

# Esqueletización del cuerpo humano

(Mex-Culture)

Orozco García Mariano, [onairam309@gmail.com](mailto:onairam309@gmail.com)  
Guadalupe Flores Islas, [mylike96eich@hotmail.com](mailto:mylike96eich@hotmail.com)

## I. Resumen

*En el presente trabajo se propone un algoritmo de esqueletización del cuerpo humano, y de cualquier figura en general, utilizando un agrupamiento de partes aproximadamente convexas de un objeto. Este método utiliza imágenes binarias bidimensionales; consiste en la localización de los centroides geodésicos de cada sección para su posterior unión por trayectorias geodésicas. Dichas trayectorias, en conjunto, constituyen el esqueleto de la figura.*

## II. Introducción

En esta investigación se buscó clasificar material multimedia sobre la cultura mexicana mediante la utilización de inteligencia artificial, para que la información que se dará a conocer, sea catalogada de manera rápida y eficaz.

Se pretende lograr que un ordenador catalogue una imagen de manera análoga a como lo haría una persona. Cabe mencionar que esto solo es una aproximación basada en reglas de percepción que se mencionarán a continuación.

Utilizamos Matlab como plataforma de análisis debido a las facilidades de tiempo que el software ofrece en la etapa de desarrollo y dado a que es un software óptimo para procesar matrices y, por lo tanto, imágenes digitalizadas.

Para nuestra investigación nos enfocaremos en el procesamiento de fotogramas representativos de un video para identificar personas y su posición. La posición de las personas y por lo tanto las acciones que realizan se identifican por medio del descriptor de video llamado esqueleto morfológico.

El esqueleto morfológico es la línea situada en el centro de la forma. También se define como el lugar geométrico de los centros de los discos máximos contenidos dentro de la forma<sup>[1]</sup>.

En este caso el esqueleto morfológico fue obtenido por medio de trayectorias geodésicas que unen los centroides de las descomposiciones convexas aproximadas de la imagen.

Las descomposiciones convexas siguen 3 reglas de percepción humana: de mínima curvatura del contorno, de cortes pequeños y de convexidad.<sup>[2]</sup> Estas reglas

implementadas dan resultados similares a los que un humano indicaría. En el caso del esqueleto humano esta descomposición corresponde a los brazos, cabeza, piernas y torso.

Se implementó un algoritmo de orden  $O(nr)$  donde  $n$  son el número de muescas convexas dentro del perímetro y  $r$  es el número de vértices dentro del borde de la imagen.<sup>[3][4]</sup> Este es un método aproximado que se usa de manera recursiva siempre partiendo en dos partes con mayor convexidad y comprobando si la solidez, la razón entre el área del objeto y la del caparazón convexo, rebasa cierta tolerancia.

La distancia geodésica se define como la suma de las distancias adyacentes dentro de una región de un punto a otro es decir:

$$Geod(A_i, A_j) = \sum_{k=1}^{n-1} d(a_k, a_{k+1})$$

Donde  $A_i$  y  $A_j$  corresponden al punto de origen y partida y  $d(a_k, a_{k+1})$  representa la distancia entre el pixel actual y el adyacente.<sup>[5]</sup> Dicha distancia en este caso será representada por una aproximación de la distancia quasi-euclidiana con pesos 5 y 7 para la región 4 y 8 correspondientemente.

Así mismo se utilizarán mapeos de estas distancias conocidos como distancias Chamfer o mapeos Chamfer para facilitar el cómputo de trayectorias mínimas por medio de distancias geodésicas.

También se utilizarán a lo largo de este trabajo operaciones morfológicas sobre imágenes binarias tales como la erosión, dilatación, filtrados, entre otras.

### III. Metodología

Se analizaron imágenes prediseñadas y fotográficas para su descomposición en partes aproximadamente convexas utilizando el algoritmo A.

#### A. Obtención de partes convexas aproximadas a partir de imágenes binarias:

1. Se mide la solidez del objeto, que es el área del objeto entre el área del caparazón convexo.
2. Si la solidez está por debajo de un umbral:
  - a. Se obtiene el exceso entre el objeto y su caparazón convexo.
  - b. Se crea un mapeo de distancias geodésicas del perímetro del caparazón convexo sobre la máscara del exceso.
  - c. Se obtienen las secciones significativas del exceso por medio de una relación entre el área de la sección y el área del objeto original.
  - d. Se obtiene el punto de mayor concavidad por cada sección significativa del exceso, es decir, los puntos más alejados del caparazón convexo.
  - e. De dichos puntos se localiza el de mayor convexidad y se mapean las distancias de este a todos los vértices para encontrar la distancia de corte mínima.
  - f. Se obtienen y devuelven las dos secciones resultantes del corte y a cada una se le aplica el algoritmo A desde el punto 1.
3. Si la solidez está sobre el umbral:
  - a. No se descompone la imagen y se devuelve la misma imagen con una etiqueta.

De las etiquetas obtenidas, correspondientes a las partes convexas del objeto, se le aplica el algoritmo de esqueletización (B).

#### B. Obtención del esqueleto a partir de etiquetado de secciones de objeto:

1. Se obtienen los centroides geodésicos de cada sección de objeto.
2. Se dilata cada sección del objeto.
3. Se hace una compuerta *and* entre las dilataciones de las secciones para encontrar su intersección.
4. Si existe una intersección:

- a. Se obtiene el centroide geodésico de dicha intersección.

- b. Se obtienen las trayectorias geodésicas del centroide obtenido a los dos centroides de las secciones pertenecientes a la intersección.

5. Si no existe una intersección:
  - a. Se continúa con el algoritmo.
6. Una vez terminadas las permutaciones se unen todas las trayectorias por medio de una compuerta *or* para formar el esqueleto.

Los algoritmos se utilizan para la creación de esqueletos de figuras correspondientes a cuerpos humanos, sin embargo, estos métodos propuestos funcionan para cualquier figura sin huecos.

### IV. Resultados:

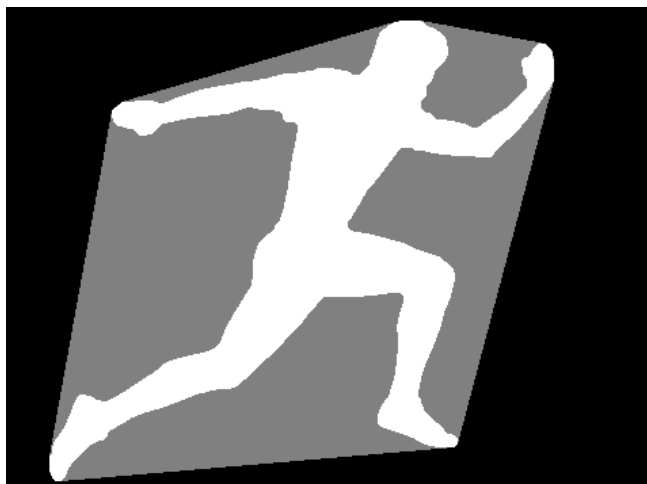
Se iniciaron las pruebas con imágenes de control para la posterior implementación en fotografías. El algoritmo propuesto supone una buena segmentación y aislamiento del objeto. A continuación se ejemplifica el procesamiento realizado sobre las imágenes.



Figura 1. Imagen de prueba

Primeramente el objeto se aísla de la imagen por medio de una binarización y se limpia y rellenan los huecos, si los hay. En seguida se calcula y grafica su caparazón convexo para obtener los puntos más cóncavos o más alejados del caparazón convexo. Esto se aprecia en la Figura 2.

Después se realiza el corte a partir de las reglas de percepción mencionadas (Figura 3).



*Figura 2. Imagen binaria del objeto junto con el caparazón convexo del mismo.*



*Figura 3. Ejemplo de corte realizado con las reglas de percepción.*

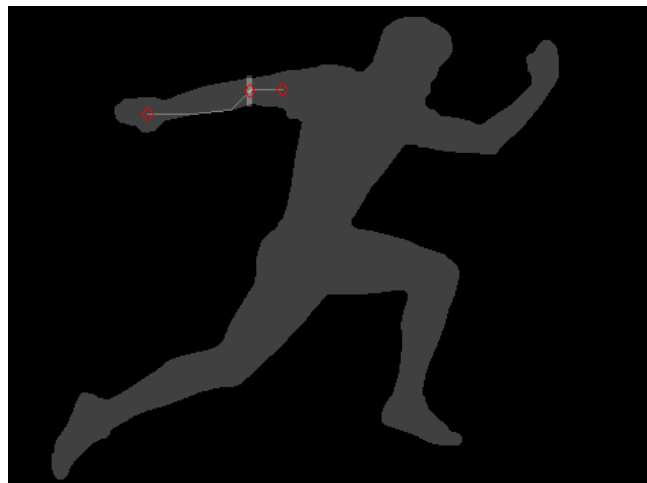
Posteriormente dicho proceso se repite hasta encontrar la solidez deseada (0.8 en este caso) en cada una de las secciones del objeto o se alcance un límite de área mínima (2500 pixel en este caso).

Cada sección se etiqueta y se crea una sola matriz con dichas etiquetas que son complementarias y la unión de todas estas crea el objeto original. Este etiquetado se muestra en la Figura 6.

Una vez encontradas dichas áreas se procede a mapear las distancias geodésicas (Figura 4) desde cada uno de los centroides para crear las trayectorias desde las intersecciones hasta estos puntos (Figura 5).



*Figura 4. Representación gráfica del mapeo de las distancias geodésicas.*



*Figura 5. Ejemplo de trayectorias geodésicas en intersección.*



*Figura 6. Etiquetado de partes aproximadamente convexas.*

En seguida se unen todas estas intersecciones para crear el esqueleto de la imagen. Figura 7.

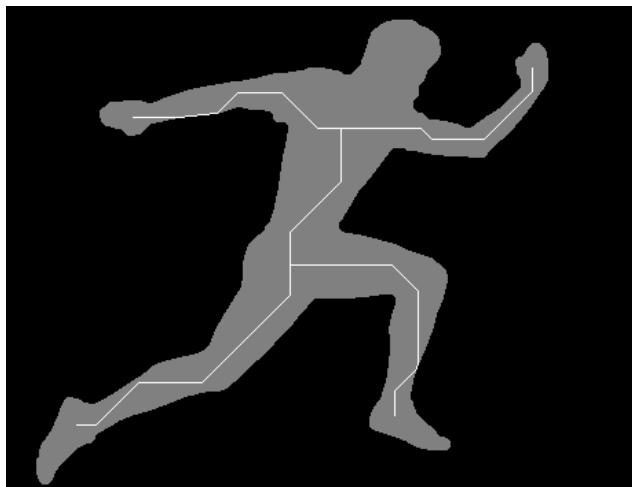


Figura 7. Esqueleto creado con trayectorias geodésicas.

A continuación se muestran varios resultados obtenidos tanto de la segmentación como de su correspondiente esqueleto morfológico.



Figura 8. Ejemplo de resultados con espalda en curvatura.

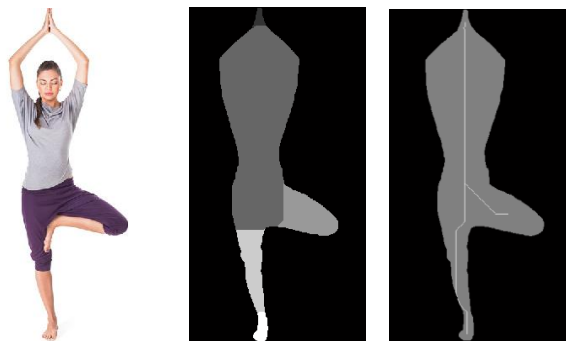


Figura 9. Ejemplo de resultados manos juntas sobre la cabeza.



Figura 10. Ejemplo de resultados manos en el suelo sobre un pie.

El código tiene varias debilidades, entre ellas está el hecho de que no es posible realizar segmentaciones apropiadas en zonas muy pequeñas o con poca calidad. Así mismo no se consideraron los huecos que pueden existir en una imagen para la segmentación, estos se rellenan para evitar conflictos como se muestra en la Figura 11.

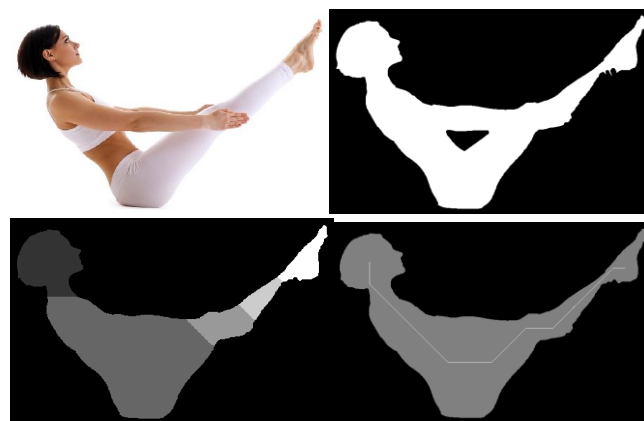
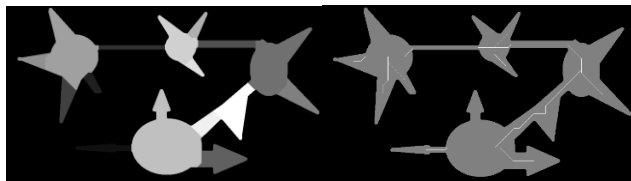
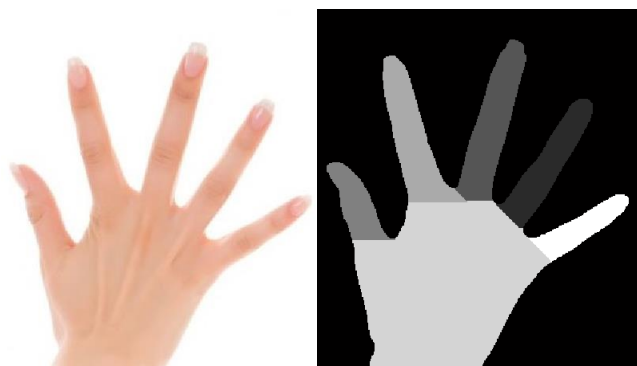


Figura 11. Se muestra la exclusión de los huecos de la imagen binaria para la esquelización.

Cabe mencionar que el código descrito así como las funciones creadas son más bien generales y no se limitan a la esquelización de cuerpos humanos sino de cualquier objeto binario bidimensional. Dos ejemplos de esto se muestran en la figura 12 y 13.



*Figura 12. Descomposición y esqueletización de figura compleja con una tolerancia de 0.8 en Solides.*



*Figura 13. Descomposición convexa similar a la percepción humana, donde se aprecia el agrupamiento de los dedos.*

## V. Conclusiones:

El programa presentado para la obtención del esqueleto de las personas resulta simple en su elaboración y comprensión debido a las herramientas de procesamiento de imágenes con el que cuenta Matlab, así como los algoritmos utilizados y su aplicación.

El programa está diseñado considerando como finalidad: facilitar la labor de análisis del video a partir de imágenes, de modo que al ser procesada cada una de estas muestre los resultados de forma eficiente.

A pesar de que el programa presente deficiencias y solo sea una aproximación esto es suficiente para los fines que son requeridos. Inclusive, el hecho de que sean aproximaciones ayuda a optimizar tiempos de ejecución sacrificando un exactitud.

## VI. Referencias:

- [1] Skeletonization of labeled gray-tone images, Carlo Arcelli, Luca Serino, Elsevier, Junio 29, 2004.
- [2] A Method of Perceptual-based Shape Decomposition, Chang Ma, et al, IEEE publication.
- [3] Approximate convex decomposition and its applications, Jyh-Ming Lien, Doctor grade Thesis, Texas A&M University, December 2006.
- [4] Approximate convex decomposition of polygons, Jyh-Ming Lien, Nancy M. Amanto, Elsevier, 20 Julio 2005.
- [5] 2D Shape Analysis using Geodesic Distance.
- [6] A Robust Method for Human Pose Estimation based on Geodesic Distance Features, Sebastian Handrich and Ayoub Al-Hamadi Institute of Information Technology and Communications, IEEE International Conference, 2013.
- [7] An Efficient Algorithm for Approximating Geodesic Distances in Tree Space, Simone Battagliero, Giuseppe Puglia, Saverio Vicario, Francesco Rubino, Gaetano Scioscia, and Pietro Leo, IEEE/ACM Transaction on computational biology and bioinformatics, Vol 8 No. 5, September/October 2011.
- [8] MinimumNear-Convex Decomposition for Robust Shape Representation, Zhou Ren, Junsong Yuan Chunyuan Li, Wenyu Liu Nanyang Technological University, Singapore Huazhong Univ. of Sci. & Tech., P.R. China.
- [9] Parts-based 2D shape decomposition by convex hull, Lili Wan Institute of Information Science, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P.R. China, IEEE International Conference on shape modeling and applications, 2009.
- [10] Weak Convex Decomposition by Lines-of-sight, Shmuel Asafi Avi Goren Daniel Cohen-Or, School of Computer Science, Tel Aviv University, Eurographics Symposium on Geometry Processing, Volume 32, Number 5, 2013.