



Máster de Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Máster

Técnicas de ayuda al diagnóstico de distrofias musculares basadas en procesamiento de imágenes y en sistemas reconfigurables

Autor: Borja Jesús Carrillo Pérez

Tutor: José Fco. López Feliciano

25 de julio de 2016

Resumen:

Las distrofias musculares son un grupo particular de enfermedades neuromusculares que se caracterizan principalmente por el debilitamiento muscular progresivo y la pérdida de masa muscular. Antes diagnosticar, los patólogos deben llevar a cabo un estudio minucioso, mediante microscopía, de las muestras de músculo esquelético, obtenidas en una biopsia mediante la realización de un corte transversal del músculo. Este estudio consiste en la cuantificación manual de fibras Tipo I y Tipo II, así como la medida de los diámetros menores de 100 células aleatorias de cada tipo, y la extracción a partir de los datos anteriores de otros datos estadísticos de interés. En la actualidad, el tiempo empleado por un especialista para analizar una de estas imágenes supera los 30 minutos. En este Trabajo de Fin de Máster se presenta una herramienta cuyo objetivo es acelerar el procedimiento manual hasta 20 veces, mediante la automatización del mismo. Se proponen varios métodos novedosos en la segmentación de las imágenes y el cálculo de los diámetros de las fibras. Como resultado final, se presenta una interfaz gráfica de fácil uso que permite obtener todos los parámetros de necesarios de las imágenes.

Segmentación:

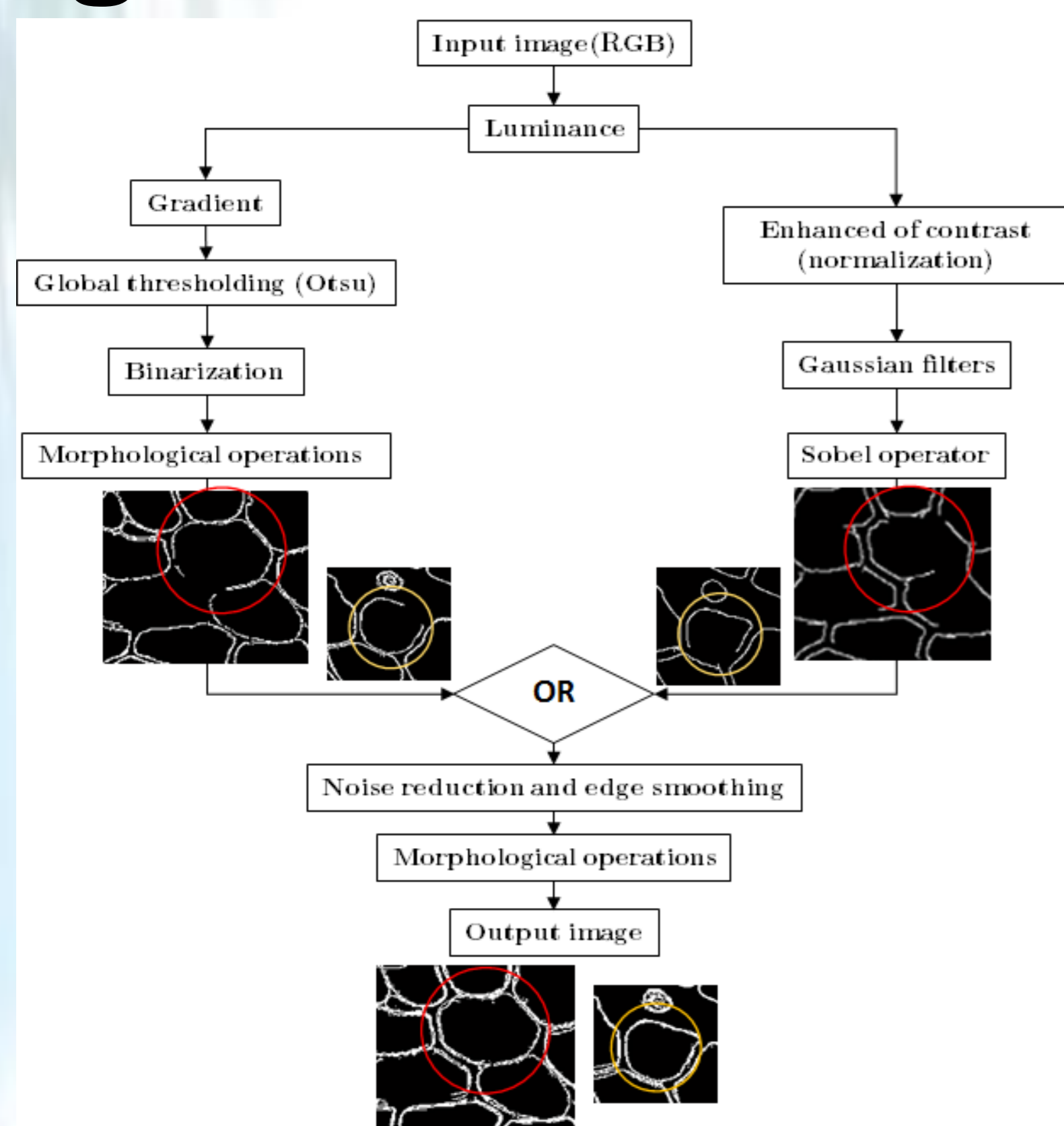


Figura 1: Diagrama de flujo del método propuesto.

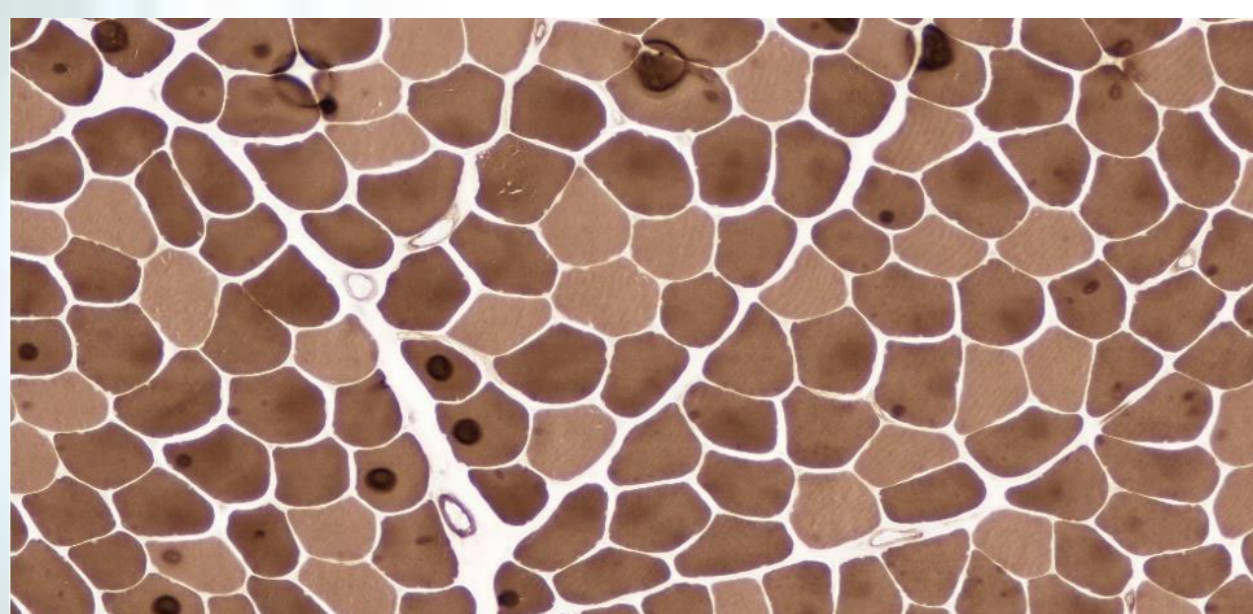


Figura 2: Ejemplo de imagen de muestra muscular.

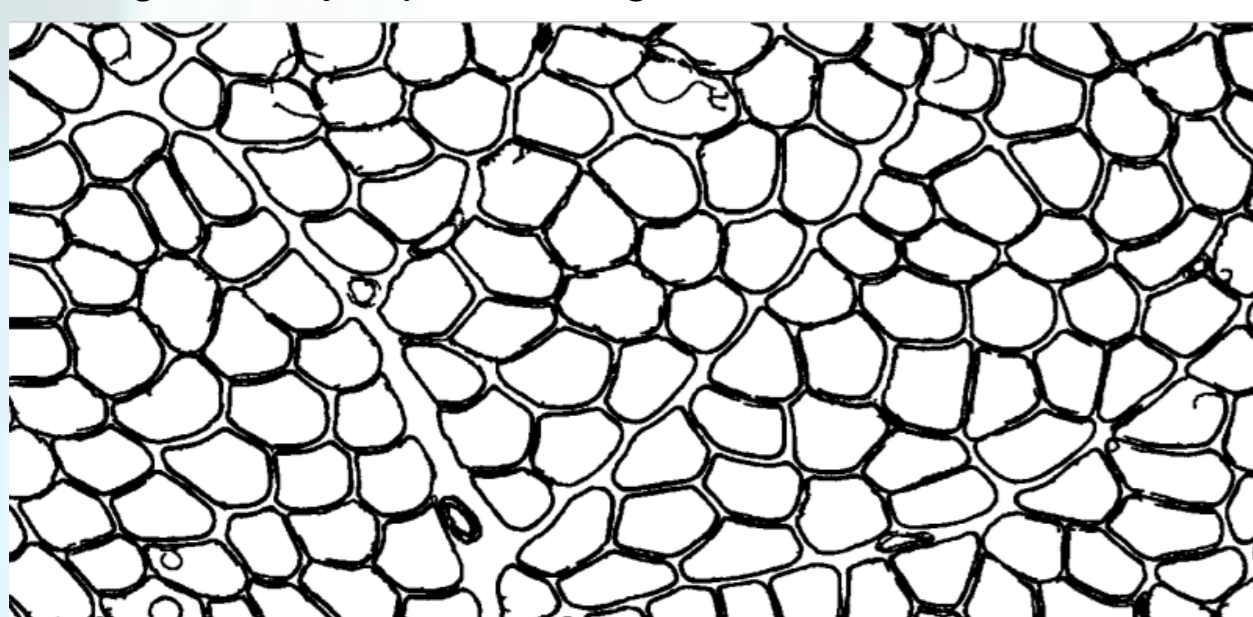


Figura 3: Imagen segmentada mediante el método propuesto.

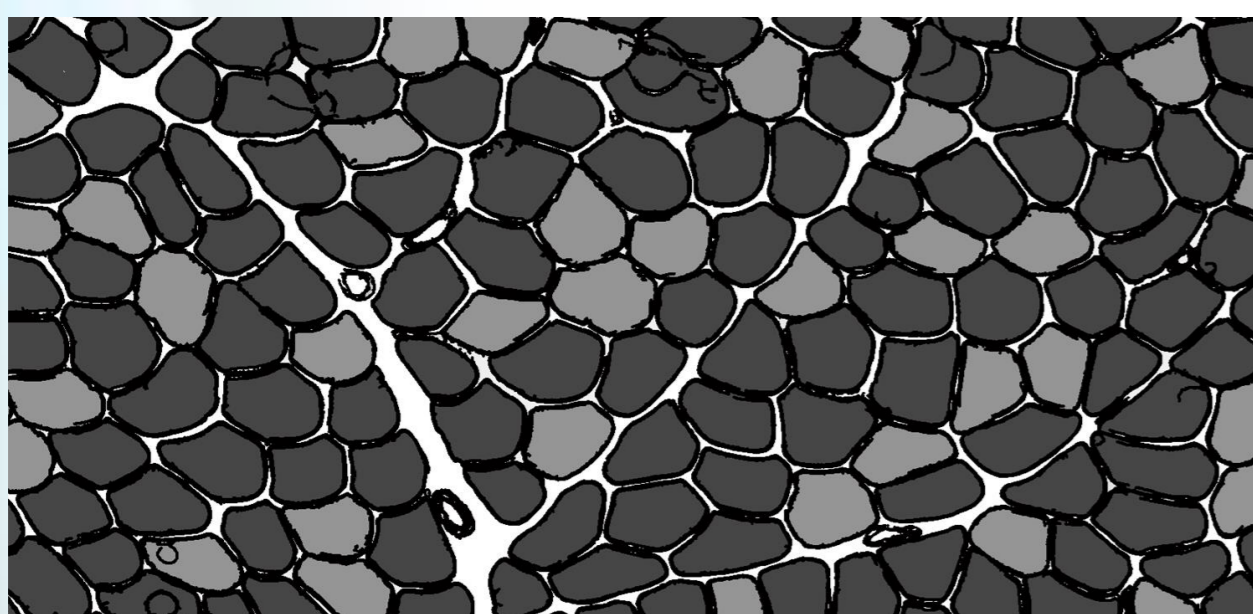


Figura 4: Imagen segmentada y con fibras clasificadas mediante umbralización de Otsu.

Cálculo del diámetro menor:

Se han comparado el método de fuerza bruta, diámetro de Feret y el método de las tensiones principales, siendo el último el elegido para incluir en el software. Definiendo una tensión en un plano como una covarianza entre píxeles:

$$\sigma_{xy} = \sum \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N}$$

Se definen las direcciones principales de las tensiones de un plano como los autovalores (de la matriz de tensiones Txy):

$$T_{xy} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} \end{pmatrix} \\ \Rightarrow \text{Diagonalizando} \\ \Rightarrow T_{1,2} = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 \\ 0 & \sigma_2 \end{pmatrix}$$

La dirección de σ_2 coincide con la del diámetro menor.

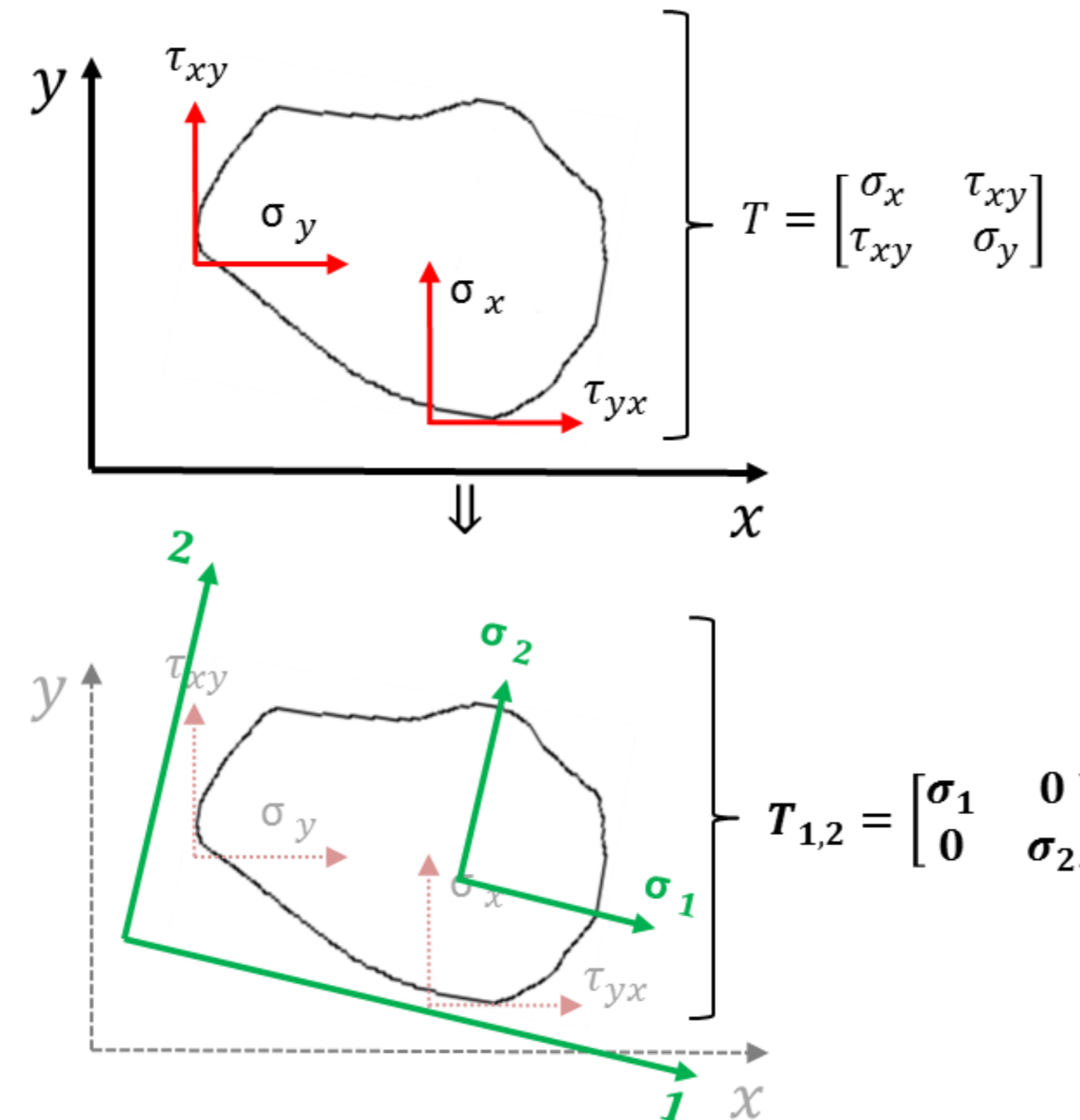


Figura 5: Cálculo del diámetro menor de una fibra con el método de las tensiones principales. Los símbolos σ_x , σ_y , τ_{yx} y τ_{xy} muestran las tensiones originales. σ_1 y σ_2 muestran las tensiones principales del plano (fibra). Σ_2 se corresponde con la dirección del diámetro menor.

Resultados:

Estudio comparativo entre los métodos implementados Watershed y K-means, y el método desarrollado y propuesto en este TFM, aplicados a la imagen mostrada en la sección de segmentación

$$FdM_{segmentación} = \frac{2 * (\text{Áreas aisladas que son células})}{\text{Áreas aisladas totales} + \text{Número total}} * 100$$

Método	Áreas aisladas	Correspondencia con fibras reales	FdM _s
Watershed	195	97	55.8
K-means	87	58	48.3
Proposed	155	151	98.0

Fibras reales = 153

Clasificación de fibras en tipos

Tipo I (manual)	Tipo I (software)	% de exactitud	Tipo II (manual)	Tipo II (software)	% de exactitud
36	34	94.4 %	117	122	95.9 %

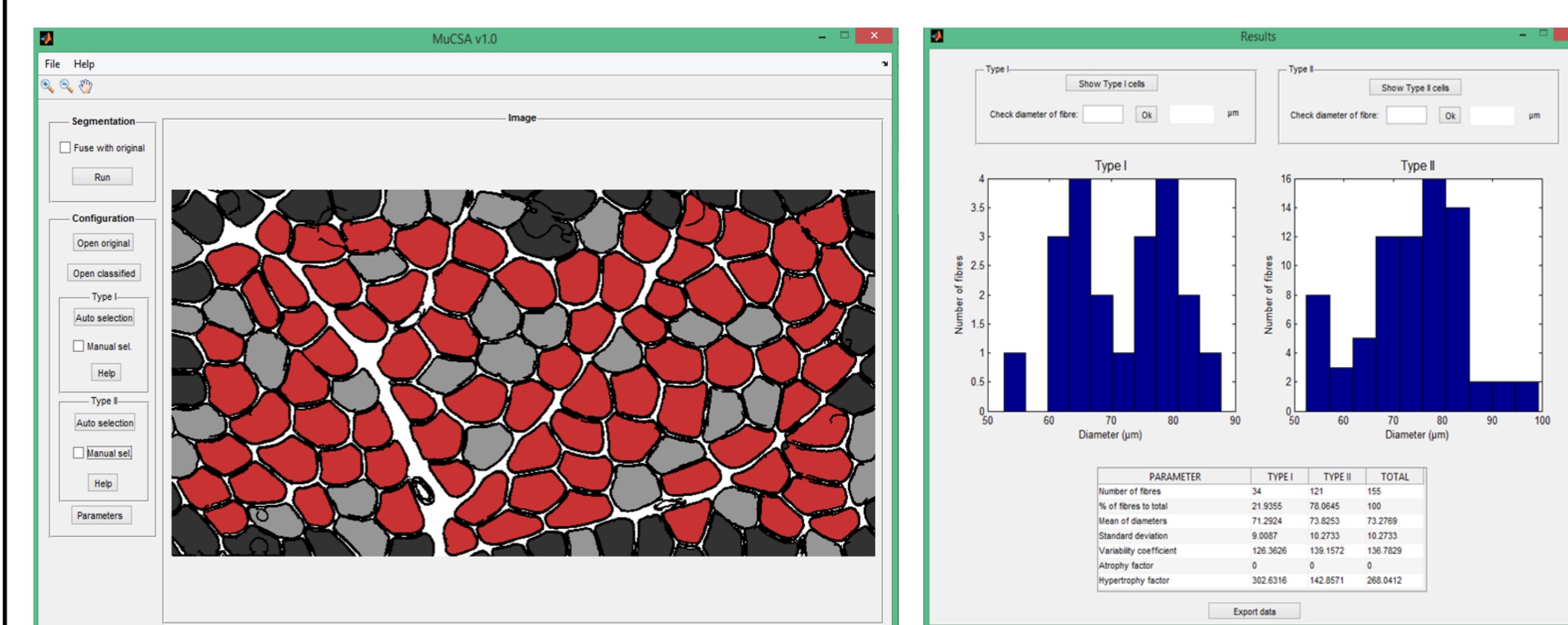
Cálculo del diámetro menor

Estudio comparativo entre el método de fuerza bruta, diámetro de Feret y el método de tensiones principales:

$$FdM_{diámetros} = \frac{\% \text{ exactitud diámetro mayor} + \% \text{ exactitud diámetro menor}}{100 \cdot \text{Tiempo de cómputo}}$$

Fibra	% exactitud		Runtime	Estimación 200 fibras	FdM _d
	Mayor	Menor			
Fuerza bruta	99.7%	99.9%	19.9 s	66.6 min	0.10
Feret (5°)	99.5%	99.3%	3.2 s	10.7 min	0.62
Tensiones principales	99.5%	99.4%	0.48 s	1.6 min	4.14

Interfaz Gráfica: MuCSA v1.0



Conclusiones:

En este trabajo se han desarrollado algoritmos, incluidos en una interfaz gráfica de usuario, que es capaz de acelerar el procedimiento previo al diagnóstico de distrofias musculares. Concretamente, el tiempo del procedimiento ha sido reducido de 15 a 20 veces. El algoritmo propuesto para la segmentación proporciona una mejor detección de bordes, con respecto a otros métodos, que además permite clasificar las fibras en sus tipos satisfactoriamente. El método de las tensiones principales para el cálculo de los diámetros menores proporciona un error insignificante y un tiempo de ejecución menor que los otros métodos. Otros parámetros necesarios son calculados a partir de los resultados obtenidos. Este trabajo es el primer paso hacia el desarrollo de una herramienta comercial que automáticamente resuelva las tareas llevadas a cabo por los patólogos de cualquier hospital o laboratorio para diagnosticar enfermedades neuromusculares.

