6, p. 7. 2019. ISSN: 0974-3154
 18. SACCO, Ludovica, IENCO, Dino e INTERDONATO, Roberto. A neural network strategy for supervised classification via the Learning Under Privileged Information paradigm. *SEBD 2021: The 29th Italian Symposium on Advanced Database System*. Septiembre 5-9 de 2021, Pizza Calabro, Italia.
 19. PRABHU, V. S., RAJESWARI, P. y BLESSY, Y. M. A Novel Method for Object Recognition with a Modified Pulse Coupled Neural Network. En: SENGODAN, Thangaprakash, MURUGAPPAN, M. y MISRA, Sanjay (eds.), *Advances in Electrical and Computer Technologies*. Singapore: Springer. 2021. p. 521-531. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. ISBN 9789811590191.
 20. QARAEI, Mohammadreza, ABBAASI, Saeid y GHIASI-SHIRAZI, Kamaledin Randomized non-linear PCA networks. *Information Sciences*. Vol. 545, p. 241-253. 4 febrero 2021. DOI 10.1016/j.ins.2020.08.005.
 21. KIM, Younghoon, LEE, Minjung y KIM, Seoung Bum. Swarm ascending: Swarm intelligence-based exemplar group detection for robust clustering. *Applied Soft Computing*. Vol. 102, p. 107062. 1 de abril de 2021. DOI 10.1016/j.asoc.2020.107062.
 22. OpenCV: cv::HOGDescriptor Struct Reference. 2021. *Docs.opencv.org* [online].

Fecha de recepción

Fecha de aceptación

Fecha de publicación

05/07/2021

11/02/2022

31/05/2022



Adecuación de SCRUM a la gestión ágil de proyectos en un Centro de Cooperación Academia-Industria

Adaptation of SCRUM to agile project management in an Academy- Industry Cooperation Center.

**Luis Fernando Alva Legorreta, Esmeralda Ángeles Cruz, Rocio Rubio Nieto y José Luis Soriano Ávila/
Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán (TESJo)**

Resumen

El objetivo de esta investigación fue adaptar el marco ágil Scrum al proyecto Asimed Service, como una propuesta para mejorar la planeación de proyectos de investigación y desarrollo en el CCAI (Centro de Cooperación Académica e Industrial). Al considerar que el desarrollo de nuevos productos se lleva a cabo en ambientes cambiantes, donde se encuentran diferentes personas y culturas, se requiere trascender de la planeación tradicional y/o predictiva a una evolutiva. Este marco de gestión ágil es el adecuado, ya que aporta valor en periodos cortos de tiempo, basado en tres pilares: transparencia, inspección y adaptación.

Como resultado se aprecia un ahorro aproximado del 20 % de tiempo total en la ejecución de un proyecto en el CCAI: utilizando la planeación tradicional, en promedio desarrolla el producto en seis meses, utilizando el marco ágil Scrum se consiguió en cuatro meses; además de proporcionar un ritmo de trabajo continuo y evolutivo.

Palabras clave: Gestión de proyectos, Scrum Master, diseño de nuevos productos, aplicación móvil.

Abstract

The aim of this research was to adapt the agile Scrum Master methodology to the Asimed Service project, as a proposal to improve the planning of research and development projects at CCAI (standing for Centro de Cooperación Académica e Industrial). Bearing in mind that the development of new products is carried out in changing environments, where not only different people are found, but also different cultures, it is required to go beyond traditional and/or predictive planning to an evolving one. This agile management framework is the right one because according to Encarna Abellán, it is characterized by providing value in short periods of time based on three pillars: transparency, inspection and adaptation.

As a result, an approximate saving of 20% of total time can be seen in the execution of a project in the CCAI: using traditional planning, on average the product is developed in six months, while using the agile frame Scrum framework the product was achieved in four months; it provided a continuous and evolutionary pace of work.

Keywords: Project management, Scrum Master, new product design, mobile application.



Introducción

Cuando se trata de la mejora de procesos, generalmente existen dos técnicas: la mejora continua o la reingeniería. Como lo menciona Larson¹, la elección depende de que tan “sólidos” sean los procesos, si son sólidos (funcionales) no será necesario reestructurarlos, o solo con la mejora continua será suficiente; por el contrario, si los procesos son “caóticos” o inexistentes la reingeniería sería la mejor opción. Larson también aporta una tabla comparativa entre mejora continua y reingeniería, esta es útil para facilitar la elección del uso de una u otra técnica:

Tabla 1. Mejora continua vs Reingeniería. Fuente: Larson, 2016¹

	¿Uso de Mejora Continua?	¿Uso de Reingeniería?
Suposición	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso es sólido • El proceso es estable y puede ser fácilmente documentado 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso no es sólido u obsoleto • El proceso no es estable
Estilo	<ul style="list-style-type: none"> • Analítico 	<ul style="list-style-type: none"> • Sintético
Esencia	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso existe y su desempeño es correcto • Ejemplo: el proceso actual está trabajando, pero solo necesita una pequeña mejora 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso no existe o es muy caótico: • Nuevo proceso para soportar a un nuevo servicio en línea. • Nuevo tipo de cliente o paciente que requiere un nuevo proceso.
Enfoque	<ul style="list-style-type: none"> • Una mejora incremental le proporcionará el resultado que necesita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una mejora incremental no es suficiente.



Nivel	<ul style="list-style-type: none">• Los supuestos fundamentales sobre cómo se realiza el trabajo siguen siendo los mismos (micro)	<ul style="list-style-type: none">• Los supuestos fundamentales sobre cómo se realiza el trabajo han cambiado (macro)• Nuevas regulaciones• Nueva tecnología clínica• Nuevo hallazgo de la ciencia médica
Cambio	<ul style="list-style-type: none">• Limitado	<ul style="list-style-type: none">• Holístico
Meta	<ul style="list-style-type: none">• De mejora	<ul style="list-style-type: none">• Deliberadamente desafiante o ambiciosa.
Disciplina	<ul style="list-style-type: none">• Ingeniería Industrial	<ul style="list-style-type: none">• Investigación y desarrollo-Innovación
Dominio	<ul style="list-style-type: none">• Necesidad de mejorar algunos procesos que no son los centrales del negocio.	<ul style="list-style-type: none">• Existe una necesidad para desarrollar o rediseñar los principales procesos centrales que afectan a una gran parte de la organización.
Rol ejecutivo	<ul style="list-style-type: none">• Necesita un Campeón ejecutivo (apoyo)	<ul style="list-style-type: none">• Necesita la aceptación de arriba hacia abajo de líderes clínicos y administrativos senior para que ocurra el cambio (liderazgo)
Alcance	<ul style="list-style-type: none">• Extendido	<ul style="list-style-type: none">• Concentrado en iniciativas estratégicas
Rol de TI	<ul style="list-style-type: none">• Incidental	<ul style="list-style-type: none">• Fundamental



Por otra parte, Dumas *et al*² mencionan que, en cualquier organización, la innovación se lleva desde el producto hasta los procesos; la innovación en el producto permite desarrollar nuevos productos o agregarle mejores características, la innovación en los procesos se enfoca en el rediseño de los procesos centrales que apoyan el posicionamiento del producto, tal como la manera en que se adquiere o se proporciona servicio a este. Para hacer este rediseño de procesos y clarificar el objetivo de la reestructuración, se considera el llamado “The Devil’s Quadrangle” (Figura 1), donde se debe analizar que la dimensión del desempeño buscado (Tiempo, Calidad, Flexibilidad o Costo) no afecte de manera crítica a las demás; se debe buscar un equilibrio entre las cuatro dimensiones ya que están interrelacionadas y cambiar una afecta a los demás.

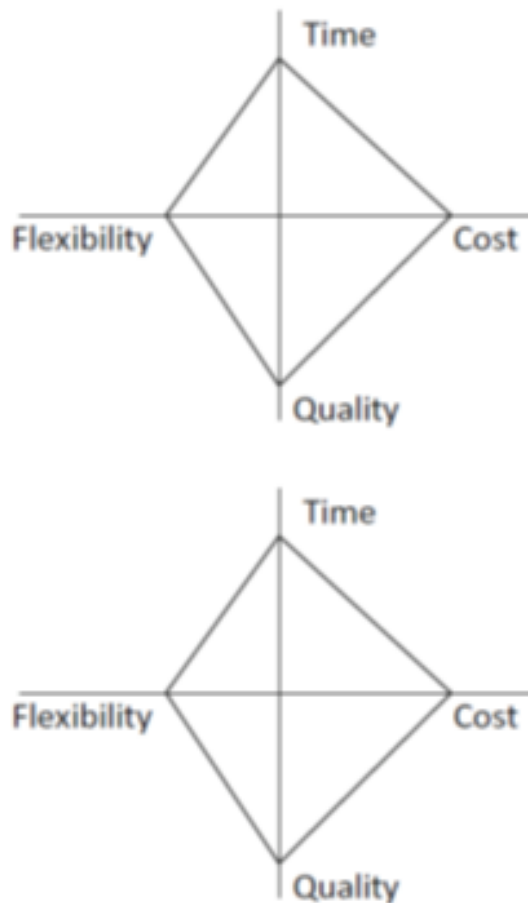


Figura 1. The Devil's Quadrangle. Fuente: .Dumas *et al*²



En la reingeniería de negocios, mencionan Hammer y Champy³, lo importante es “cómo queremos organizar el trabajo”, teniendo en cuenta el mercado y la tecnología actual, ya que muchos de los procesos de los negocios responden a necesidades y circunstancias de los inicios de la especialización del trabajo. La reingeniería se enfoca en cambios radicales en lugar de mejoras incrementales, solo se debe estar seguro que realmente es necesaria, ya que es “empezar de nuevo” y, como lo definen Hammer y Champy: “Reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costo, calidad, servicio y rapidez”.³

La gestión de proyectos tradicionalmente se compone de cuatro etapas: planificación, preparación, implementación y cierre⁴. Dentro de la etapa de planificación se desarrolla una estructura de “desglose” del trabajo en tareas y subtareas, con la secuencia y tiempos estimados para su realización, en implementación se considera: la supervisión, el control, comunicación y la gestión de problemas.

En 1986 se publica en Harvard Business Review el artículo llamado “The new product development game”, por Hirotaka Takeuchi e Ikujiro Nonaka⁵, donde se sientan las bases de lo que después sería conocido como el “Método Scrum para la gestión de proyectos de innovación” o también llamado “Gestión ágil de proyectos”. El documento hace un análisis de los características que compartían empresas que habían tenido éxito en el desarrollo de nuevos productos y encontraron que destacan seis aspectos: inestabilidad incorporada, equipos de

proyectos autoorganizados, fases de desarrollo superpuestas, multi-aprendizaje, control sutil y transferencia organizacional del aprendizaje.

Scrum, definido por sus creadores Jeff Sutherland y Ken Schwaber : “Es un marco de trabajo liviano que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptativas para problemas complejos”⁶.

El propósito de este artículo es demostrar la utilidad del marco de gestión ágil llamado “Scrum” en proyectos de investigación en el Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán (TESJo), ya que esta institución educativa de nivel superior cuenta con uno de los primeros Centros de Cooperación Academia-Industria (CentrosCAI) en México, que siguen el modelo de educación superior de Corea del Sur para una vinculación más estrecha entre las empresas de la región, personas investigadoras y estudiantes de la institución. Esto puede ser útil para que el CCAI resuelva sus investigaciones o proyectos de manera rápida, y así satisfaga al cliente a través de una entrega temprana y continua, se trabaje de manera unida, y exista motivación en todo momento del proyecto, así como una comunicación eficiente y efectiva. Así mismo, se puede maximizar la cantidad de trabajos de una manera simple sin dejar de lado la atención continua, ya que esto va a aumentar la agilidad; todo ello corresponde al marco “Scrum”.



Objetivo general

Adecuar el marco ágil de proyectos Scrum para contribuir a la reducción del tiempo de entrega en los proyectos que se realizan en el Centro de Cooperación Académica e Industrial.

Planteamiento del problema

El Centro de Cooperación Academia e Industria (CCAI) desarrolla sus proyectos haciendo uso de la gestión de proyectos tradicional, dentro del cual existen algunos inconvenientes debido a la naturaleza de la institución, en la que se trabaja por semestres, esto ocasiona cambios en las condiciones y recursos como la participación de alumnos, periodos vacacionales, horarios etc.

Mejorar la respuesta a las demandas del CCAI para el desarrollo de nuevos productos se propone plantear una reingeniería tomando en cuenta los factores listados en la Tabla 1 (Mejora continua vs. Reingeniería), donde los factores de Esencia, Enfoque, Nivel, Cambio, Meta, Disciplina y Dominio, justificarían el uso de esta técnica.

Tabla 2. Justificación del uso de reingeniería en el caso del CCAI del Tecnológico de Jocotitlán. Fuente: elaboración propia

Factor	Uso de Reingeniería	Justificación
Esencia	<ul style="list-style-type: none"> Nuevo proceso para soportar a un nuevo servicio en línea. Nuevo tipo de cliente o paciente que requiere un nuevo proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Los proyectos de nuevos productos o servicios suelen ser muy especializados y particulares cada proyecto tiene distinta complejidad.



Enfoque	<ul style="list-style-type: none">• Una mejora incremental no es suficiente.	<ul style="list-style-type: none">• Tratar de cubrir las variantes y complejidad de cada proyecto con procesos estandarizados como la gestión tradicional no sería opción, se necesita un nuevo enfoque en la flexibilidad de los procesos.
Nivel	<ul style="list-style-type: none">• Los supuestos fundamentales sobre cómo se realiza el trabajo han cambiado (macro)<ul style="list-style-type: none">• Nuevas regulaciones• Nueva tecnología clínica• Nuevo hallazgo de la ciencia médica	<ul style="list-style-type: none">• Cada proyecto lleva consigo normas particulares y así como tecnologías diferentes.
Cambio	<ul style="list-style-type: none">• Holístico	<ul style="list-style-type: none">• Es necesaria una interacción permanente entre todos los involucrados
Disciplina	<ul style="list-style-type: none">• Investigación y desarrollo-Innovación	<ul style="list-style-type: none">• El CCAI está orientado al desarrollo e Innovación en la región.
Dominio	<ul style="list-style-type: none">• Existe una necesidad para desarrollar o rediseñar los principales procesos centrales que afectan a una gran parte de la organización.	<ul style="list-style-type: none">• Es necesario hacer cambios radicales para atender o mejorar la demanda de servicios del CCAI.



Con base en la definición de Reingeniería, que plantea “un rediseño radical” de los procesos, se propone la implementación de la técnica Scrum que sustituiría a la gestión tradicional de proyectos con el objetivo de contribuir en la reducción de tiempos de entrega de un proyecto y así proporcionar un ritmo de trabajo continuo y evolutivo.

Se utiliza como caso de estudio el proyecto “Asimed Service”, dedicado a desarrollar una aplicación móvil para conectar a practicantes del área de odontología con las personas que viven en zonas marginadas ubicada en el municipio de Jocotitlán, México.

Método de trabajo

Se utilizó como guía para la aplicación de Scrum: “Scrum Master” versión 3.04, de Scrum Manager⁷.



Figura 2. Las reglas de Scrum. Fuente: Scrum Master⁷

Es de gran importancia resaltar los componentes del marco estándar de Scrum, los cuales son:

1. **Roles:** son todas las personas que ocupan un papel en el proceso con diferentes niveles de compromiso y responsabilidad .

**Tabla 3. Roles. Fuente: elaboración propia.**

Personas involucradas	Compromiso
Equipo	Tiene espíritu de colaboración y un propósito común (responde en conjunto).
Propietario del producto	Persona responsable de lograr el mayor valor de producto para los clientes (Dueño del proyecto).
Scrum Master	Persona responsable del funcionamiento de las reglas de Scrum.

2. **Artefactos:** son herramientas que flexibilizan la eficiencia del proceso de Scrum.

Tabla 4. Artefactos. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Definición
Pila del producto	Registra y prioriza los requisitos desde el punto de vista del cliente. (Check list)
Pila del Sprint	Refleja los requisitos desde el punto de vista del equipo.
Incremento	Resultado de cada Sprint.



3. **Eventos:** Se detallan las tareas que constituyen la rutina de trabajo en Scrum.

Tabla 5. Eventos. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Definición
Sprint	Duración de cada tarea. (La duración no debe exceder de cuatro semanas).
Reunión de planificación del Sprint	Determina el objetivo-tarea necesario a conseguir. (Marca el inicio de cada Sprint 4 horas).
Scrum diario	Reunión diaria para confirmar avances de las tareas. (No dura más de 15 minutos).
Revisión del Sprint	Análisis e inspección del resultado generado del Sprint. (Puede durar una o dos horas como máximo cuatro horas).
Retrospectiva del Sprint	Reunión al finalizar el Sprint (analizar y crear plan de mejora para aplicarlo en la siguiente iteración).

Para la implementación del marco ágil Scrum, se utilizaron distintas herramientas con la finalidad de llevar a cabo todas las mejoras en cada Sprint.

- Se ocupó Microsoft Teams para las reuniones (planificación, diaria, de revisión del Sprint, reunión de retrospectiva), lo que permitió la interacción correcta entre todas las personas involucradas en el proyecto.
- Se realizó un tablero Kanban, utilizando Miro® (pizarra *online* gratuita), una aplicación colaborativa para intercambiar ideas y ponerlas en acción de manera que la totalidad de integrantes puedan visualizar y/o actualizar de manera conjunta las tareas pendientes, en curso y terminadas.
- Se elaboró un diagrama *Burn Down Chart*, el cual muestra el rendimiento del equipo representando una serie temporal de trabajo pendiente para observar el avance diario de manera gráfica. El equipo lo actualiza durante el Sprint para monitorizar el

ritmo de avance. En el eje Y se representan los puntos de trabajo que aún faltan por realizar; en el eje X se representan los días del Sprint.

En el gráfico se encuentra el eje vertical que muestra la medida de trabajo pendiente que puede ser tareas, puntos de historia de usuario, entre otros; en la línea horizontal se ve la medida de tiempo (horas, días, minutos, semanas, etc.) y la línea de color rojo representa el progreso real en el tiempo⁷.

Enseguida se presenta la descripción del marco ágil que se elaboró para la reducción de tiempo en el proyecto *Asismed Service*:

Se hizo una reunión con el cliente con el propósito de definir la pila de producto para conocer los requisitos desde el punto de vista del cliente hacia la aplicación.

Luego de conocer la opinión del cliente se agendó una reunión con los Scrum Masters, el propietario del producto y el equipo desarrollador para definir los roles.

Se estableció el objetivo de alcanzar los diferentes niveles de compromiso y responsabilidad entre las partes implicadas.

Tabla 6. Involucrados en el proyecto. Fuente: elaboración propia

Comprometidos	
Propietario del producto	Paloma Rodríguez Cruz
Equipo de desarrollo	Alondra Diego Garduño, Sarahí Rosas Monroy y Héctor Martínez Rodríguez
Implicados	
Otras partes interesadas	Zona rural de "Jocotitlán"
Scrum Master	Luis Fernando Alva Legorreta, Esmeralda Ángeles Cruz, Rocío Rubio Nieto y José Luis Soriano Ávila

Antes de la planeación del Sprint, el propietario del producto definió las historias de usuario junto con el Scrum Master, dando a conocer sus necesidades para, de esta manera, ayudar a priorizar las tareas a realizarse dentro del Sprint.

Se elaboraron las historias de usuario, el registro en donde se colocó un ID. Se descompusieron en tareas de menor tamaño, normalmente de un día de trabajo como máximo.



ID – Asimed_1	Nombre: Registro de pacientes
Descripción:	
Cómo [rol del usuario]	
¿Quién?	
Quiero ¿Qué quiere? [objetivo]	
Para ¿Cuál es el beneficio?	
Condiciones: Estimación: (0-100)	
Prioridad:	

Figura 3. Historia de usuario. Fuente: elaboración propia.

Se hizo la pila del Sprint refinando la pila en donde el propietario del producto, junto con el equipo de trabajo, leyó cada historia de usuario; el propietario de producto se encargó de decidir cuáles son las historias de usuario con más prioridad, tomando en cuenta ahora la opinión del equipo, y se otorgó un intervalo de 0 a 100 para que las y los integrantes pudieran estimar la dificultad y/o trabajo necesario de cada historia de usuario. Esta actividad se realizó con la finalidad de agregar aspectos que se consideren importantes o hacer ajustes pertinentes (colocar requerimientos muy claros con más detalles). Esto se hizo con todas las historias de usuario.

Posteriormente inició el primer Sprint el 30 de septiembre 2020, con la finalidad de observar en cada reunión las mejoras que se podían hacer, esto permitió tener un mayor control de los resultados y, en consecuencia, un proyecto bien realizado, organizado y en un mínimo de tiempo.

Se hizo un acompañamiento al propietario del producto y al equipo desarrollador en la realización de los Sprints cada dos semanas, y se verificó que la asignación de avance en la gráfica fuera colocada correctamente.

Primer Sprint

Se recolectó información necesaria para el registro de datos sobre paciente, practicante y sus citas en la aplicación.

Planeación del Sprint

Organizar las tareas eficazmente a través de determinar la prioridad, de acuerdo con la necesidad de cada historia de usuario.

**Tabla 7. Planeación del Sprint, primer Sprint. Fuente: elaboración propia.**

Prioridad	Descripción	Estimación (Semanal)									
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Muy alta	Registro de paciente	■	■	■	■						
Alta	Registro de practicante				■	■	■	■			
Media	Registro de citas								■	■	■

Sprint diario

Objetivo: Registrar las tareas para llevar un control de las mismas y se entreguen en tiempo y forma.

A continuación se muestra el Sprint 1, formado por tres historias de usuario descompuestas en tareas previstas, la cual ayudará a estimar el tiempo de realización de cada uno.

Tabla 8. Sprint diario, primer Sprint. Fuente: elaboración propia.

Día	Categoría	Tareas	Responsable	Estimado (0-100)
Registro de paciente				
Miércoles 30/09/2020	Registro	Especificaciones para el registro de pacientes	Ga. A	100
Jueves 01/10/2020	Registro	Avance del código para el registro del paciente	Mtz. H	93
Viernes 02/10/2020	Registro	Terminación del código para el registro del paciente	Mtz.H	86



Lunes 05/10/2020	Evaluación	Aprobación del código para el registro del paciente y a su vez se hablará sobre el registro de practicantes	R. S	64
Registro de practicante				
Día	Categoría	Tareas	Responsable	Estimado (0-100)
Martes 06/10/2020	Registro	Ejecución del código para el registro de los practicantes	Mtz. H	57
Miércoles 07/10/2020	Registro	Terminación del código para el registro del practicante	Mtz. H	50
Jueves 08/10/2020	Evaluación	Aprobación del código para registro de practicantes	Ga. A	43
Registro de citas				
Viernes 09/10/2020	Registro	Comienzo del código para el registro de la agenda	R. S	36
Lunes 12/10/2020	Registro	Comienzo del código para el registro de la agenda	Ga. A	14
Martes 13/10/2020	Diseño	Avance del diseño de la agenda.	R. S	7
Miércoles 14/10/2020	Diseño	Avance del diseño de la agenda.	R. S	0

Burn Down Chart

El diagrama que se muestra a continuación permite extrapolar si el equipo podrá completar el trabajo en el tiempo estimado. En él se incluye la fecha, el avance esperado contra lo real. En este primer Sprint, desde el inicio de semana se finalizaron con las tareas de cada día, muy por debajo del tiempo esperado, es decir, se cumplieron con los puntos de historia de cada usuario en el tiempo ideal.

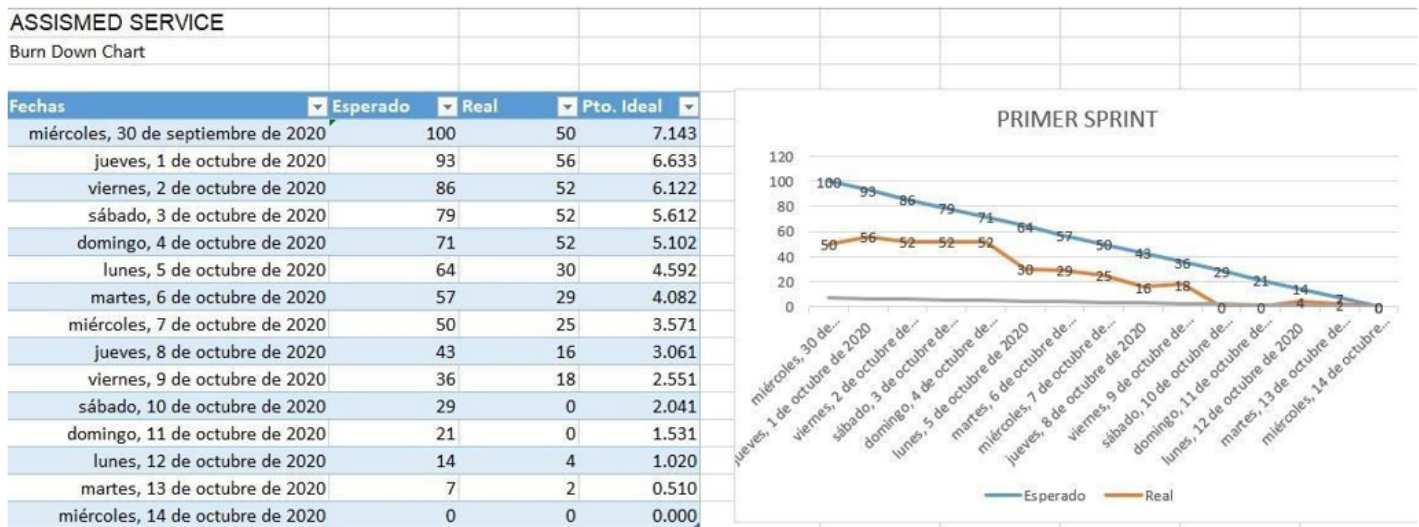


Figura 4. Burn Down Chart, primer Sprint. Fuente: elaboración propia.

Kanban

El tablero Kanban implementado en el proyecto permite visualizar la gestión de las tareas a medida que fluyen, de manera que se evita la pérdida de tiempo entre el término de una tarea y el inicio de la siguiente, y se tiene claramente el orden de las tareas. En este primer Sprint hubo un avance, ya que solo quedaron dos actividades por hacer.

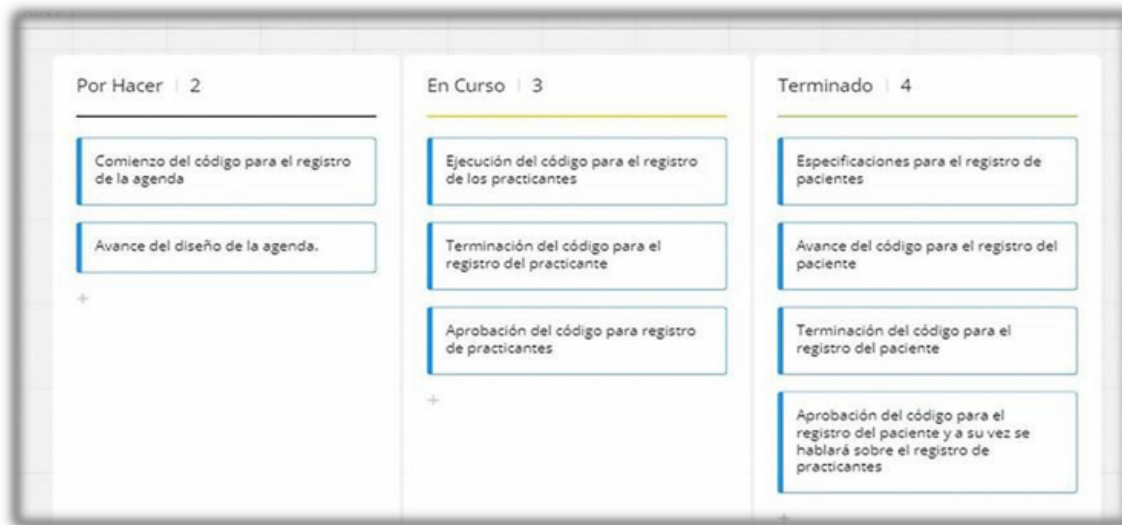


Figura 5. Kanban, primer Sprint. Fuente: elaboración propia.

Retrospectiva del Sprint

Al término del Sprint debe realizarse la “Retrospectiva del Sprint”, la cual tiene por objetivo analizar aspectos operativos de la forma de trabajo del equipo y crea un plan de mejoras, para que se aplique en la siguiente iteración.

Tabla 9. Retrospectiva del Sprint, primer Sprint. Fuente: elaboración propia

¿Qué salió bien en la iteración?	¿Qué no salió bien en la iteración?	¿Qué mejoras vamos a implementar en la próxima iteración?
<ul style="list-style-type: none"> El análisis de los requerimientos fueron los adecuados. Se pudo hacer en menor tiempo algunas actividades en proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Los datos requeridos no son suficientes. El diseño es muy simple y no es atractivo para el público. El código de la agenda tuvo errores, por lo que no se cumplió al 100 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Crear pantalla de bienvenida (ventana de inicio), antecedentes de la empresa, teléfono de servicio al cliente, correo electrónico de la empresa. Añadir e investigar datos requeridos. Partir de lo general a lo particular. Verificar que los tiempos se planifiquen en horas y no en semanas.



Segundo Sprint

Cumpliendo con el marco planeado, en el segundo Sprint se tuvo por objetivo mejorar los procesos que intervienen en la aplicación. Su planeación incluía coordinar las tareas tomando en cuenta las mejoras previstas para un resultado optimizado. En este segundo Sprint hubo fluctuaciones en la realización de las actividades por terminar, ya que había tres por hacer y tres en curso.

Planeación del Sprint

Coordinar las tareas tomando en cuenta las mejoras previstas para un mejor resultado.

Tabla 10. Planeación del Sprint, segundo Sprint. Fuente: elaboración propia.

Prioridad	Descripción	Estimación (Semanal)										
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	
Muy alta	Actualización pila producto (iteración 1)	■	■									
Muy alta	Registro de paciente		■	■								
Muy alta	Registro de practicante		■	■	■							
Alta	Registro de citas					■	■					
Alta	Codificación de la política de privacidad					■	■	■				
Media	Calificación y comentarios para el practicante								■			
Media	Codificación del diseño de la aplicación									■	■	



Sprint diario

Objetivo: anotar las tareas llevando un control de las mismas.

Se muestra el Sprint 2, formado por seis historias de usuario, que a su vez se subdividen en tareas previstas: esta subdivisión ayudó a estimar el tiempo de realización de cada uno.

Tabla 11. Sprint diario, segundo Sprint. Fuente: elaboración propia.

Día	Categoría	Tareas	Responsable	Estimado (0-100)
Actualización pila producto (iteración 1)				
Jueves 15/09/2020	Actualización de datos	Corroborar que los datos obtenidos sean los correctos y concisos (duda)	R. S	100
Registro de paciente				
Viernes 16/09/2020	Registro	Terminación del código de la agenda	Mtz. H	100
Lunes 19/09/2020	Evaluación	Finalización del perfil del paciente	Ga. A	93
Registro del practicante				
Martes 20/09/2020	Evaluación	Finalización del perfil del practicante	Ga. A	86
Miércoles 21/09/2020	Diseño	Rediseño de la agenda	Mtz. H	79
Jueves 22/09/2020	Evaluación	Culminación de codificación de la agenda	R. S	71
Codificación de la política de privacidad				
Viernes 23/09/2020	Registro	Codificación de la política de privacidad	Ga. A	50



Lunes 26/09/2020	Evaluación	Verificación de la política de privacidad	Ga. A	43
Calificación y comentarios para el practicante				
Martes 27/09/2020	Registro	Codificación de calificación y comentarios	R. S	36
Codificación del diseño de la aplicación				
Miércoles 28/09/2020	Evaluación	Finalización de códigos para asignación de calificación y comentarios para practicante	Mtz. H	29
Jueves 29/09/2020	Diseño	Rediseño de la codificación de la aplicación	Mtz. H	21

Burn Down Chart

El diagrama, mostrado a continuación permite extrapolar si el equipo podrá completar el trabajo en el tiempo estimado. En él se incluye la fecha, el avance esperado contra lo real. En este segundo Sprint hubo días de la semana en donde las tareas resultaron ser no finalizadas en el tiempo esperado y subió por encima, pero al término de la última semana fue por debajo; se cumplieron con los puntos de historia de cada usuario en el tiempo ideal.



Figura 6. Burn Down Chart, segundo Sprint. Fuente: elaboración propia.



Burn Down Chart

En este segundo Sprint hubo fluctuaciones en la realización de las tareas por terminar, ya que había tres por hacer y tres en cursos.

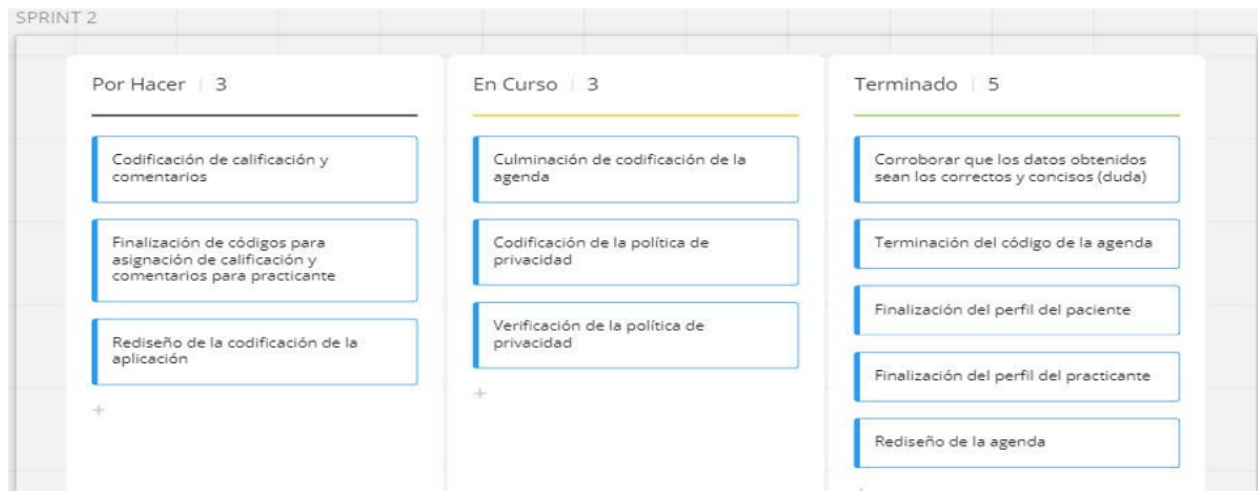


Figura 7. Kanban, segundo Sprint. Fuente: elaboración propia.

Retrospectiva del Sprint

Se realizó el análisis del segundo Sprint, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 12. Retrospectiva del Sprint, segundo Sprint. Fuente: elaboración propia.

¿Qué salió bien en la iteración?	¿Qué no salió bien en la iteración?	¿Qué mejoras vamos a implementar en la próxima iteración?
<ul style="list-style-type: none"> El diseño de la aplicación es atractivo. Se especificaron los datos para obtener más información sobre los usuarios. Ya existe una base de datos para la agenda. 	<ul style="list-style-type: none"> El código no genera notificaciones a pacientes ni practicantes ante una cita previa. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del código a profundidad.



Tercer Sprint

En seguimiento al marco planeado, se originó un tercer Sprint, que tuvo por objetivo el desarrollo preliminar de la aplicación para su buen funcionamiento en cuanto a agendar cita y la notificación al usuario. En este tercer Sprint ocurrió un gran avance, solo una actividad por hacer y todas las demás finalizadas.

Planeación del Sprint.

Organizar tareas para el diseño y prototipado de la aplicación corroborando el buen funcionamiento de la misma.

Tabla 13. Planeación del Sprint, tercer Sprint. Fuente: elaboración propia.

Prioridad	Descripción	Estimación (Semanal)										
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	
Muy alta	Notificaciones pacientes	■	■									
Muy Alta	Notificaciones practicantes		■	■	■	■						
Alta	Plataforma digital						■	■	■			
Alta	Subir aplicación a plataforma								■	■	■	

Sprint diario

Objetivo: anotar las tareas, llevando un control de las mismas.

Se muestra el Sprint 3, formado por tres historias de usuario, que a su vez se subdividen en tareas previstas, esta subdivisión ayudó a estimar el tiempo de realización de cada uno.



Tabla 13. Planeación del Sprint, tercer Sprint. Fuente: elaboración propia.

Día	Categoría	Tareas	Responsable	Estimado (0-100)
Viernes 30/09/2020	Registro	Terminación del código de la agenda	Mtz. H	100
Lunes 02/10/2020	Registro	Finalización del perfil del paciente	R. S	93
Martes 03/09/2020	Registro	Finalización del perfil del practicante	Ga. A	86
Miércoles 04/10/2020	Evaluación	Rediseño de la agenda	Mtz. H	79
Jueves 05/10/2020	Evaluación	Culminación de codificación de la agenda	Mtz. H	71
Política de privacidad				
Viernes 06/10/2020	Registro	Codificación de la política de privacidad	R. S	50
Lunes 09/10/2020	Registro	Verificación de la política de privacidad	R. S	43
Calificación y comentarios				
Martes 10/10/2020	Registro	Codificación de calificación y comentarios	Ga. A	36
Miércoles 11/10/2020	Diseño	Finalización de códigos para asignación de calificación y comentarios para practicante	Ga. A	29



Jueves 12/10/2020	Diseño	Rediseño de la codificación de la aplicación	Mtz. H	21
Viernes 13/10/2020	Diseño	Rediseño de la codificación de la aplicación	Mtz. H	0

Burn Down Chart

El diagrama, mostrado a continuación permite extrapolar si el equipo podrá completar el trabajo en el tiempo estimado. En él se incluye la fecha, el avance esperado contra lo real. En este tercer Sprint hubo solo un día donde subió por encima del tiempo esperado, sin embargo, durante el resto de esta iteración se mantuvo por debajo del tiempo y se cumplió con los puntos de historia de cada usuario en el tiempo ideal.

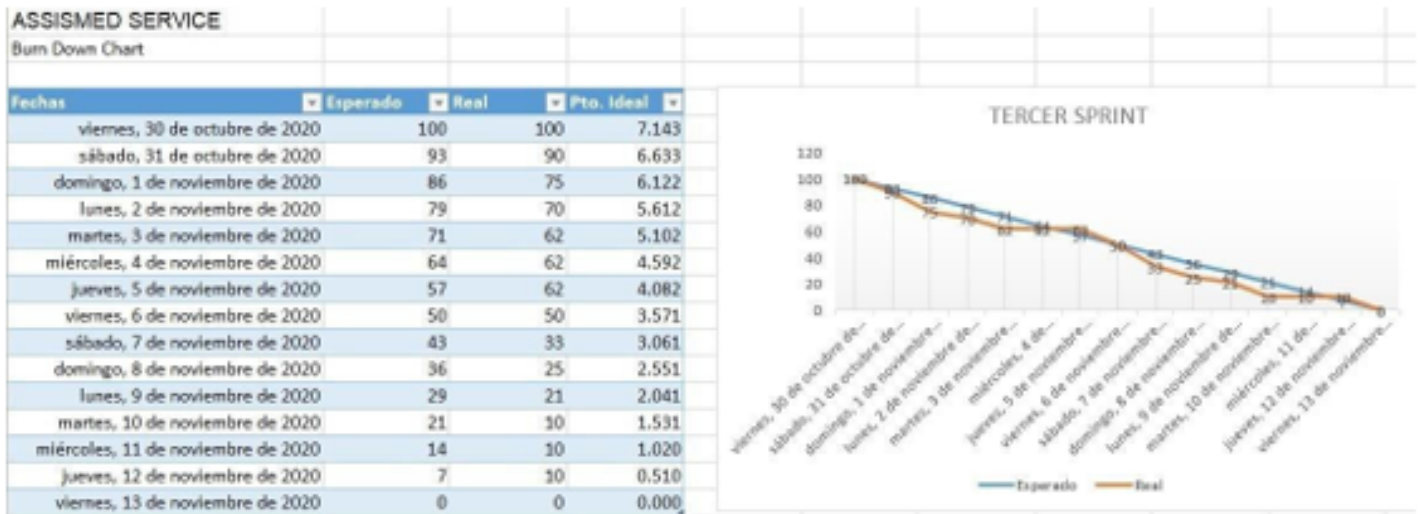


Figura 8. Burn Down Chart, tercer Sprint. Fuente: elaboración propia.



Kanban

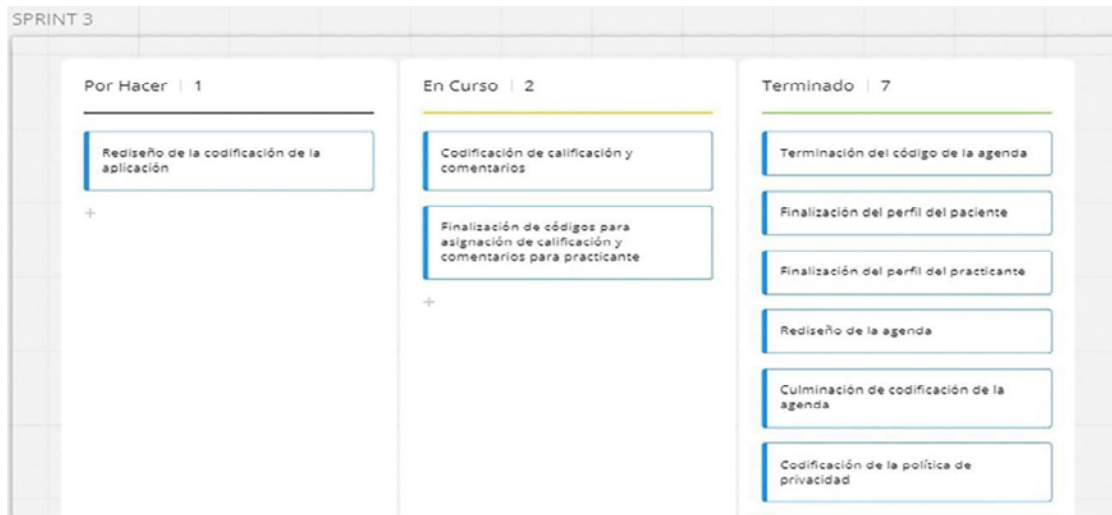


Figura 9. Kanban, tercer Sprint. Fuente: elaboración propia.

En este tercer Sprint ocurrió un gran avance: solo una actividad por hacer y las demás finalizadas.

Retrospectiva del Sprint

Se realizó el análisis al finalizar el tercer Sprint: en este caso no hay próxima iteración, los resultados fueron los esperados, acorde al objetivo planeado.

¿Qué salió bien en la iteración?	¿Qué no salió bien en la iteración?	¿Qué mejoras vamos a implementar en la próxima iteración?
<p>El diseño de la aplicación es atractivo.</p> <p>Ya existe una base de datos para la agenda.</p> <p>El código no genera notificaciones a pacientes ni practicantes ante una cita previa.</p>		<p>No hay próxima iteración, se obtuvo lo que se esperaba en la primera versión de la aplicación médica.</p>

Resultado y análisis de datos

Dentro del análisis expuesto, tras la realización de las iteraciones, el equipo se dio cuenta de que el marco ágil de Scrum fue ejecutado de manera correcta con las herramientas utilizadas durante el proceso.

A continuación, se muestran gráficas que permiten ver los resultados en cuanto al tiempo esperado de gestión tradicional y Scrum master.

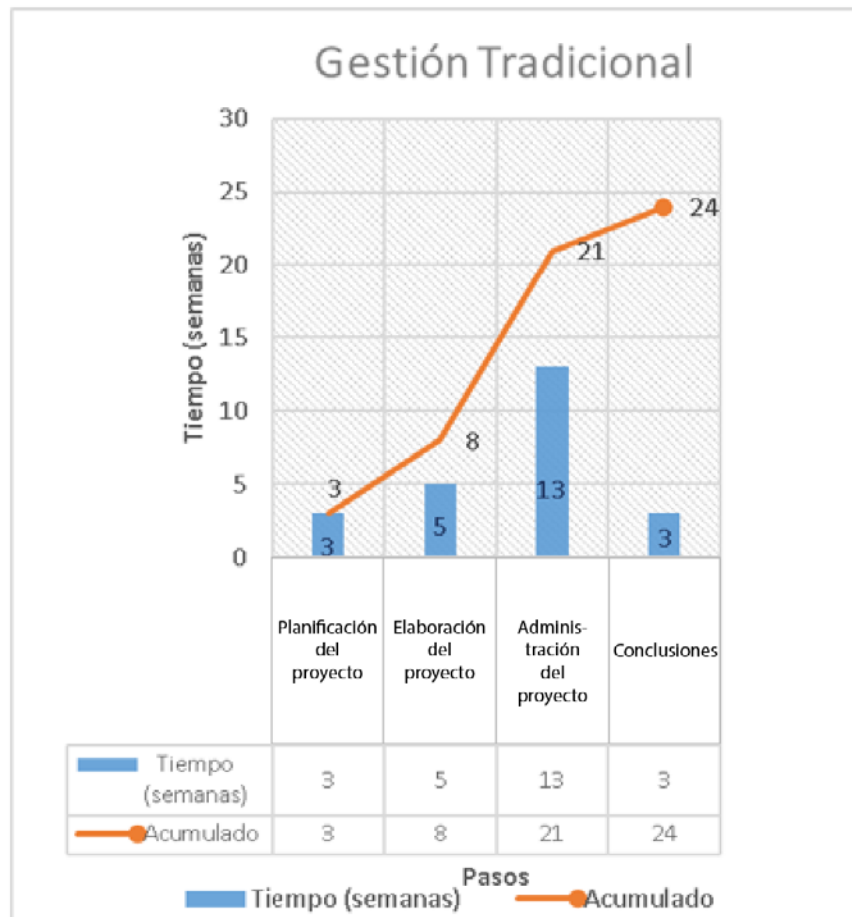


Figura 10 .Grafica gestión tradicional. Fuente: elaboración propia.

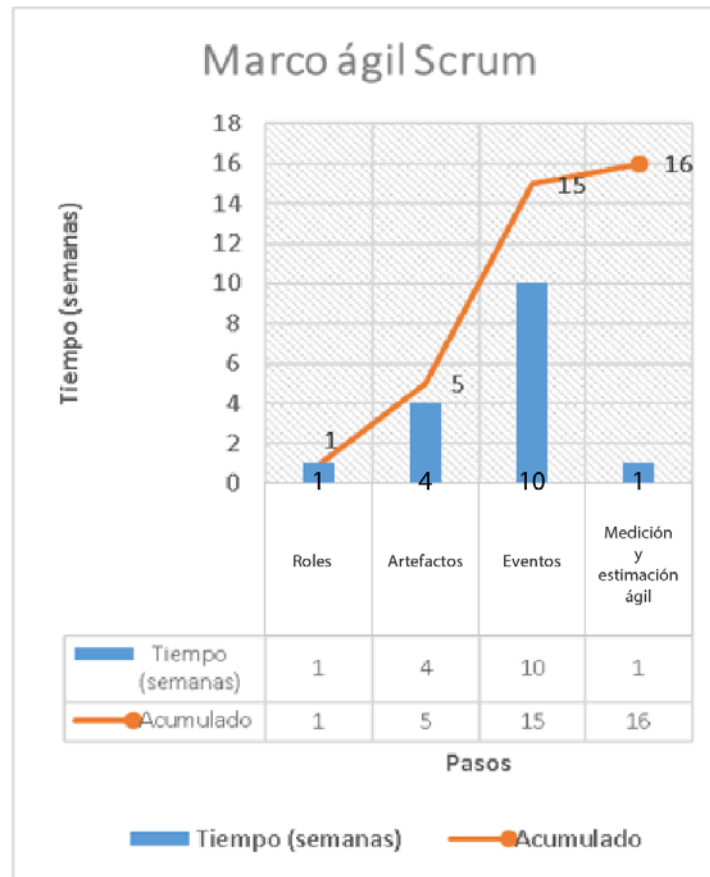


Figura 11. Scrum Master. Fuente: elaboración propia.

Discusión

Las etapas de Scrum están diseñadas para una carga de trabajo, pero al mismo tiempo reducen plazos de entrega. La esencia de Scrum se encuentra en sus Sprints, es decir, en cada uno de ellos se desarrollan historias de usuarios (tareas) mismas que sirven para una entrega eficiente del proyecto principal. Se empieza con la planificación del Sprint, posteriormente el desarrollo para continuar con la revisión del Sprint y terminar con una retroalimentación, es adaptable a las circunstancias durante todo el desarrollo.

Mientras que la gestión tradicional es planeada de antemano, sin posibilidad de realizar cambios en los requerimientos y/o necesidades, este enfoque asume que el tiempo suele enfrentarse a cuestiones de demora en finalizar las tareas.

Es por ello, que se observó que Scrum es aplicable a cualquier equipo de personas,



centrándose en ellas más que en los procesos para reducir el tiempo de entrega de un proyecto y así proporcionar un ritmo de trabajo continuo y evolutivo.

Tabla 16. Gestión tradicional vs Scrum Master. Fuente: Elaboración propia.

Gestión tradicional (4)		Scrum Master (7)	
Pasos	Tiempo estimado	Pasos	Tiempo estimado
Planificación de tu proyecto	3 semanas	Roles	1 semana
Elaboración de tu proyecto	1 mes con una semana	Artefactos	1 mes
Administración del proyecto	3 meses con una semana	Eventos	2 meses con dos semanas
Llevar tu proyecto a una conclusión	3 semanas	Medición y estimación ágil	1 semana
Total	24 semanas	Total	16 semanas

Conclusiones

Tras la realización de las iteraciones, el marco ágil Scrum fue ejecutado de manera correcta con las herramientas utilizadas durante el proceso.

De igual forma, la cantidad de puntos de historia donde el propietario del producto, sobre la base de su experiencia, asignó el estándar de 0 a 100 por actividad, en su mayoría se mantuvieron al margen de los puntos esperados a cumplir por tarea y coadyuvado en menor tiempo requerido, dependiendo del grado de dificultad. Se puede comprobar en la figura *Burn Down Chart*; este gráfico simplemente tiene como intención mostrar el avance del proyecto.

Otro aspecto a destacar es que se obtuvo la primera versión de la aplicación que satisface todas las pruebas de aceptación definidas.

Cabe mencionar que en el CCAI la duración de un proyecto es de mínimo seis meses, periodo en el que se deben cumplir al menos 20 horas a la semana.

Dicho de otra manera, si el proyecto Asimed Service se hubiese hecho en el CCAI (planeación tradicional) se hubiera tardado al menos 6 meses en la entrega final del



proyecto y con la utilización de Scrum master se redujo el tiempo a 4 meses. Con el marco ágil se logró entregar el proyecto Asismed Service antes del tiempo esperado, con los mínimos recursos posibles, se cumplió con el objetivo planteado; evidente mejora organizacional, se logró incrementar progresivamente el desempeño y eficiencia de los integrantes del equipo desarrollador.

Vistos los resultados, se sugiere la aplicación del marco ágil Scrum como propuesta para el Centro de Cooperación Académica e Industrial (CCAI) en la gestión de sus proyectos.



Referencias

1. LARSON, Jean Ann. **Organizational and Process Reengineering Approaches for Health Care Transformation**. Boca Raton, FL, USA : CRC Press, 2016. 186 pp. ISBN 13: 978-1-4822-2516-7.
2. DUMAS, Marlon; LA ROSA, Marcello; MENDING, Jan y REIJERS, Hajo A. **Fundamentals of Business Process Management**. 2a ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag GmbH. 2018. 546 pp. ISBN: 978-3-662-56509-4.
3. HAMMER, Michel and CHAMPY, James. **Reingeniería** . Bogotá, Colombia : Norma S.A., 1994. 226 pp. ISBN: 958-04-2650-3.
4. CICERO, Nuria. **Guía práctica para empresarios y ejecutivos, Dirección de Proyectos**. Barcelona, España. Harvard Business Review, 2017. 95 pp. ISBN: 978-84-16454-20-4.
5. TAKEUCHI, Hirotaka and NONAKA, Ikujiro. **The New New Product Development Game..** Boston, USA. Harvard Business School Publication Corp, Jan/Feb1986, Vol. 64 Issue 1. pp. 137-146. ISSN: 0017-8012.
6. SCHWABER, Ken and SUTHERLAND, Jeff. **La Guía de Scrum, La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego**. Scrum guides. [En línea]. Noviembre 2020. [Fecha de consulta: 21 de enero de 2021]. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-European.pdf>
7. PALACIO, Marta. **Scrum Master Temario troncal 1 Versión 3.04**. Scrum Manager. Iubaris Info 4 Media SL, 2020. 72 pp. Derechos registrados en Safe Creative. N° de registro: 2006034305256.

Fecha de recepción

30/05/2021

Fecha de aceptación

19/01/2022

Fecha de publicación

31/05/2022

La Revista Reacción actúa como mero difusor, por lo que el contenido y opiniones del artículo son responsabilidad exclusiva de los autores y autoras, y no representan la opinión oficial de la Revista Reacción, ni de la Universidad Tecnológica de León.

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos solo para difusión sin ningún fin de lucro. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

REA>XION

Ciencia y tecnología universitaria

latindex

Google Académico

 **Actualidad Iberoamericana**
Índice Internacional de Revistas

 **PERIÓDICA**
REVISTA DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA


UTL