

# Método de umbralado por determinación de píxeles para la segmentación de elementos en imágenes aplicado al análisis de problemas en la industria.

**Área Técnica: Computación aplicada a la industria.**

A. Rosales Méndez \*, A.S. Díaz Fergadiz Roldán \*, E. Bolaños Rodríguez \*, L.R. Coello Galindo \*, A. Solís Galindo \*

*\*Escuela Superior de Tizayuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 2.5 Carretera Federal Tizayuca-Pachuca. C.P. 43800, Tizayuca, Hidalgo. México.  
e-mail {armandos\_max@hotmail.com, ana\_fergadiz@yahoo.com, bola7112@yahoo.com.mx, rocoello77@hotmail.com, alsolmtl@hotmail.com}*

## Abstract

This paper evaluates a method of segmentation threshold to obtain information systems for monitoring industrial processes and a comparison is made with pre-established methods of providing library of MATLAB toolbox. In addition, it uses digital image processing with direct segmentation criteria for obtaining user-defined threshold. The main findings in the investigation show that this method of segmentation threshold determines ranking probability of finding the objects you wish to highlight by selecting pixels that determine the background or object to be lighted.

**Keywords:** Segmentation, threshold, pixels.

## 1. Introducción

El análisis de problemas industriales es cada vez más relevante, debido a que se emplea para evitar fallas que puedan generar pérdidas económicas graves e inclusive de vidas humanas. Es por ello que se generan diversos métodos de análisis para determinar patrones que puedan implicar fallas en un proceso industrial. Estos métodos van desde la inspección humana en presencia de los expertos, hasta el análisis de imágenes por computadora que proporcione información detallada del problema. Estos últimos métodos se generan a través del procesamiento digital de imágenes. Esta disciplina permite realizar un análisis rápido y

sencillo que puede ser de gran utilidad para detectar elementos que estén deteriorando los materiales que se emplean en el proceso industrial.

La segmentación es una etapa del procesamiento digital de imágenes que ubica y destaca algunos de los elementos de una imagen. Dicha etapa permite al experto determinar la presencia de algún elemento anormal que esté adherido al material con el cual se realiza algún proceso industrial.

Uno de los métodos que se emplean para generar la segmentación de una imagen es el umbralado [1]. El umbralado obtiene el promedio de una imagen a escala de grises la cual determina y resalta los elementos con mayor o con menor intensidad del fondo de la imagen. En el caso de imágenes industriales, permite determinar la adherencia de algún compuesto desconocido a la superficie de los materiales que se empleen, resaltando el material adherido con un tono de intensidad y todo el fondo con otra intensidad diferente [4].

Después de la detección de los elementos que afectan el material industrial se resaltan estos y se destacan a través de la binarización de la imagen. Este consiste en cambiar en blanco los elementos encontrados y el resto de la imagen en negro, permitiendo así ubicar y destacar la presencia de los agentes que están dañando al material que es objeto de estudio.

Una aplicación del método de umbralado se puede encontrar en el análisis de las tuberías de transporte de agua, combustible y cualquier fluido, para detectar algún elemento que este dañando al material y que

podiera provocar la corrosión del mismo [2]. Aquí, el experto determina cuál es el elemento que está dañando a la tubería de acuerdo a la imagen, el cual se va a resaltar de la superficie que se está analizando.

Debido a que el umbralado de la imagen se realiza a través del procesamiento digital por computadora, este permite resaltar hasta los más mínimos detalles del material adherido, el cual no podría detectarse con la simple inspección de la imagen a través de la visión humana. Además, se puede determinar la cantidad del agente agresivo, haciendo un análisis comparativo del número de píxeles que determinan este elemento en la imagen y la cantidad proporcional que hay en la misma que contiene la información a analizar. Sin embargo, este análisis y su comparación se lleva a cabo a través del criterio del experto y de las investigaciones previas que se realizan para generarlo, ya que el método por sí solo no puede indicar que elemento es el agente que daña el material a analizar [3].

Un ejemplo real de la aplicación del método de umbralado es el que se generó a partir de un estudio previo realizado por [2] donde se analizan diversas muestras que presentaban daños en la superficie y se efectuó un análisis comparativo con una imagen del material sin daño. Este análisis se aplicó con un algoritmo de umbralado el cual detectaba la presencia de silicio como inclusión del material de construcción de las tuberías de acero al carbono que en concentraciones superiores a las permitidas implica una causa probable de grietas y corrosión en la superficie del material de la misma. Esto se pudo comprobar al realizar la comparación utilizando el método de umbralado sobre las muestras dañadas contra las muestras sanas.

Por lo anteriormente expuesto el objetivo de este trabajo de investigación consiste en proporcionar un método de umbralado que permita segmentar los elementos que pueden considerarse agresivos o dañinos para algún material de uso industrial, permitiendo que el experto determine el parámetro de segmentación para cualquier imagen a analizar. Donde se evalúa en primera instancia el trabajo previamente realizado por [4] donde se utilizan las imágenes micro fotográficas de la superficie interior de las tuberías, tomadas con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido

marca PHILIPS modelo XL30 TMP New Look.

## **2. Desarrollo**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

En la Escuela Superior de Tizayuca (ESTi) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) se desarrolla un proyecto de investigación denominado "Sistema de Monitoreo de Procesos en la Industria del Petróleo", el cual tiene como meta generar una gama de conocimientos enfocados a la detección de fallas en los ductos de transporte de hidrocarburos. Dentro de este proyecto existe un área de conocimientos orientada al procesamiento digital de imágenes obtenidas a través de microanálisis de rayos X, el cual tiene como tarea encontrar diversas características que afecten a las tuberías de transporte de hidrocarburo de acuerdo a los estudios previamente realizados en dicho proyecto [3].

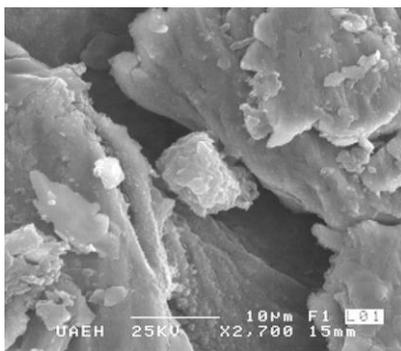
Dentro de los logros alcanzados en el área de procesamiento digital de imágenes, se puede destacar la detección de fallas en las tuberías de acero al carbono SAE 1018, para el transporte de agua potable, causadas por la presencia de silicio, a través del umbralado de tres muestras analizadas con daño superficial comparadas con una muestra sana. En estas imágenes se resalta la presencia de silicio como inclusiones de color blanco de bordes irregulares depositadas en capas sobrepuestas en distintos niveles.

Hasta el momento en lo revisado en la literatura científico-técnica, no se ha encontrado reportes de la generación de un método de umbralado que permita determinar al experto el parámetro que supone es un agente agresivo o dañino para las muestras a analizar, directamente en la elección de los puntos de la imagen que contiene la información a destacar.

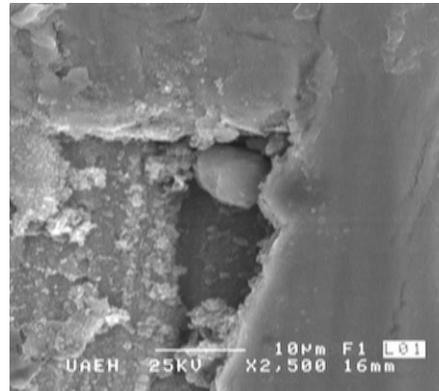
### **2.2. Materiales y Métodos**

Se analizan tres muestras que presentan daños debido a la presencia de silicio y una muestra sana sin estas manifestaciones [2], obtenidas del análisis de tres probetas del material a analizar, por medio de un microscopio electrónico de barrido (Figuras 1, 2, 3 y 4).

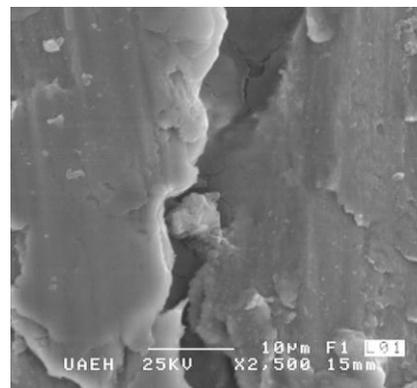
Se generó una función en el lenguaje de programación de MATLAB, la cual permite analizar la imagen desde tres perspectivas. La primera perspectiva es tomar la imagen a analizar, y por medio de las herramientas pre-establecidas del toolbox de MATLAB, determinar el umbral óptimo por medio del método de Otsu [4] y la binarización de la muestra analizada. La segunda perspectiva se genera a través de la optimización máxima de la imagen original a analizar, para después detectar el umbral óptimo por método de Otsu y llevarse a cabo la binarización de la imagen [5]. Y por último, la tercera perspectiva se genera a través del análisis de la imagen original, en el cual el umbral óptimo es determinado por la selección directa de los píxeles en la imagen, de los puntos que determinan el fondo de los elementos a resaltar, es decir, se selecciona por medio del cursor de la computadora, los puntos que el experto considere son la superficie o fondo de la imagen, el cual permitirá destacar los elementos que difieren de los puntos seleccionados, los cuales hacen suponer, en base al criterio del experto, que son los elementos que deterioran o dañan los materiales industriales a analizar. Para finalmente binarizar la imagen utilizando la función del toolbox de MATLAB y por otro método de binarización en el cual determina un rango óptimo de este proceso de acuerdo al promedio de los puntos evaluados por el usuario [6]. Mostrando al final una cuantificación del por ciento de la superficie ocupada por el material adherido.



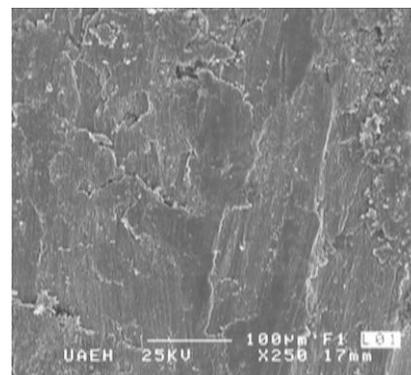
**Figura 1.** Imagen de la primera muestra microfotográfica del interior de la tubería de acero al carbono SAE1018 dañada.



**Figura 2.** Imagen de la segunda muestra microfotográfica del interior de la tubería de acero al carbono SAE1018 dañada.



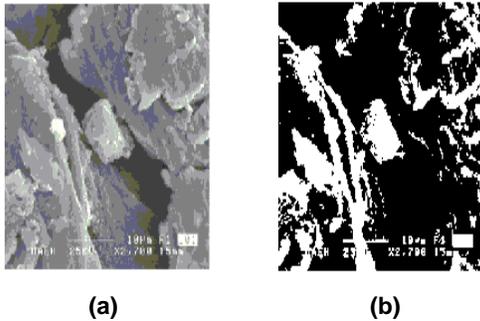
**Figura 3.** Imagen de la tercera muestra microfotográfica del interior de la tubería de acero al carbono SAE1018 dañada.



**Figura 4.** Imagen de la cuarta muestra microfotográfica del interior de la tubería de acero al carbono SAE1018 sana.

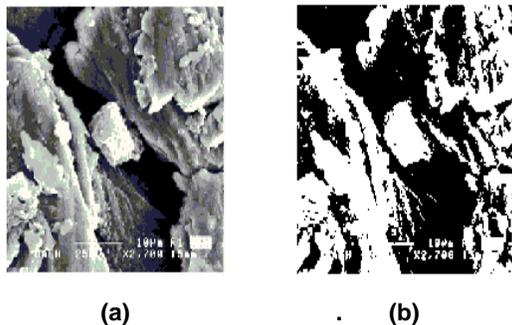
### 3. Resultados y Discusión

A continuación se expone la aplicación de la función generada en MATLAB para el análisis de las muestras del trabajo realizado por [4]. En las figuras 5, 8, 11 y 14 se detallan la primera perspectiva de la función aplicando las librerías pre-establecidas de la herramienta del toolbox de MATLAB, en la cual se observa que la detección del material adherido no se presenta en grandes cantidades.



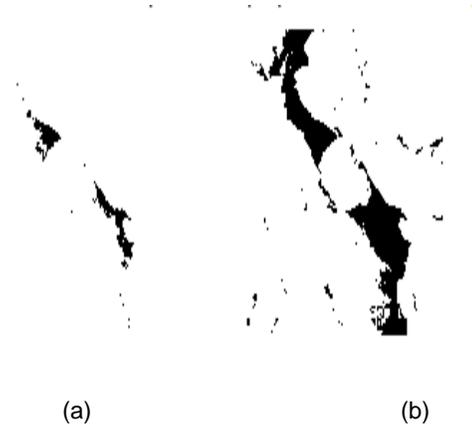
**Figura 5.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MATLAB (Muestra 1). a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu

En las figuras 6, 9, 12 y 15 se muestra la aplicación de las librerías del toolbox de MATLAB, pero con la imagen original optimizada, es decir, resaltando la intensidad en las zonas más claras y oscureciendo las partes con menor intensidad. En la cual se observa una mayor detección del elemento adherido en comparación con la aplicación de la primera perspectiva.



**Figura 6.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB y optimización de la imagen (Muestra 1). a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu ecualizada.

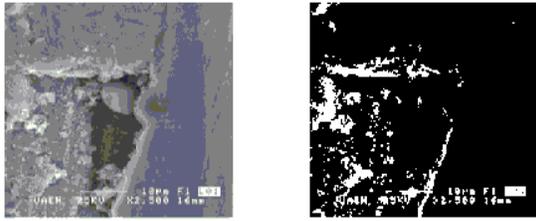
Y por último en la figura 7, 10, 13 y 16 se muestran el umbralado de la imagen por determinación de píxeles y el proceso de generación de números binarios por rango de la media de los puntos seleccionados. Donde se observan las dos formas de binarización la cual permite visualizar que la cantidad del material adherido se muestra en mayor proporción que en las perspectivas anteriores.



**Figura 7.** Umbralado por determinación de píxeles (a) conversión binaria estándar (b) conversión binaria por rango de media en la imagen (Muestra 1).

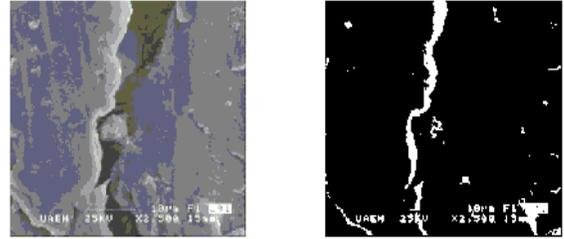
**Tabla 1.** Niveles de píxeles blancos y negros, y umbral óptimo de la imagen analizada, (Muestra 1 239x275 pixel).

Figura	Píxeles Blancos	Píxeles Negros	Umbral Óptimo
Figura 5	21031	44694	0.59216
Figura 6	32759	32966	0.49804
Figura 7a	64505	1220	0.23529
Figura 7b	58068	7657	-

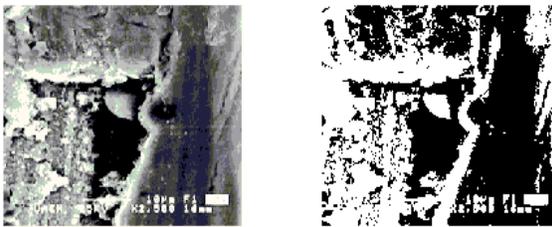


(a) (b)

**Figura 8.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB (Muestra 2). a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu

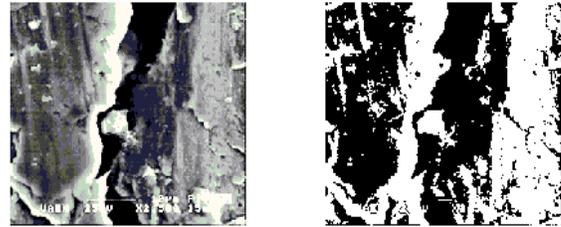


**Figura 11.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB (Muestra 3). a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu



(a) (b)

**Figura 9.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB y optimización de la imagen (Muestra 2). a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu ecualizada



(a) (b)

**Figura 12.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB y optimización de la imagen (Muestra 3). Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu ecualizada



(a) (b)

**Figura 10.** Umbralado por determinación de pixeles (a) conversión binaria estándar (b) conversión binaria por rango de media en la imagen (Muestra 2).



(a) (b)

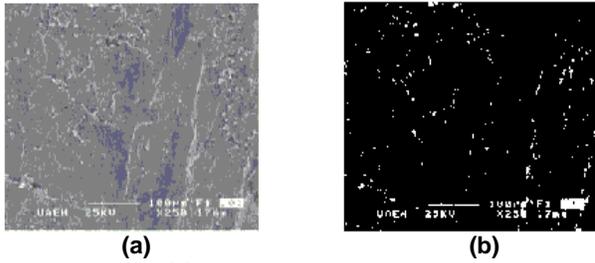
**Figura 13.** Umbralado por determinación de pixeles (a) conversión binaria estándar (b) conversión binaria por rango de media en la imagen (Muestra 3).

**Tabla 2.** Niveles de pixeles blancos y negros, y umbral óptimo de la imagen analizada (Muestra 2 224x270 pixel).

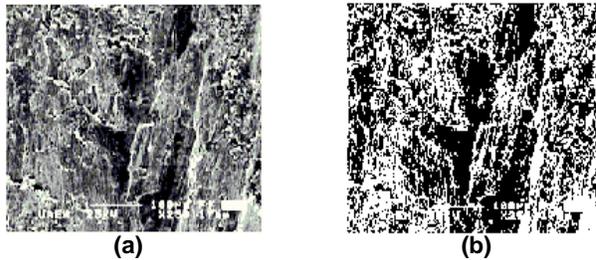
Figura	Pixeles Blancos	Pixeles Negros	Umbral Óptimo
Figura 8	8348	52132	0.62745
Figura 9	30483	29997	0.49804
Figura 10a	59780	700	0.23333
Figura 10b	56279	4201	-

**Tabla 3.** Niveles de pixeles blancos y negros, y umbral óptimo de la imagen analizada (Muestra 3 223x269 pixel).

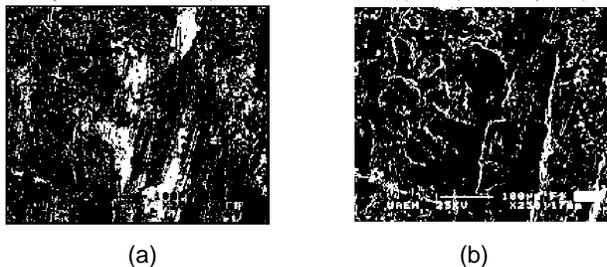
Figura	Pixeles Blancos	Pixeles Negros	Umbral Óptimo
Figura 8	5946	54041	0.64706
Figura 9	30586	29401	0.4902
Figura 10a	58719	1268	0.2915
Figura 10b	48199	11788	-



**Figura 14.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB (Muestra 4).  
a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu



**Figura 15.** Umbralado por aplicación de librerías del toolbox de MatLAB y optimización de la imagen (Muestra 4).  
a) Imagen original. b) Imagen binarizada con el método de Otsu ecualizada



**Figura 16.** Umbralado por determinación de pixeles (a) Imagen binarizada con el método de selección de pixeles (b) Binarización por el método opcional de binarización y elección de pixeles (Muestra 4).

**Tabla 4.** Niveles de pixeles blancos y negros, y umbral óptimo de la imagen analizada (Muestra 4 222x269 pixel).

Figura	Pixeles Blancos	Pixeles Negros	Umbral Óptimo
Figura 8	4176	55542	0.70196
Figura 9	30251	29467	0.4902
Figura 10a	49880	9838	0.45098
Figura 10b	11204	48514	-

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se puede analizar la cantidad de pixeles blancos y negros de cada una de las imágenes a las cuales se le aplicaron las tres perspectivas de la función

generada en MATLAB. Aquí, se puede denotar la cantidad de silicio, en pixeles, que existe en la imagen analizada, el cual se puede observar en cada una de las imágenes como la parte en blanco de la conversión binaria realizada para cada muestra. Además, se puede hacer una comparación entre las tres perspectivas y determinar cuál fue la que mayor resultado obtuvo.

#### 4. Conclusiones

El umbralado de imágenes, por medio del procesamiento digital de imágenes, que contengan información detallada de problemas industriales, proporciona un método de análisis rápido y sencillo para segmentar y cuantificar las causas que pueden originar daños y agresiones a los materiales empleados en la industria. Sin embargo, este análisis tiene que ser determinado de acuerdo a los parámetros del experto y algunas investigaciones previas realizadas.

El método de umbralado por determinación de pixeles para la segmentación de elementos propuesta en este documento, proporciona y enfatiza que puede generar un proceso de segmentación adecuado, fácil y sencillo, en comparación con los ya pre-establecidos en el toolbox de MATLAB, para la intervención de cualquier usuario y la aplicación del método para cualquier tipo de imagen. Esto, permite generar una flexibilidad en la función para el análisis de las muestras que se tomen de los materiales de construcción en la industria, de acuerdo a los criterios y consulta del experto.

#### Agradecimientos

Los autores manifiestan su gratitud al Programa de Mejoramiento del Profesorado por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo de esta investigación a través del proyecto PROMEP UAEH-PTC-455 (Segundo Año) denominado: Sistema de monitoreo de procesos en la industria del petróleo, así como al Dr. Juan Hernández Ávila del Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías (ICBI) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), por el apoyo brindado para la obtención de las imágenes digitales utilizadas y los ensayos de microscopía electrónica de barrido realizados.

## Referencias

[1] Alba José Luis, Cid Jesús, Mora Inmaculada. (Marzo 2006). *Métodos de análisis de Imágenes, Extracción de características*, Universidad de Vigo, Universidad Carlos III de Madrid y Universidad Rey Juan Carlos.

[2] E. Bolaños, L.D. López, M.A. Veloz, V.E. Reyes y G.Y. Vega. *Evaluación del comportamiento de un acero al carbono utilizado en tuberías para agua potable mediante espectroscopia de impedancia electroquímica y microscopia electrónica de barrido. Memorias en extenso del XXV congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y 3rd Meeting of the Mexican Section ECS*, Zacatecas, México. 2010, pp. 593-599.

[3] Bolaños Rodríguez E., J.C. González Islas, G.Y. Vega Cano, y E. Flores García. (2011). *MODELING BASED ON MARKOV CHAINS, FOR THE EVOLUTION OF PITTING CORROSION IN BURIED PIPELINES CARRYING GAS, ECST*, Vol. 35. Canadá

[4] Bolaños-Rodríguez E., E. M. Felipe-Riverón, A.S. Díaz Fergadiz-Roldán, L.R. Coello-Galindo y A. E. Solís-Galindo. (2010). *DETERMINACIÓN DE LA CAUSA DE LAS FALLAS EN LAS TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO UTILIZADAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE*, 6to Congreso Internacional de Tendencias Tecnológicas en Computación, CIDETEC, IPN.

[5] Cuevas Jiménez Erik Valdemar y Daniel Zaldívar Navarro. (2006). *Visión por Computadora Utilizando MatLAB Y el Toolbox de Procesamiento Digital de Imágenes*.

[6] Esqueda Elizondo José Jaime. (2002). *Fundamentos de Procesamiento de Imágenes*, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Tijuana, CONATEC 2002.