



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encontro Internacional de  
Educação em Engenharia ACOFI

# **Análisis de imágenes de TC torácica en pacientes con Covid-19 mediante el algoritmo local Binary Pattern**

**Ana E. Hernández Aguirre, David A. Gutiérrez Hernández, Víctor M. Zamudio Rodríguez, Carlos Lino Ramírez, Raúl Santiago Montero**

**Tecnológico Nacional de México, plantel León  
León, México**

**Alan D. Blanco Miranda**

**Universidad Tecnológica de León  
León, México**

## **Resumen**

El avance de la Inteligencia artificial (IA) ha ido desarrollándose con el paso del tiempo y ha demostrado ser de gran utilidad en diferentes áreas, una de ellas es el área de la salud. Los médicos se han apoyado de imágenes médicas, entre ellas la Tomografía Computarizada (TC) para poder dar diagnósticos y/o prevenir enfermedades. En el año 2019 fue cuando surgió el llamado COVID-19 (enfermedad de Coronavirus-19), nombrado así desde el 11 de febrero del 2020. A partir de estos años se empezó a enfocar principalmente en cómo combatir, curar o contrarrestar esta enfermedad. Actualmente sigue siendo prioridad descubrir avances que puedan ser de ayuda para el área médica en el tema del COVID-19. En este artículo se presentan los resultados de las TC de la región torácica de pacientes con COVID-19 procesadas por el algoritmo LBP (Local Binary Pattern) básico y algunas de sus variantes (LBP uniforme y LBP con invarianza a la rotación) donde se observan los diferentes patrones de dichas imágenes por medio de sus histogramas, llegando a identificar la frecuencia de los patrones correspondientes a cada LBP anteriormente mencionado con la implementación de filtro gaussiano con media ponderada e implementación de los canales rojo y verde así como las imágenes de TC del área torácica sin un preprocesamiento, dichas imágenes con un tamaño de 512x512.

**Palabras clave:** Covid-19; tomografía computarizada; local binary pattern

### **Abstract**

*The advance of Artificial Intelligence (AI) has been developing over time and has proven to be very useful in different areas, one of them is the area of health. Doctors have relied on medical images, including Computed Tomography (CT) to be able to diagnose and/ or prevent diseases. In 2019, it was when the so-called COVID-19 (Coronavirus-19 disease) emerged, named that way since February 11, 2020. From these years, he began to focus mainly on how to combat, cure or counteract this disease. Currently, it remains a priority to discover advances that may be of help to the medical area in the issue of COVID-19. This article presents the results of CT scans of the thoracic region of COVID-19 patients processed by the basic LBP (Local Binary Pattern) algorithm and some of its variants (uniform LBP and rotation invariance LBP) where the different patterns of these images are observed by means of their histograms, reaching to identify the frequency of the patterns corresponding to each aforementioned LBP with the implementation of Gaussian filter with weighted mean and implementation of the red and green channels as well as CT images of the thoracic area without a preprocessing, said images with a size of 512x512.*

**Keywords:** Covid-19; computed tomography; local binary pattern

## **1. Introducción**

El coronavirus (2019-nCov) es el causante de la epidemia en Wuhan, China, enfermedad generadora de 2794 infecciones al 26 de enero de 2020 (Wang, et al., 2020). La OMS dio a conocer el nombre oficial de la enfermedad generada por el virus, el cual es COVID-19 (WHO, 2020), convirtiéndose de esta forma en una pandemia mundial. Es por esto que, con el apoyo de las imágenes médicas, los especialistas en el área de la salud han logrado dar diagnósticos y tratamiento adecuado a los pacientes con COVID-19 que lo requieran. Este tipo de imágenes han llegado a convertirse en una herramienta para el diagnóstico rápido y eficaz (Jalaber, et al., 2020), en el cual se presentan diferentes tipos de características en el caso del COVID-19 como lo son: opacidades en vidrio deslustrado (GGO), áreas de consolidación, signo del halo invertido, patrón de pavimentación o crazy paving, etc. (Bernheim, et al., 2020; Fang, et al., 2020; Qian, et al., 2020;), estas características se muestran en los lóbulos pulmonares en cada TC torácica tomadas de un repositorio (Morrison, et al., 2020) en el cual se comparten imágenes de rayos X y TC de tórax de pacientes positivos de COVID-19. También contiene metadatos de los pacientes con COVID-19 como lo son el sexo, la edad y descripciones de las imágenes de cada paciente (hallazgo, vista, modalidad, fecha, lugar, notas clínicas, etc.).



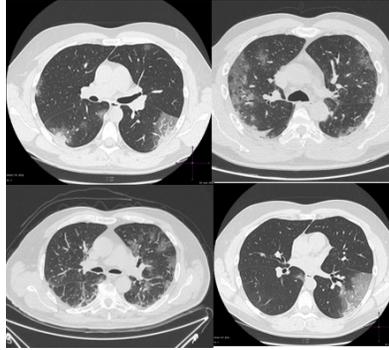


Figura 1. Imágenes de TC torácica de pacientes con COVID-19, donde se muestra los pulmones con lesiones. Imágenes tomadas del repositorio Covid-Chestxray-Dataset (Morrison, et al., 2020).

Las imágenes utilizadas de TC del área torácica se procesaron en el algoritmo LBP básico, LBP uniforme y LBP invariante a la rotación (Chen, et al., 2013; De Ramón Balmaseda, 2011; Ojala, et al., 2002), mostrando de esta manera sus resultados donde se observan los diferentes patrones de dichas imágenes por medio de sus histogramas, llegando a identificar la frecuencia de los patrones correspondientes a cada LBP anteriormente mencionado. Lo anterior realizado en el lenguaje de programación Python, con el uso de OpenCV (OpenCV-Imagen filtering, 2022; OpenCV-Operation on arrays, 2022) para el preprocesamiento de las imágenes originales de TC del área torácica.

## 2. Marco teórico.

### Algoritmo LBP básico

El algoritmo LBP en la forma básica o también llamado LBP original, usa un vecindario local alrededor de cada pixel de la imagen, después se establece un umbral (pixel central de la vecindad) el cual será comparado con los pixeles vecinos, la cadena de valores resultantes se calcula de la siguiente manera (Chen, et al., 2013).

$$LBP(I_c) = \sum_{i=0}^{P-1} 2^i s(I_i - I_c) \quad (1)$$

donde el parámetro P recorre los ocho vecinos alrededor del pixel central  $I_c$ . El nivel de grises es representado por  $I_c$  y  $I_i$  en c e i, donde  $I_c$  es el nivel de gris del pixel central,  $I_i$  representa a cada uno de los niveles de gris de los P vecinos, finalmente  $s(A)$  es 1 si  $A \geq 0$  y 0 en otro caso (Chen, et al., 2013).

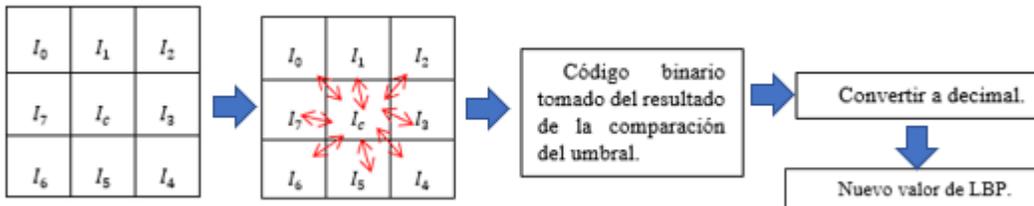


Figura 2. Proceso del algoritmo LBP básico, tomando 8 vecinos y en la parte del centro su umbral (valor central  $I_c$ ).



Cuando se usa 8 vecinos existen 256 patrones diferentes posibles para el algoritmo LBP básico, de esta cantidad de patrones se derivan el algoritmo LBP uniforme y LBP con invarianza a la rotación (De Ramón Balmaseda, 2011).

### Algoritmo LBP uniforme

El LBP uniforme contiene como máximo dos transiciones binarias 0-1 o 1-0, donde el histograma de patrones proporciona una mejor discriminación en comparación de los patrones individuales (Chen, et al., 2013).

Binario	Uniforme	No uniforme
11011101		X
10111101		X
11100011	X	
11111001	X	

Tabla 1. Ejemplos de cadenas binarias uniformes y no uniformes. Información basada en (Chen, et al., 2013).

En cambio, en el algoritmo LBP uniforme sólo está conformado por 58 de los 256 patrones disponibles en el LBP básico, ya que se reduce la cantidad de patrones al dividir e identificar patrones uniformes y no uniformes como se explica anteriormente (De Ramón Balmaseda, 2011).

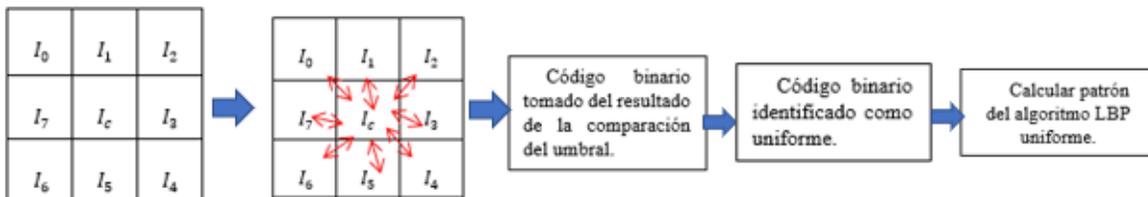


Figura 3. Proceso del algoritmo LBP uniforme, tomando 8 vecinos y en la parte del centro su umbral (valor central  $I_c$ ).

### Algoritmo LBP con invarianza a la rotación

El LBP con invarianza a la rotación contiene 36 valores diferentes (Ojala, et al., 2002), lo anterior tomando en cuenta que se toman ocho píxeles vecinos para cada tipo de LBP. Este algoritmo (LBP con rotación invariante) asigna a cada píxel el menor valor resultante de LBP entre todas las posibles rotaciones del patrón.



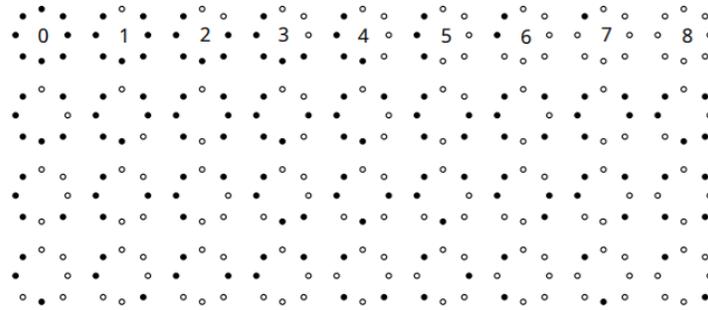


Figura 4. Los 36 patrones binarios con invarianza a la rotación que pueden ocurrir con 8 vecinos, donde los círculos blancos representan a los valores de bit 0 y el círculo color negro representa al bit 1. Imagen tomada de (Ojala, et al., 2002).

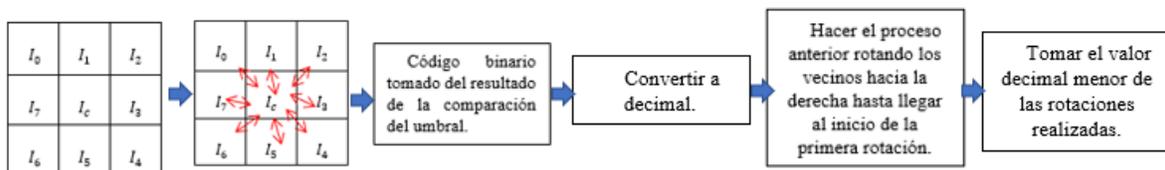


Figura 5. Proceso del algoritmo LBP con invarianza a la rotación, tomando 8 vecinos y en la parte del centro su umbral (valor central  $I_c$ ). (imagen propia).

### 3. Filtros en imágenes

Se aplica un filtro de media ponderada (OpenCV-Operation on arrays, 2022) con base en el difuminado Gaussiano (OpenCV-Imagen filtering, 2022) para el normalizado de bordes en la imagen de TC torácica para de esta manera preprocesar la imagen en el algoritmo LBP básico, LBP uniforme y LBP con invarianza a la rotación, finalmente obteniendo los resultados de las características de las imágenes a través de un histograma observando la frecuencia de los patrones de cada algoritmo LBP. También se aplican otros filtros como la combinación de canales rojo y verde en la imagen original de la TC torácica para de igual manera preprocesarla por el algoritmo LBP y obtener los resultados anteriormente mencionados.

#### OpenCV media ponderada

La función AddWeighted de OpenCV calcula la suma ponderada de dos matrices necesitando parámetros que se especifican a continuación en base a la documentación de OpenCV (OpenCV-Operation on arrays, 2022).

$$var = src1 * alpha + src2 * beta + gamma \quad (2)$$

donde, src1 es la primera matriz de entrada, alpha es peso de los primeros elementos de la matriz, src2 es la segunda matriz de entrada del mismo tamaño y número de canales que src1, beta representa el peso de los elementos de la segunda matriz, gamma un escalar agregado a cada



suma, y var, la variable donde se almacenará la matriz de salida que contendrá el mismo tamaño y número de canales que las matrices de entrada (OpenCV-Operation on arrays, 2022).

## OpenCV difuminado gaussiano

Esta función de difuminado gaussiano o también conocida como desenfoque gaussiano convolucionada (Palomares, et al., 2016) la imagen especificada con un núcleo gaussiano con los siguientes parámetros necesarios (OpenCV-Imagen filtering, 2022). Los parámetros que utiliza dicha función se describen a continuación, Matriz de entrada es la imagen de entrada, Matriz de salida es la imagen de salida del mismo tamaño y tipo que la matriz de entrada, K tamaño es el tamaño del núcleo gaussiano, SigmaX representa la desviación estándar del núcleo gaussiano en la dirección X, SigmaY representa la desviación estándar del núcleo gaussiano en la dirección Y, y finalmente borderType, es el método de extrapolación de píxeles (OpenCV-Imagen filtering, 2022).

## Canales RGB

Una imagen digital se encuentra conformada por los colores primarios (rojo, azul y verde), los cuales se encuentran contenidos como valores de intensidades RGB en cada píxel de cada canal de la matriz, también es llamado como canales de color y puede representarse de la siguiente manera (Kumar and Verma, 2010).

$$I_{RGB} = (F_R, F_G, F_B) \quad (3)$$

donde  $F_R$  es la intensidad del píxel en  $(x, y)$  en el canal rojo,  $F_G$  la intensidad del píxel en  $(x, y)$  en el canal verde y  $F_B$  es la intensidad del píxel  $(x, y)$  en el canal azul. La intensidad de cada color se almacena en ocho bits, queriendo decir que el nivel de cuantificación será de 256, entonces por cada píxel una imagen RGB requiere un almacenamiento de 24 bits (Kumar and Verma, 2010).

## Histogramas

Los histogramas son representaciones numéricas de la cantidad de píxeles asociados a los distintos niveles de intensidad de la imagen. El histograma representaría el número de ocurrencias para cada nivel de intensidad por cada píxel de la imagen (Ramos, 2019).

En el caso de los histogramas para el algoritmo LBP se muestra la frecuencia de cada patrón LBP que contiene la imagen, estos patrones varían dependiendo de qué tipo de LBP se esté utilizando (básico, invariante a rotación o uniforme) como se mencionó anteriormente.



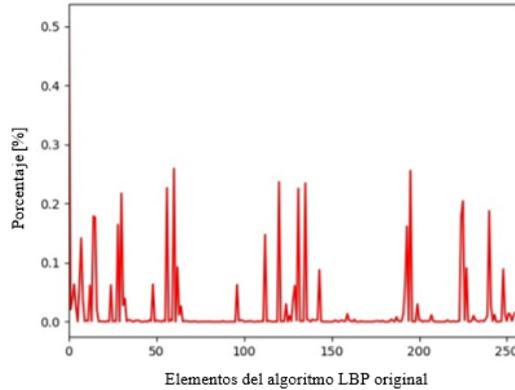


Figura 6. Histograma de LBP básico o también llamado LBP original, donde se muestra la frecuencia de patrones LBP en una imagen. (imagen propia).

#### 4. Metodología

Para realizar el análisis de las imágenes de TC del área torácica se eligen las imágenes cuya región sea evidente el daño pulmonar y posterior a eso se procede a normalizar el tamaño de las imágenes (512x512 píxeles) con la finalidad de evitar variaciones en dimensión y de esta manera el algoritmo LBP realice el proceso con la misma cantidad de píxeles en cada iteración.

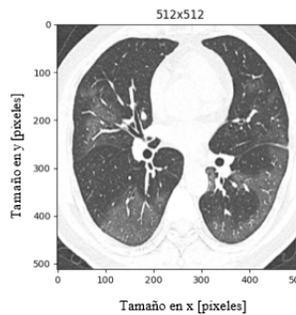


Figura 7. TC torácica de paciente con COVID-19 tomada del repositorio (Morrison, et al., 2020), normalizada a tamaño 512x512 en Python.

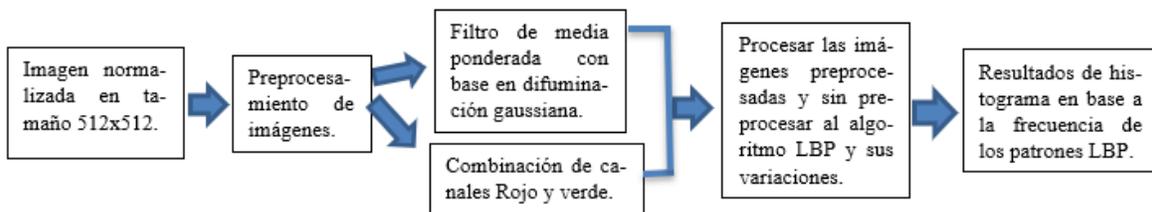


Figura 8. Diagrama representante de la metodología usada. (imagen propia)

#### 5. Resultados



Los resultados obtenidos por cada uno de las 3 variaciones del algoritmo LBP se muestran a continuación con la imagen original normalizada en tamaño y aplicando filtros de combinación canal rojo-verde y filtro de media ponderada con base en difuminación gaussiana. Tomando en cuenta que cada imagen se convierte a escala de grises para procesarse en el algoritmo LBP.

### Algoritmo LBP con imagen original

El algoritmo LBP procesándolo con imágenes originales de TC torácicas de pacientes de COVID-19 del repositorio (Morrison, et al., 2020). Los resultados de la imagen procesada junto con su histograma se muestran a continuación.

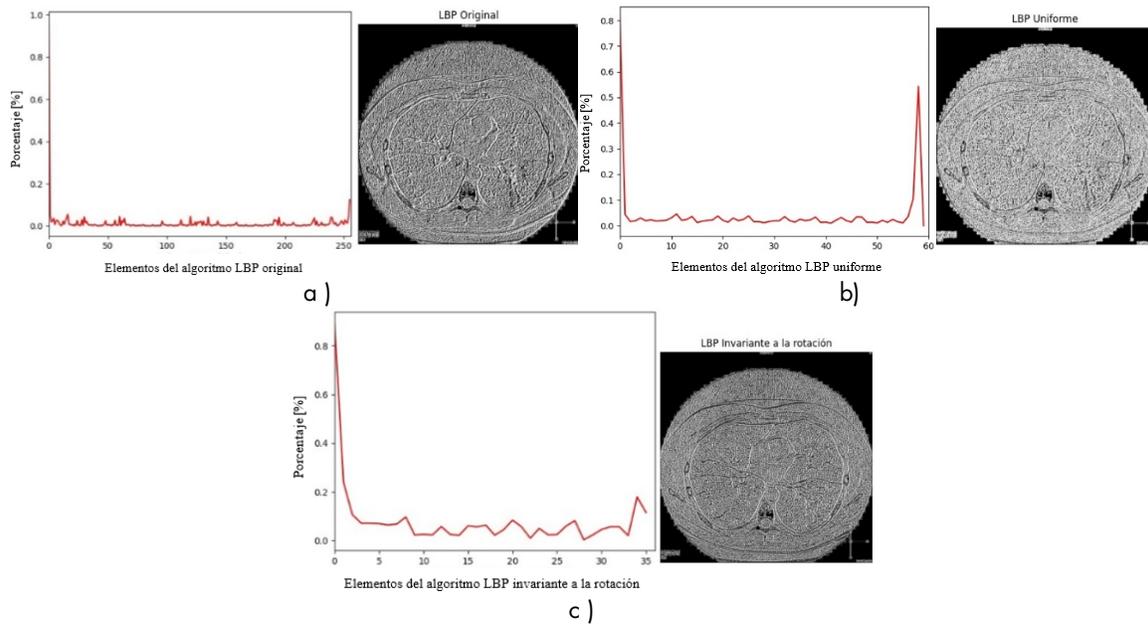


Figura 9. TC torácica original de paciente con COVID-19 tomada del repositorio (Morrison, et al., 2020), normalizada a tamaño 512x512. a) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Original; b) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Uniforme; c) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Invariante a la rotación. (imagen propia).

### Algoritmo LBP con imagen de filtros rojo-verde

El algoritmo LBP procesándolo con imágenes utilizando combinación de canales verde-rojo de TC torácicas de pacientes de COVID-19 del repositorio (Morrison, et al., 2020). Los resultados de la imagen procesada junto con su histograma se muestran a continuación.

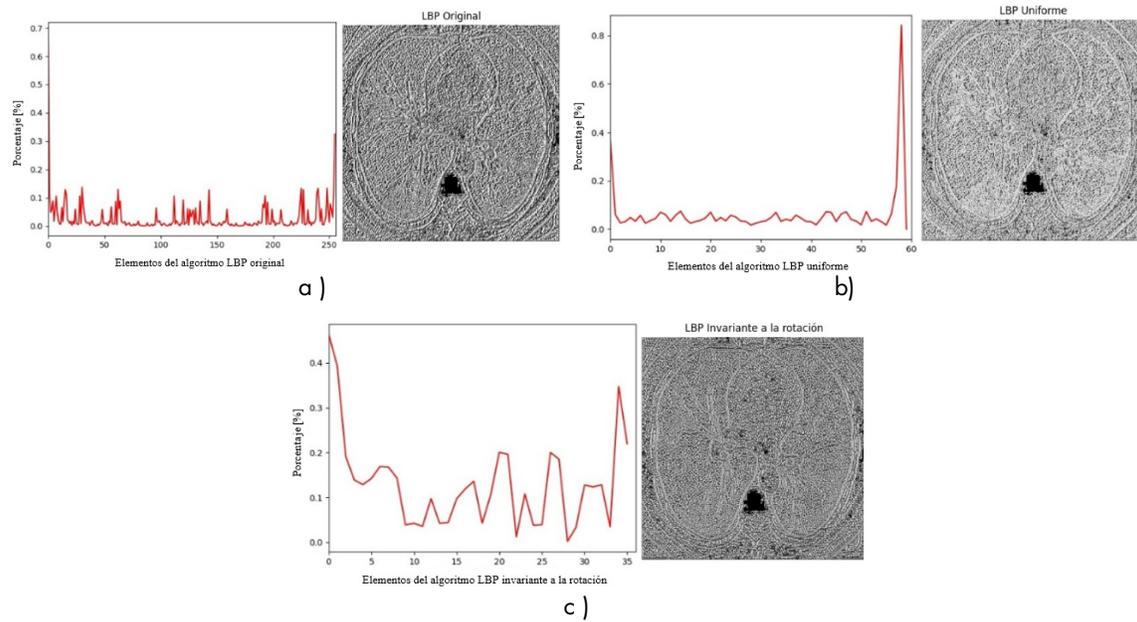
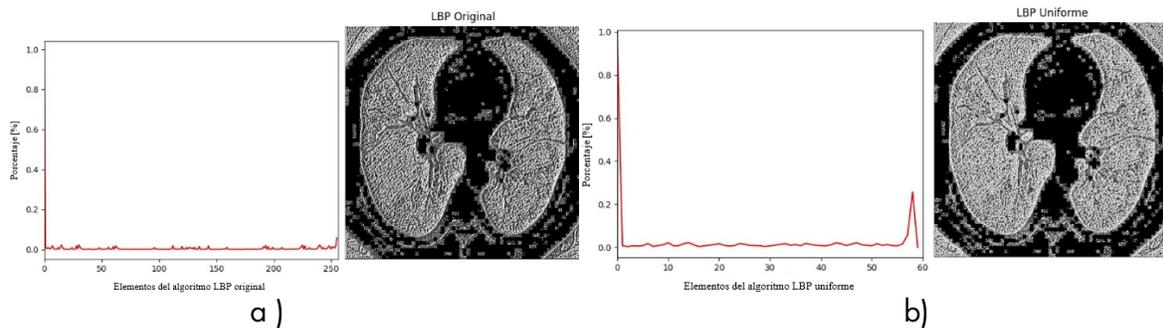


Figura 10. TC torácica de paciente con COVID-19 tomada del repositorio (Morrison, et al., 2020), normalizada a tamaño 512x512, con combinación de canales verde-rojo. a) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Original; b) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Uniforme; c) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Invariante a la rotación. (imagen propia).

### Algoritmo LBP con imagen de filtro media ponderada con base en difuminación gaussiana.

El algoritmo LBP procesándolo con imágenes utilizando el filtro de media ponderada con base en difuminación gaussiana de TC torácicas de pacientes de COVID-19 del repositorio (Morrison, et al., 2020). Los parámetros que se utilizaron para la función addWeighted son: src1=imagen, alpha=5, src2=imagen con difuminación gaussiana, beta=-4, gamma=128. En la difuminación gaussiana los parámetros utilizados fueron: src= imagen, ksize= (0,0), sigmax=10. Los resultados de la imagen procesada junto con su histograma se muestran a continuación.



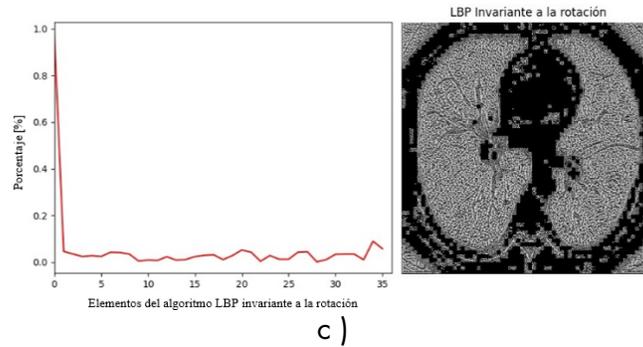


Figura 11. TC torácica de paciente con COVID-19 tomada del repositorio (Morrison, et al., 2020), normalizada a tamaño 512x512, con filtro de media ponderada con base en difuminación gaussiana. a) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Original; b) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Uniforme; c) Imagen e histograma procesados por el algoritmo LBP Invariante a la rotación. (imagen propia).

## 6. Conclusiones

Las imágenes utilizadas para este artículo son de pacientes con COVID-19 donde se presenta daño pulmonar. El repositorio que se utilizó no supera las 50 imágenes de TC del área torácica de COVID-19. Los resultados obtenidos en las variantes del algoritmo LBP (básico, uniforme e invariante a la rotación) muestran las características en base a los patrones LBP, observando el resaltado del área de los pulmones por parte de la implementación del filtro de media ponderada con base en difuminación gaussiana, en el caso de la imagen con la combinación de canales rojo-verde se obtienen resultados similares al utilizar la imagen original, pero la diferencia se puede observar en la frecuencia de patrones LBP. Los resultados con el mejor realce de bordes en el área de los pulmones fueron en el caso de la utilización del LBP básico u original en los tres casos usados. Se utilizaron diferentes algoritmos de preprocesamiento para observar las diferencias en cuanto a los resultados de la imagen LPB. Como trabajo futuro se planea realizar una mayor cantidad de pruebas contando con una base de datos de mayor extensión para TC en el área del tórax y poder así generar un estudio comparativo implementando clasificación en base al daño pulmonar.

## 7. Referencias

- Bernheim, A. et al. (2020). Chest CT findings in coronavirus disease-19 (COVID-19): relationship to duration of infection. *Radiology*, p. 200463.
- Chen, J. et al. (2013). RLBP: Robust Local Binary Pattern. Center for Machine Vision Research.
- De Ramón Balmaseda, E. J. (2011). Transformaciones basadas en el algoritmo Local Binary Pattern de imágenes capturadas con la Kinect para clasificación facial. Tesis de Maestría.
- Fang, Y. et al. (2020). CT manifestations of two cases of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*, vol. 295, No 1, pp. 208-209.
- Jalaber, C, et al. (2020). Chest CT in COVID-19 pneumonia: A review of current knowledge. *Diagnostic and interventional Imaging*, vol. 101, No 7-8, pp. 431-437.

- Kumar, T. and Verma, K. (2010). A Theory Based on Conversion of RGB image to Gray image. International Journal of Computer Applications, vol. 7, No 2, pp. 7-10.
- Morrison, P. et al. (2020). COVID-19 image data collection, arXiv:2003.11597. Consultado el 28 de diciembre de 2022 en <https://github.com/ieee8023/covid-chestxray-dataset>
- Ojala, T. et al. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 24, No 7, pp. 971-987.
- OpenCV. (2022). Image Filtering. Consultado el 30 de enero de 2022 en [https://docs.opencv.org/4.x/d4/d86/group\\_imgproc\\_filter.html#gaabe8c836e97159a9193fb0b11ac52cf1](https://docs.opencv.org/4.x/d4/d86/group_imgproc_filter.html#gaabe8c836e97159a9193fb0b11ac52cf1)
- OpenCV. (2022). Operations on arrays. Consultado el 30 de enero de 2022 en [https://docs.opencv.org/4.x/d2/de8/group\\_core\\_array.html#gafbf2513349db3bcff51f54ee5592a19](https://docs.opencv.org/4.x/d2/de8/group_core_array.html#gafbf2513349db3bcff51f54ee5592a19)
- Palomares, F. G. et al. (2016). Aplicación de la convolución de matrices al filtrado de imágenes. Modelling in Science Education and Learning, vol. 9, No 1, pp. 97-108.
- Qian, L. et al. (2020). Severe acute respiratory disease in a Huanan seafood market worker: images of an early casualty. Radiology: Cardiothoracic Imaging, vol. 2, No 1, pp. e200033.
- Toro Ramos, C. A. (2019). Aplicaciones de la visión artificial como herramienta de gestión de riesgo aplicadas al monitoreo hidrometeorológico en el Valle de Aburrá. Instituto de Sistemas y Ciencias de la Decisión. Tesis Maestría.
- Wang L. et al. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. nature, Vol. 579, No. 7798, pp. 270-273.
- WHO. (2020, February). WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. Consultado el 26 de enero de 2022 en <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>

## Sobre los autores

- **Ana Hernández:** Ingeniero en sistemas computacionales. [anitaxtm@hotmail.com](mailto:anitaxtm@hotmail.com)
- **David Gutiérrez:** Doctor en Física. [david.gutierrez@leon.tecnm.mx](mailto:david.gutierrez@leon.tecnm.mx)
- **Alan Blanco:** Doctor en Ciencias (Óptica). [ablancom@utleon.edu.mx](mailto:ablancom@utleon.edu.mx)
- **Víctor Zamudio:** Doctor en ciencias (Computación). [vic.zamudio@leon.tecnm.mx](mailto:vic.zamudio@leon.tecnm.mx)
- **Carlos Lino:** Doctor en Ciencias (Computación). [carloslino@leon.tecnm.mx](mailto:carloslino@leon.tecnm.mx)
- **Raúl Santiago:** Doctor en ciencias (Computación). [raul.santiago@leon.tecnm.mx](mailto:raul.santiago@leon.tecnm.mx)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

