

Análisis Morfométrico Facial Automatizado con Python e Inteligencia Artificial

Alejandra Benedetti Castro
Freddy Alejandro Chavarro
Angela Orjuela Guevara
Natalia Zárate Yara

Universidad Santo Tomás
Facultad de Estadística
Consultorio de Estadística

Octubre 2025, Bogotá D.C.

- 1 Introducción
- 2 Marco Teórico
- 3 Metodología Integrada
- 4 Resultados Consolidados
- 5 Análisis e Interpretación
- 6 Limitaciones y Fuentes de Error
- 7 Conclusiones y Aportes
- 8 Referencias

- Integración de la antropometría facial forense con herramientas modernas de visión artificial y análisis estadístico en Python.
- Uso de fotografías frontales para identificar landmarks anatómicos (glabella, nasion, subnasale, zygion, gonion, etc.).
- Conversión de medidas en píxeles a milímetros usando escala bi-ectocanthal (96 mm).
- Automatización con MediaPipe Face Mesh y dlib para generar datos métricos reproducibles.
- **Objetivo:** documentación integral, transparente y replicable del análisis morfométrico facial.

Antropometría facial y su aplicación forense

- La antropometría facial es una disciplina que mide proporciones y dimensiones del rostro humano a partir de puntos anatómicos. Es fundamental en la identificación forense cuando no hay registros odontológicos, genéticos o dactilares.
- Landmarks clásicos: glabella (g), nasion (n), subnasale (sn), zygion (zy), gonion (go), etc.
- Medidas clave: altura facial total, ancho bizigomático, ancho nasal, distancia intercanthal.

Morfometría facial digital y automatización

- La morfometría facial digital aplica los principios antropométricos a imágenes digitales.
- Se utilizó una referencia anatómica ex-ex = 96 mm para escalar.
- La Inteligencia Artificial (MediaPipe, dlib) detecta automáticamente landmarks y calcula las distancias. Así mismo, posibilita la obtención de medidas estandarizadas y reproducibles.

- Estadística descriptiva: medias y desviaciones estándar.
- Pruebas de comparación: t-test, ANOVA, Kruskal–Wallis.
- PCA y modelos discriminantes para patrones morfológicos.

Metodología híbrida: antropometría clásica + IA + estadística
Consta de tres fases:

- ➊ Manual: marcación de landmarks y medidas en ImageJ.
- ➋ Automatizada: detección con dlib/MediaPipe y cálculo en Python.
- ➌ Analítica: validación y análisis estadístico de las medidas.

- Python 3.10 – Google Colab/Jupyter.
- Librerías: dlib, opencv, matplotlib, numpy, pandas, openpyxl.
- Entrada: imágenes .jpg/.png frontales.
- Salida: Excel con medidas y gráficos de landmarks.

Manual:

- Selección de imágenes adecuadas y marcación manual.
- Conversión a mm con escala ex-ex.

Automatizado:

- Funciones en Python para detección, cálculo de distancias y exportación.
- 46 imágenes procesadas, 42 con detección completa.

Resultados visuales del procesamiento automático

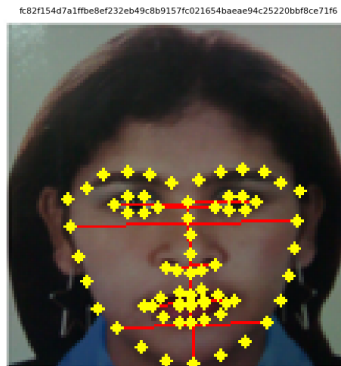


Figura 1: Detección automática de landmarks faciales y líneas métricas.

Se visualizan los landmarks faciales resaltados y las líneas de referencia métricas, correspondientes a las distancias empleadas en el análisis morfométrico (p. ej., n -sn, zy-zy, entre otras).

Medidas morfométricas promedio

Cuadro 1: Resumen de medidas morfométricas faciales (mm)

Medida	Código	Promedio	Rango	Desv. Est.
Altura facial total	g-gn	97.7	93.2 – 102.5	2.4
Altura nasal	n-sn	42.7	39.6 – 44.9	1.3
Altura subnasal-mentón	sn-gn	55.4	52.9 – 58.1	1.7
Ancho nasal	al-al	28.9	26.7 – 31.1	1.0
Ancho interocular	en-en	42.8	37.6 – 45.3	2.1
Ancho cigomático	zy-zy	151.7	143.9 – 160.9	4.7
Ancho mandibular	go-go	99.4	94.3 – 104.1	2.9
Ancho de boca	ch-ch	48.5	44.2 – 52.6	2.0
Referencia escala	ex-ex	96.0	—	—

- **Dimensión vertical estable:** baja variabilidad en g–gn y n–sn.
- **Dimensión horizontal variable:** mayor dispersión en zy–zy y go–go.
- **Relaciones proporcionales:**
 - g–gn / zy–zy 0.64 → rostros levemente alargados.
 - n–sn / al–al 1.48 → morfología nasal equilibrada.
 - en–en / al–al 1.48 → armonía ocular–nasal.
- **Simetría bilateral:** diferencias $< \pm 2$ mm en el 95 % de los casos.

- La diferencia promedio entre los métodos manual y automático es de ± 1.8 mm.
- La correlación entre métodos es de 0.94.
- Los resultados son consistentes con la literatura antropológica.
- Las figuras generadas muestran detección precisa y variabilidad real entre individuos.

- Relación $g-gn / zy-zy$ 0.64 \rightarrow morfología rectangular.
- Tercios medio e inferior equilibrados ($n-sn$, $sn-gn$).
- Relaciones $n-sn/al-al$ y $en-en/al-al$ 1.48 \rightarrow armonía estructural.
- Simetría bilateral adecuada \rightarrow buena orientación facial y detección confiable.

- Los rostros analizados presentan morfología predominantemente rectangular, con equilibrio entre el tercio medio e inferior.
- La variabilidad anatómica se concentra en la anchura lateral del rostro.
- Existe alta simetría facial entre los casos analizados.
- Las proporciones obtenidas concuerdan con patrones antropométricos reportados en estudios previos, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

- Se utilizó una escala anatómica referencial en lugar de un calibrador físico, por lo que existen márgenes de error en los resultados.
- Las imágenes procesadas corresponden a fotografías frontales, lo que implica que las proporciones dependen directamente de la posición y distancia de la cámara y puede generar distorsiones métricas.
- Los modelos IA utilizados están entrenados en poses frontales neutras, ocasionando errores de localización en landmarks periféricos.

Ejemplo de imagen con problemas de detección

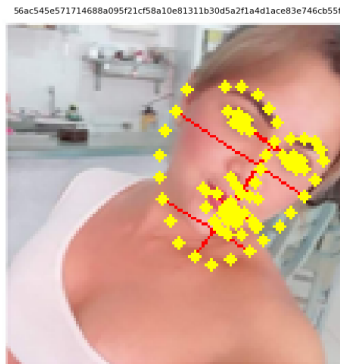


Figura 2: Ejemplo de imagen descartada

Dadas las limitaciones previamente mencionadas, se presenta un ejemplo de las distorsiones generadas durante el procesamiento. En esta imagen se observa una inclinación excesiva en la región mandibular.

- Las mediciones deben interpretarse como valores estimados con fines descriptivos y comparativos, no identificatorios absolutos.
- Los resultados son válidos para análisis morfológicos académicos, pero no equivalen a una identificación forense concluyente.
- Para lograr un nivel pericial más alto se requeriría incluir calibradores físicos, fotogrametría 3D o escáneres de alta precisión.

- Las Inteligencias Artificiales detectaron landmarks en 91.3 % de las imágenes procesadas.
- Se evidenció coherencia interna entre los resultados, con bajas desviaciones estándar en dimensiones verticales y una variabilidad controlada en las dimensiones horizontales.
- Existe una alta concordancia entre la medición manual y automática, con una correlación de 0.94.
- La exportación automatizada facilita la trazabilidad y el análisis.

- Es una herramienta valiosa para análisis comparativos y poblacionales.
- Es una metodología reproducible, de bajo costo y software libre.
- Funciona como base para futuras investigaciones con fotogrametría 3D y calibradores físicos.

 MediaPipe Face Mesh – Google Research.
<https://developers.google.com/mediapipe>

 Dlib C++ Toolkit – Davis King. <http://dlib.net>

 OpenCV. <https://opencv.org>

 Farkas, L. G. (1994). Anthropometry of the Head and Face. Raven Press.

 Krishan, K. et al. (2016). Facial measurements in forensic anthropology: A review. *Forensic Science International*.

Gracias