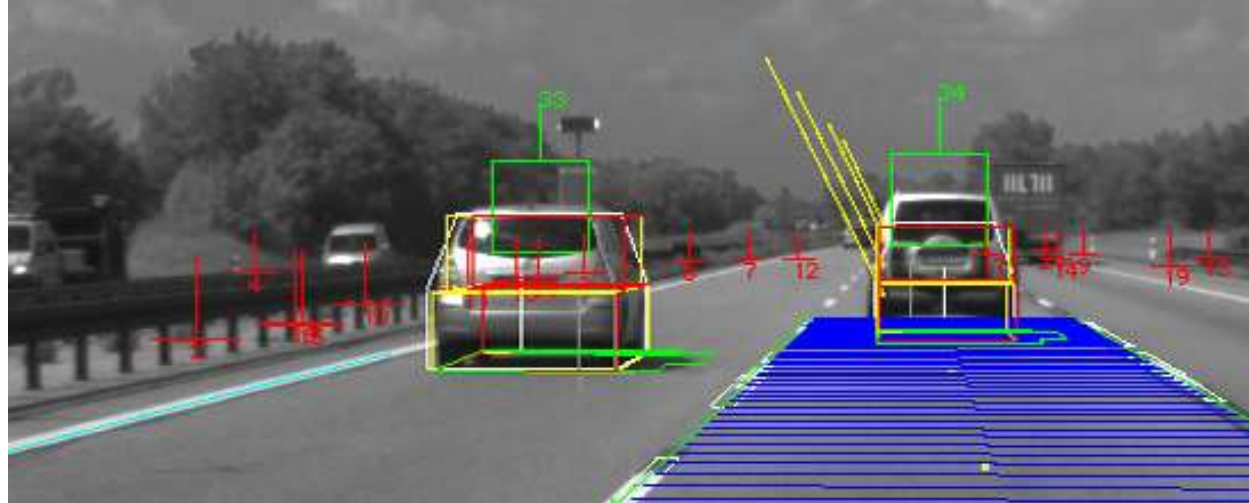


# Procesamiento Geométrico y Análisis de Formas

Ivan Sipiran

# Análisis de Formas

- Algoritmos para comprender la geometría de los objetos 3D
- Objetivo principal de la visión computacional
  - Comprender entradas visuales



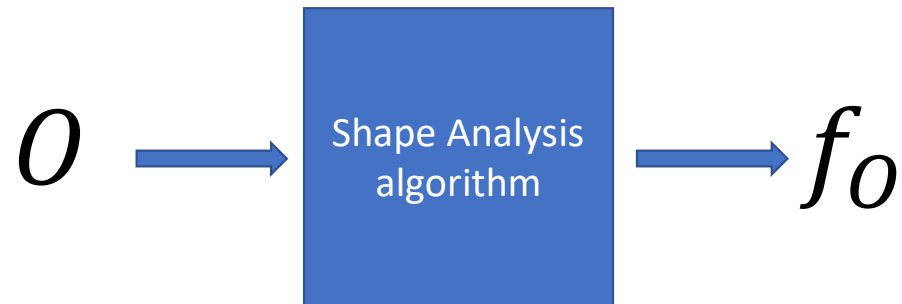
# Análisis de Formas

- Algoritmos en imágenes funcionan bien
  - La mayoría de las veces, la información 2D no es suficiente
- Análisis de formas: alternativa para incorporar datos 3D en el proceso
  - Creciente interés en dispositivos 3D

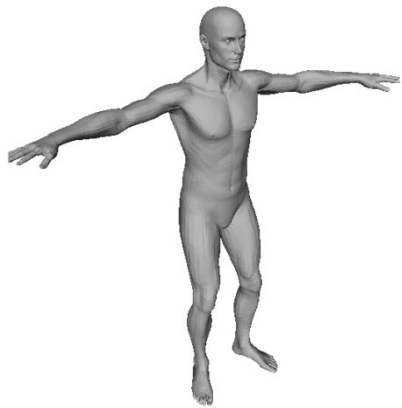


# Análisis de Formas - Definición

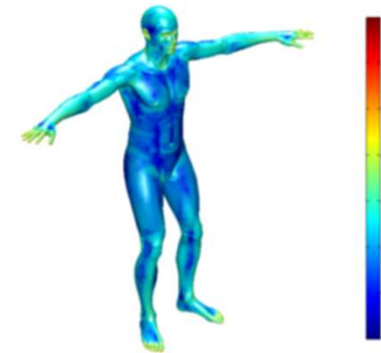
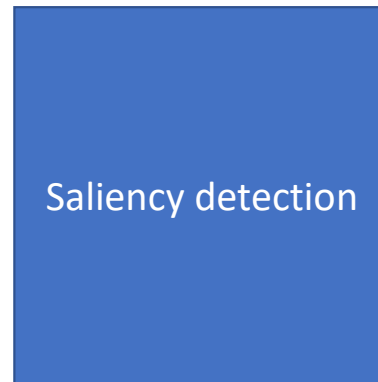
- Comprender la geometría: extraer conocimiento desde datos 3D



# Análisis de Formas - Ejemplos



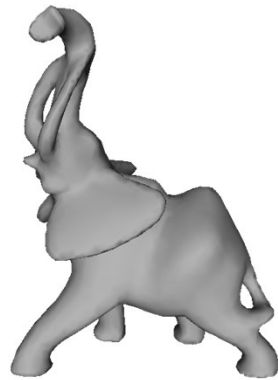
$$O = (V, E)$$



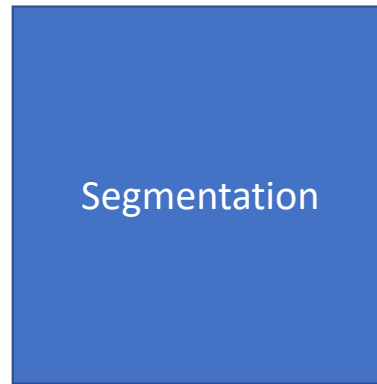
$$f_O: V \rightarrow R$$

- $f_O$  asigna un valor a cada vértice para indicar su importancia

# Análisis de Formas - Ejemplos



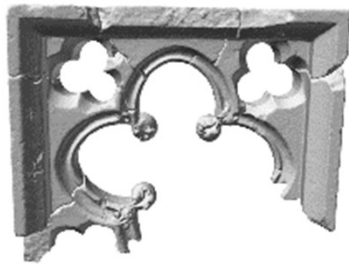
$$O = (V, E)$$



$$f_O: V \rightarrow L$$

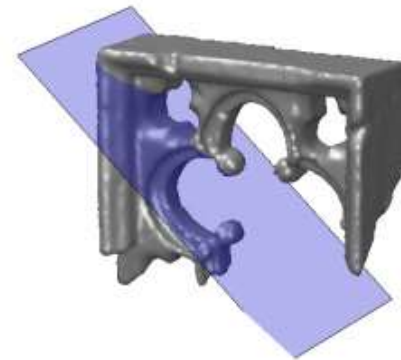
- $f_O$  asigna una etiqueta a cada vértice. Cada etiqueta representa un segmento.

# Análisis de Formas - Ejemplos



$$O = (V, E)$$

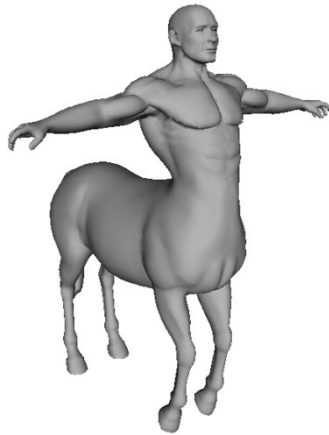
Simetry detection



$$f_O: \text{transf. } T \text{ such that } T(O) \cong O$$

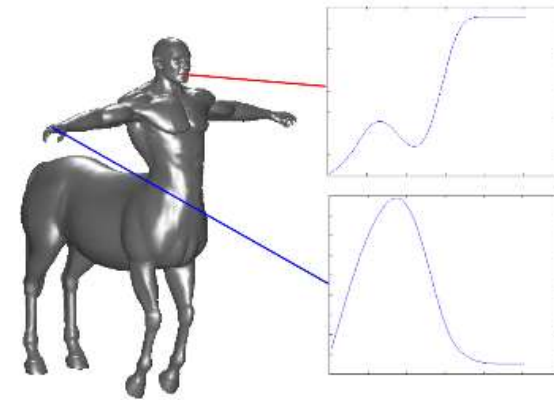
- $f_O$  es una transformación no trivial que preserva la forma de un objeto.

# Análisis de Formas - Ejemplos



$$O = (V, E)$$

Characterization



$$f_O: V \rightarrow R^n$$

- $f_O$  asigna un vector n-dimensional a cada vértice que describe la geometría local



# Análisis de Formas - Ejemplos

$O = (V_O, E_O)$



$P = (V_P, E_P)$



Similitud

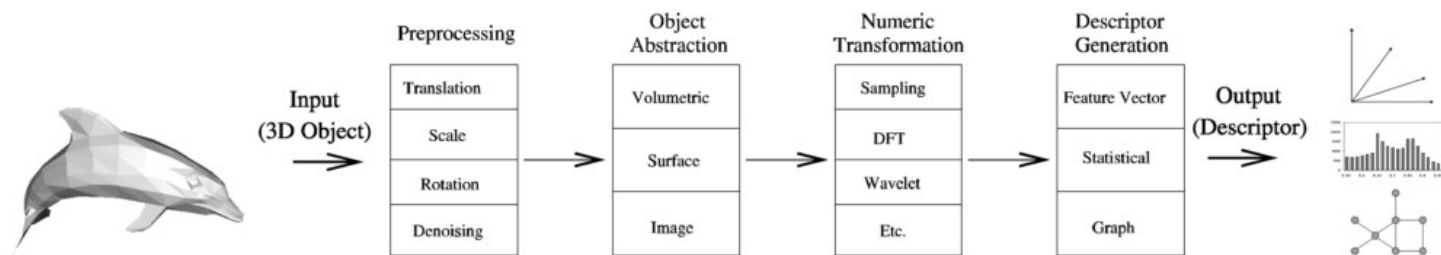
$f : U \times U \rightarrow R$

- $f$  asocia un nivel de similitud entre objetos

# Descriptores para Similitud Global

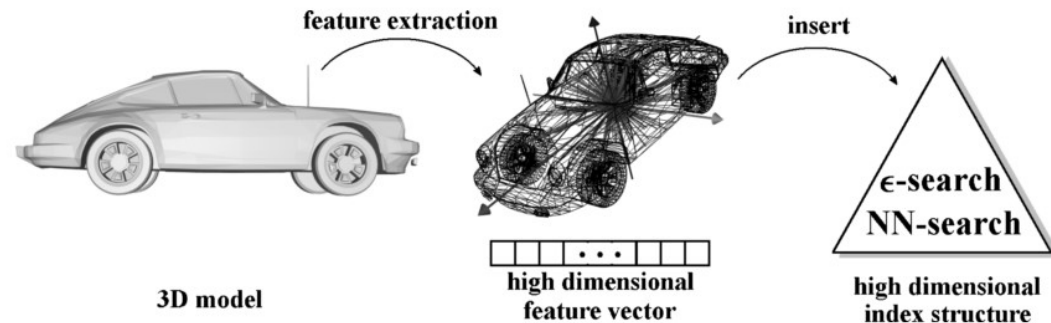
# Descripción global

- El enfoque global: Transformar un objeto 3D en una representación numérica/simbólica
  - Vectores característicos
  - Grafos
- Comparar dos objetos a través de sus representaciones



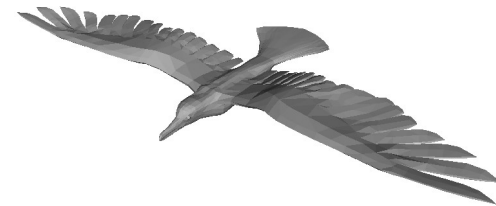
# Descripción global

- El enfoque global: Transformar un objeto 3D en una representación numérica/simbólica
  - El enfoque de vectores característicos ha sido estudiado ampliamente
  - Es posible construir sistemas escalables



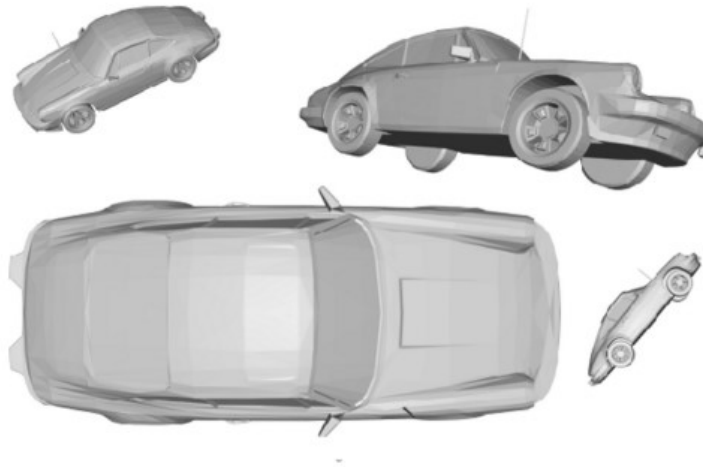
# El descriptor Depth-Buffer

- Descriptor basado en imágenes
  - Convertir un objeto 3D en un conjunto de imágenes
  - Extraer información numérica desde las imágenes
- Problema: Las imágenes difieren si la pose del objeto cambia
  - Solución: normalización de pose



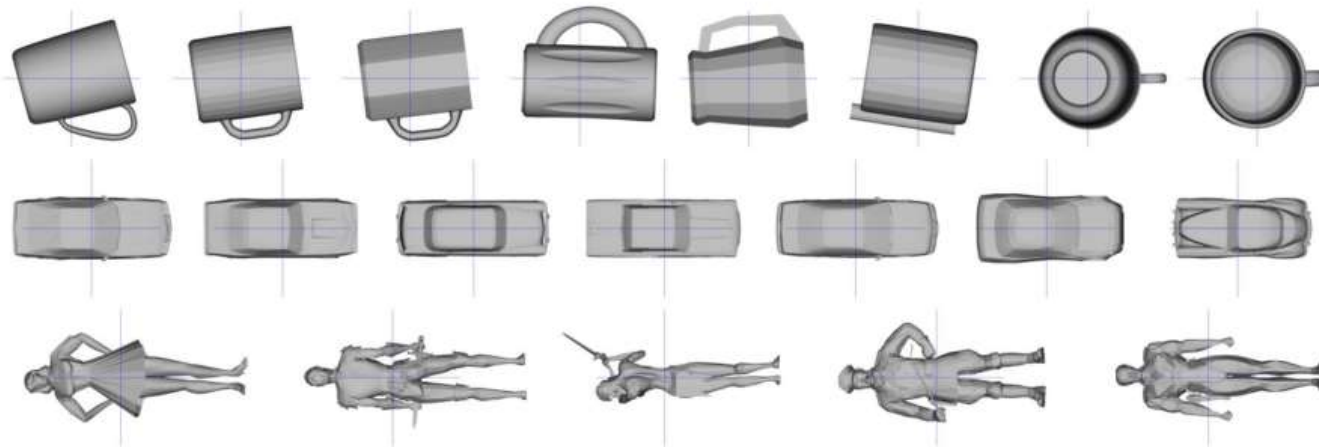
# Descriptor Depth-Buffer

- Normalización de pose
  - Trasladar el centro de masa del objeto al origen de coordenadas
  - Rotar de acuerdo a la más grande distribución de la superficie (PCA)
  - Escalar a tamaño estándar



# Descriptor Depth-Buffer

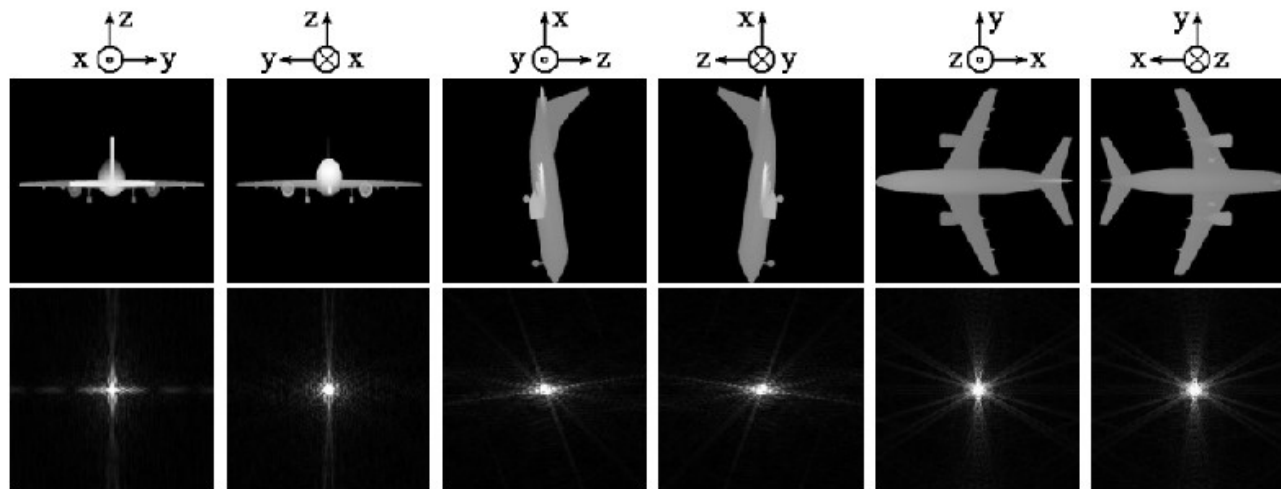
- Normalización de pose
  - Funciona para clases con baja variabilidad intra-clase



# Descriptor Depth-Buffer

- Para cada proyección, aplicar la transformada de Fourier

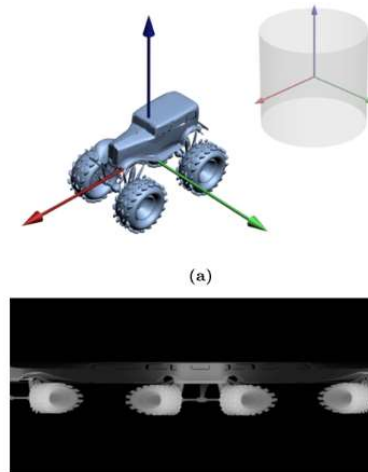
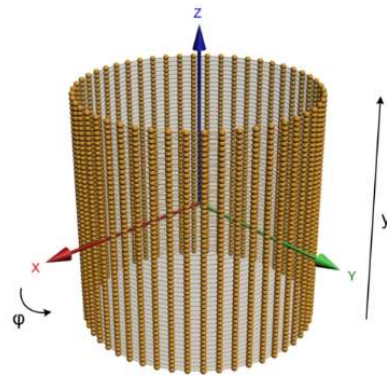
$$\hat{f}_{pq} = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{N-1} f_{ab} \exp(-j2\pi(pa/M + qb/N))$$





# Descriptor PANORAMA

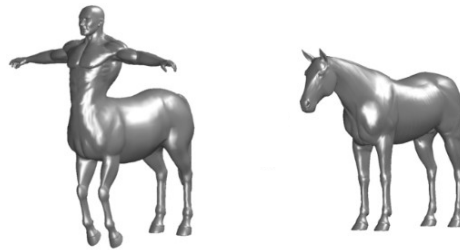
- Descriptor basado en imágenes (requiere normalización de pose)
- En vez de usar proyecciones rectangulares, usa proyección cilíndrica
- Coeficientes de Fourier y Wavelet



# Descriptores para Similitud Parcial

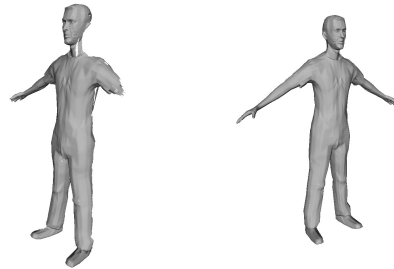
# Qué es similitud parcial?

## Primer caso



- Objetos con partes similares
- Extensión de las partes similares no se conoce a priori

## Segundo caso

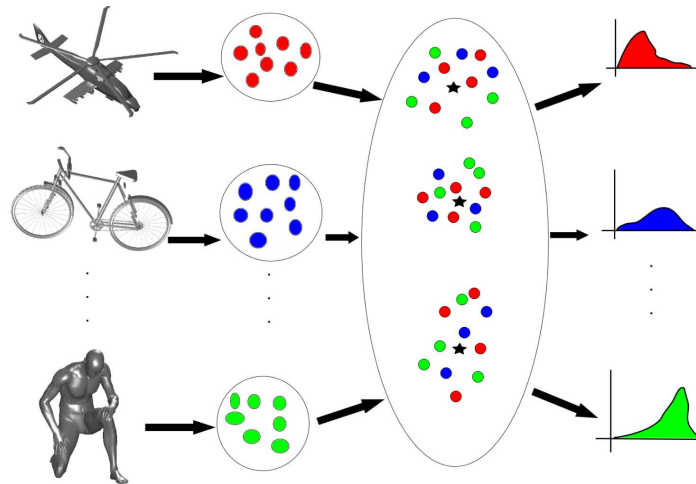


- Consulta es una vista
- Recuperar objetos con vistas similares
- Común con uso de escáneres

Información local es mayor que información global para caracterizar porciones de una forma. Por lo tanto, se requiere un análisis local de la geometría.

# Enfoque común: Bag of features

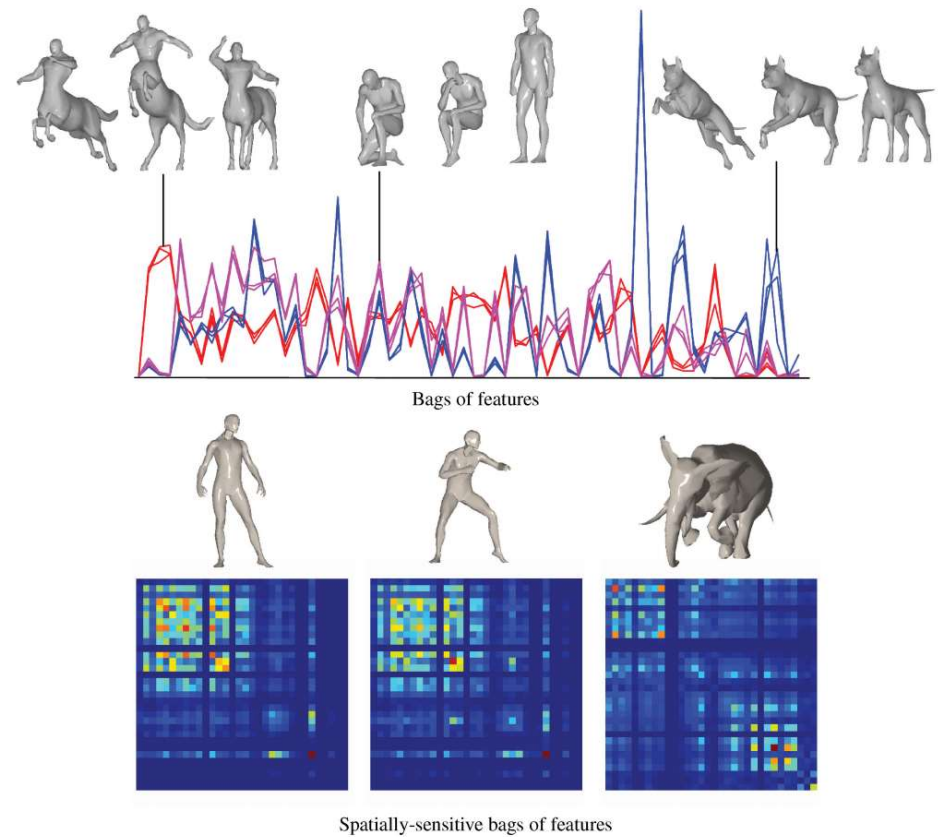
- Tomado de la recuperación de texto
- Documentos son organizados como una bolsa de palabras



- Distribución de descriptores locales en espacio característico puede revelar estructuras locales útiles para la recuperación.

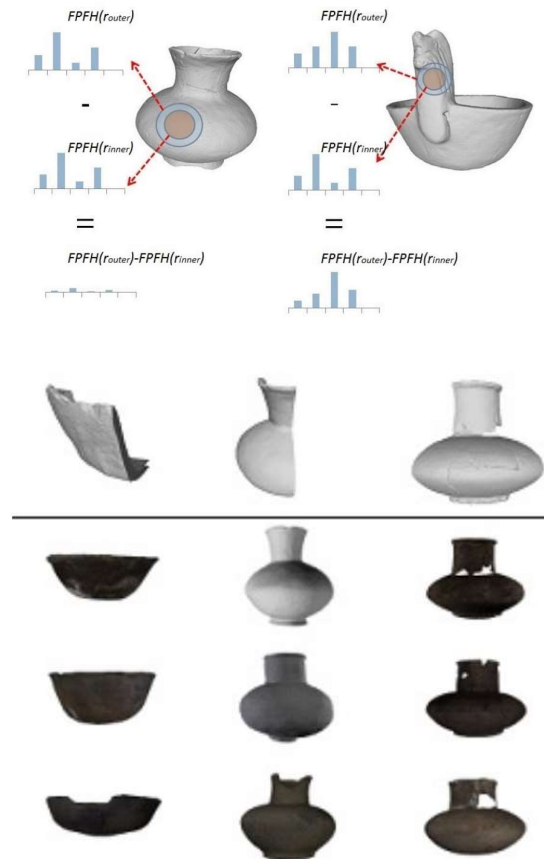
# Ejemplo

- Shape Google
  - Uso de Heat Kernel Signatures
  - BoF sensitivo espacialmente
  - Vectores cuantizados → códigos binarios



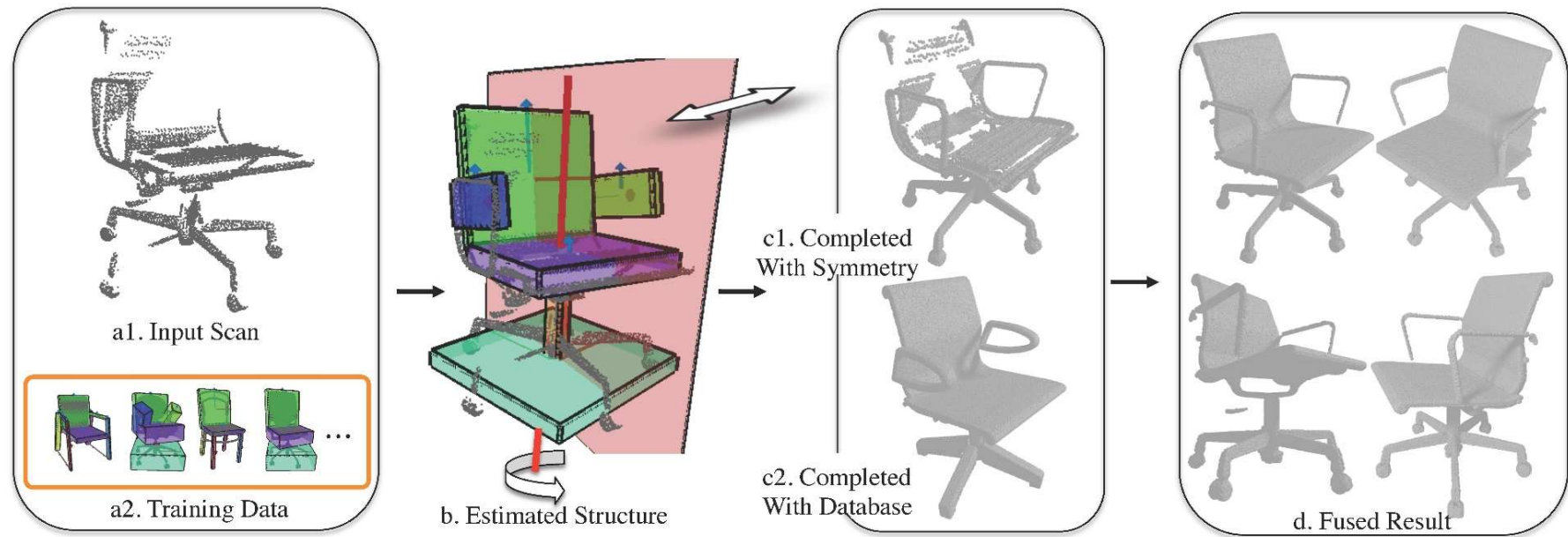
# Ejemplo

- Descriptores locales y vectores Fisher
  - Descriptor diferencial FPFH
  - Encoding Fisher es una generalización de la cuantización de vectores usados en BoF



# Descriptores locales para detección de simetrías

# Estructura y Regularidad



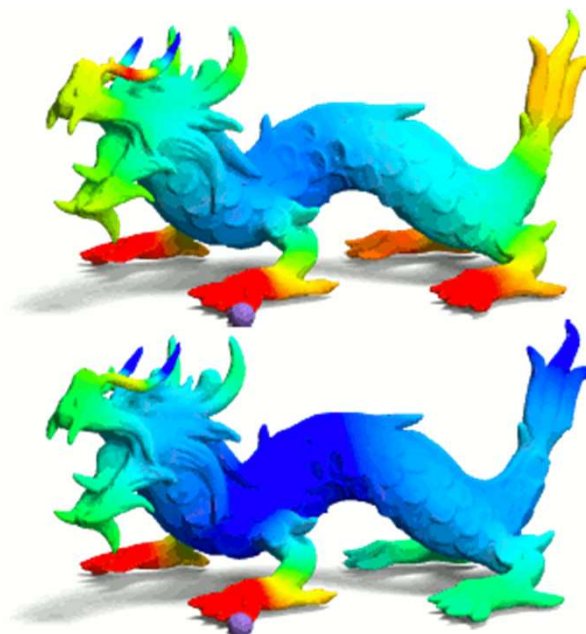


# Teoría de difusión del calor

- Propagación del calor en superficies con fuentes de calor puntuales

Sea  $M$  un Manifold Riemanniano posiblemente con frontera. El proceso de difusión del calor sobre  $M$  está gobernado por la ecuación de calor

$$\Delta_M u(x, t) = -\frac{\partial u(x, t)}{\partial t}$$



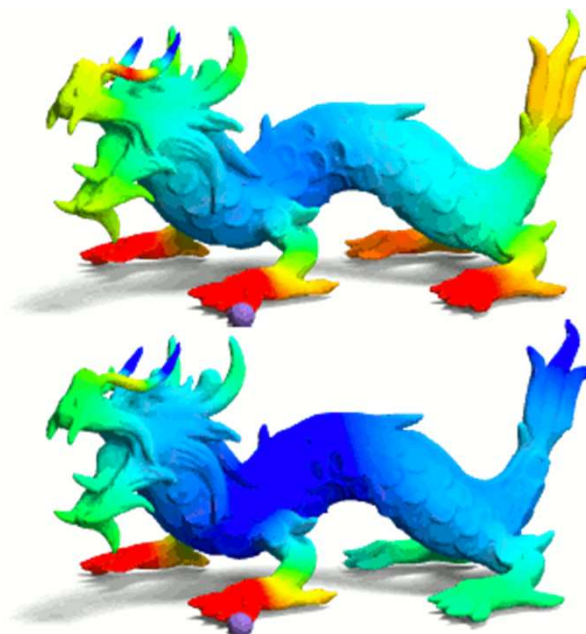
# Teoría de difusión del calor

- Propagación del calor en superficies con fuentes de calor puntuales

El kernel de calor es la solución de la PDE anterior

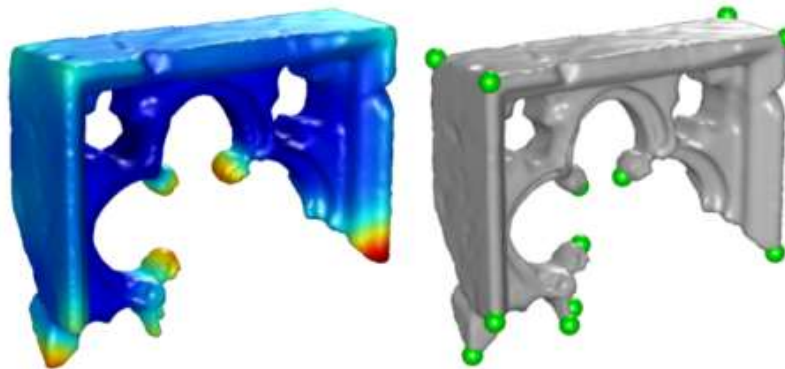
$$k_t(x, y) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{-\lambda_i t} \phi_i(x) \phi_i(y)$$

Depende de los valores y vectores propios del operador Laplace-Beltrami

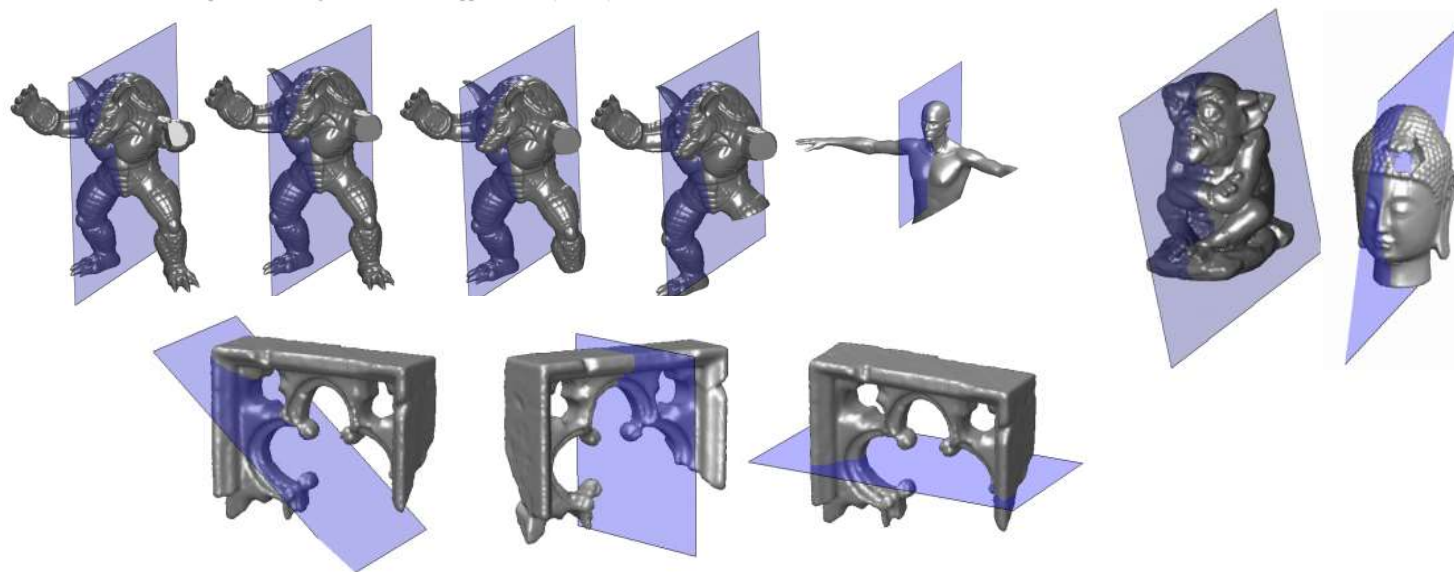


# Detección de simetría

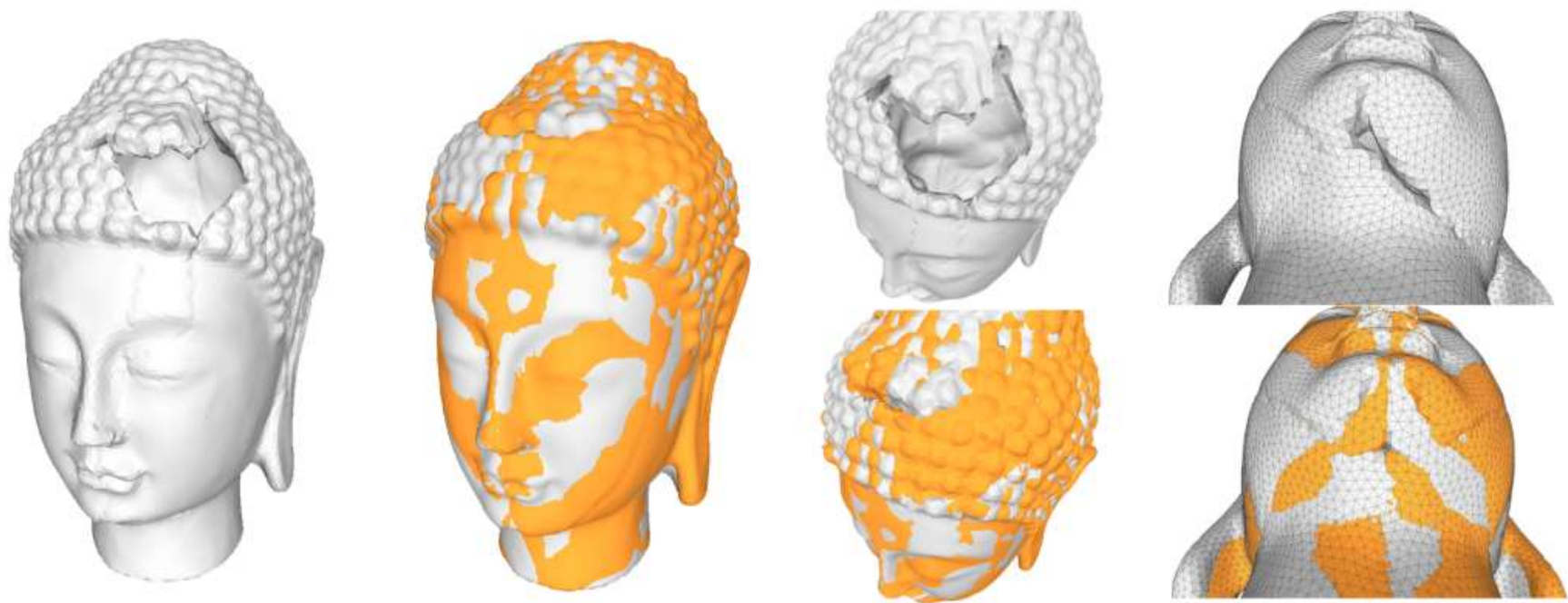
- Una variación de la solución de la ecuación de calor garantiza que puntos simétricos tengan caracterizaciones similares
- Detección de máximos locales
- Simetrías reflexivas como hipótesis



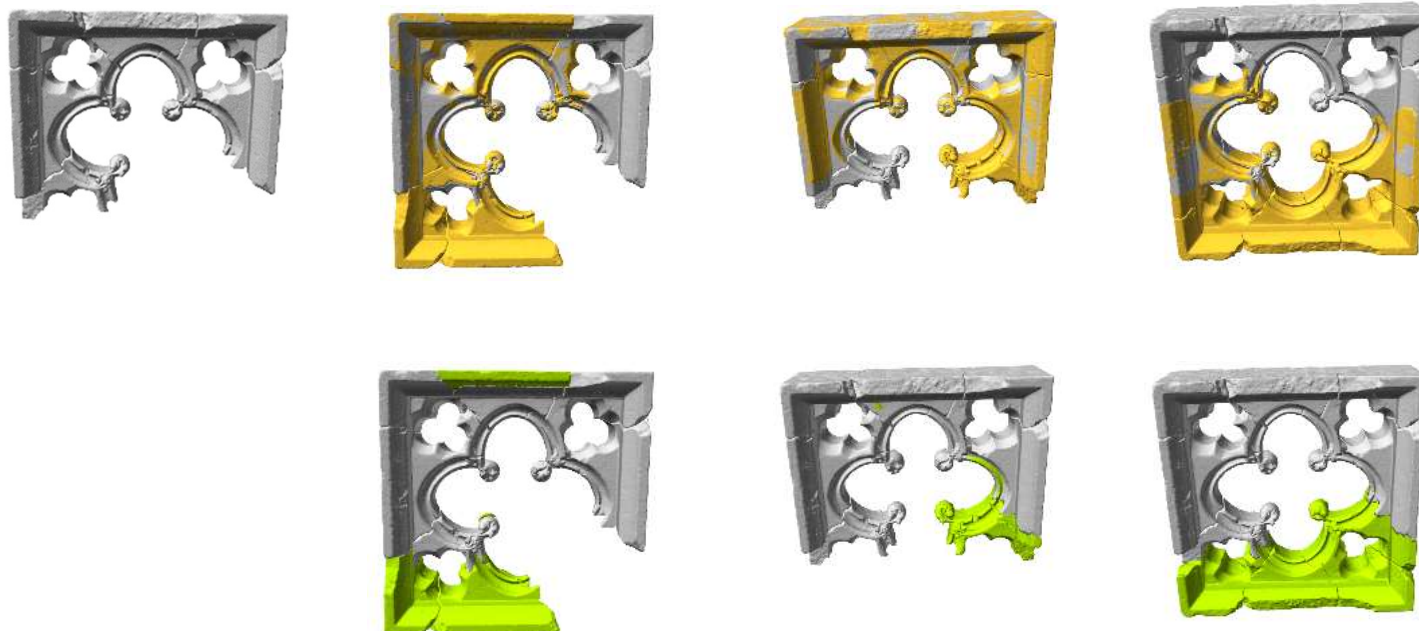
# Simetría parcial



# Simetría Parcial y Herencia Cultural

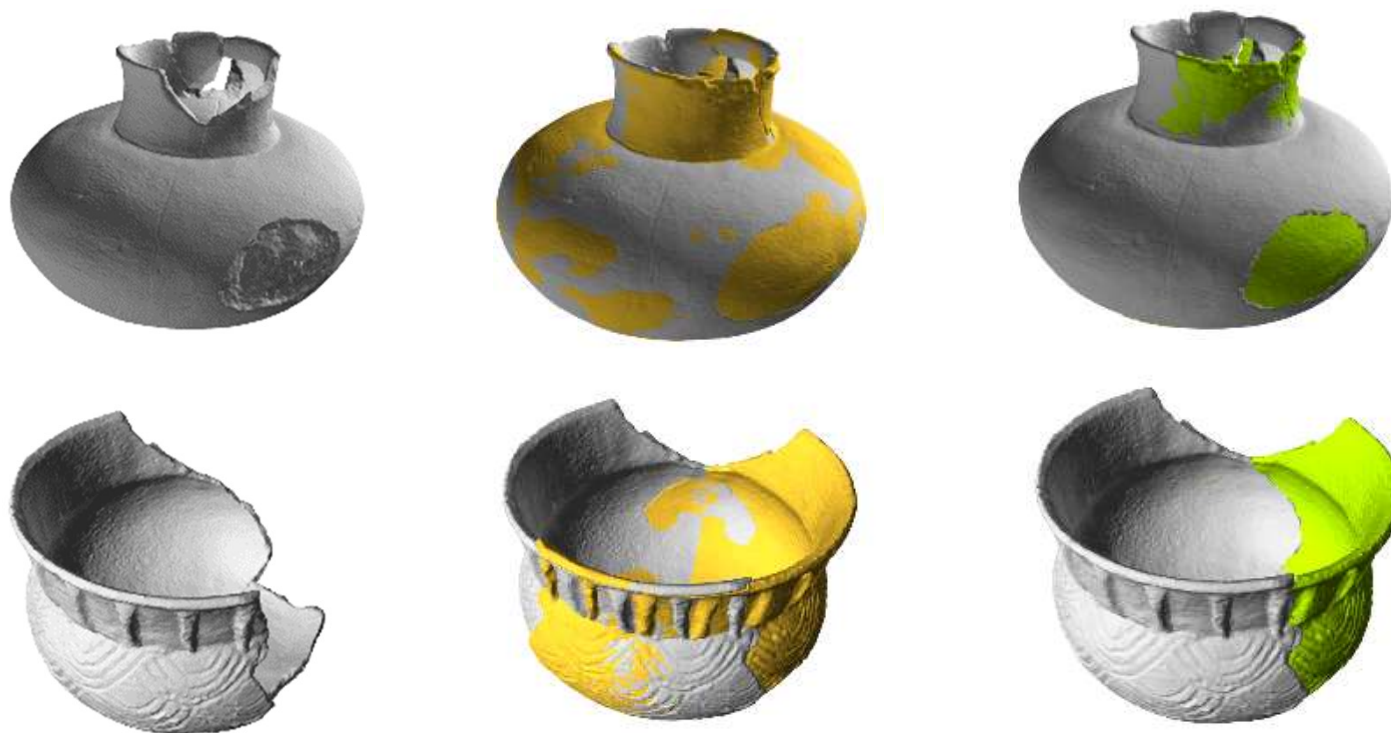


# Simetría Parcial y Herencia Cultural

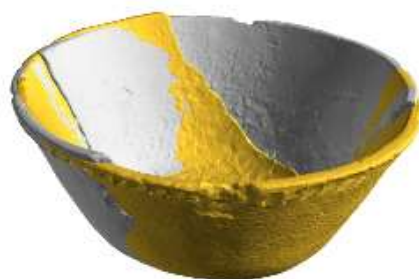
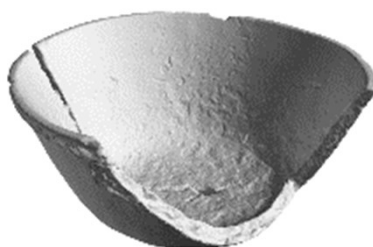
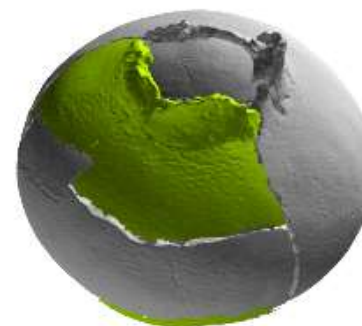
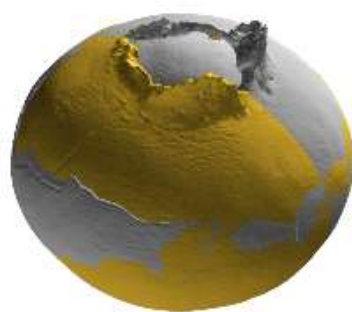
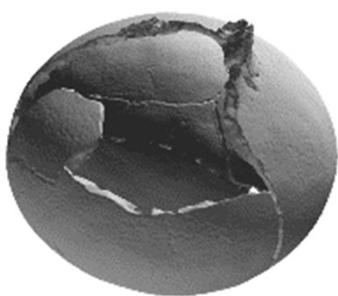




# Simetría Parcial y Herencia Cultural

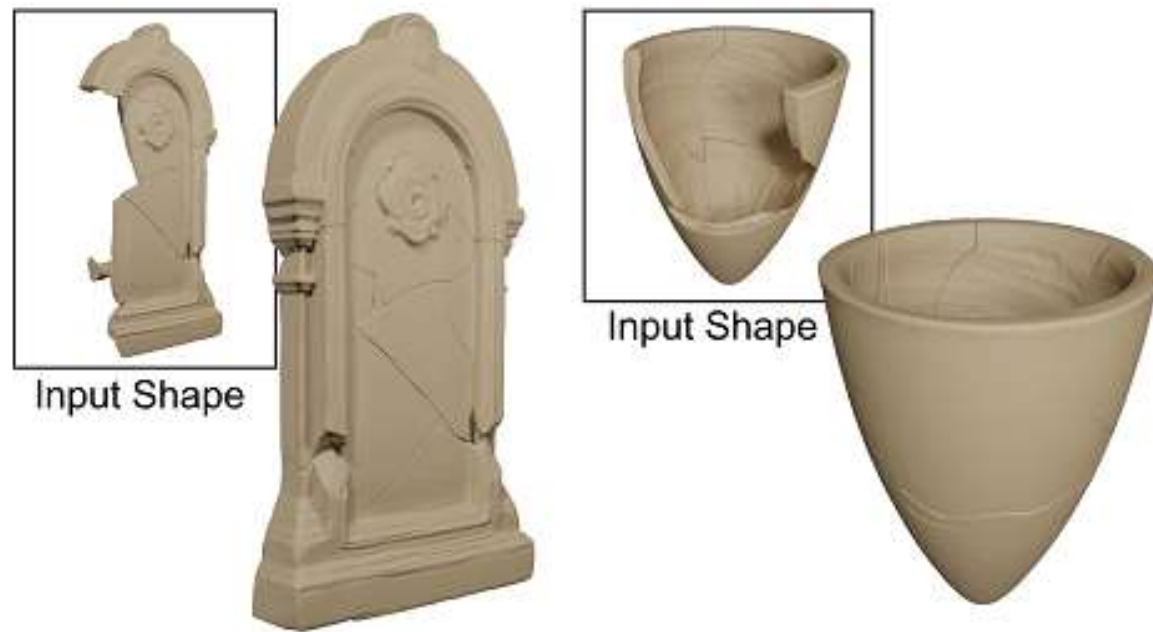


# Simetría Parcial y Herencia Cultural





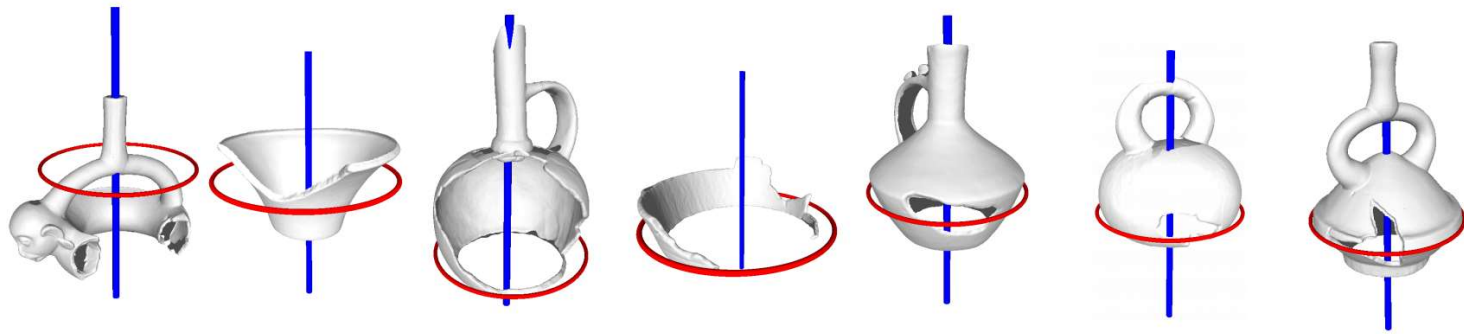
# Simetría Parcial y Herencia Cultural



Descriptores locales para detección de  
simetrías axiales

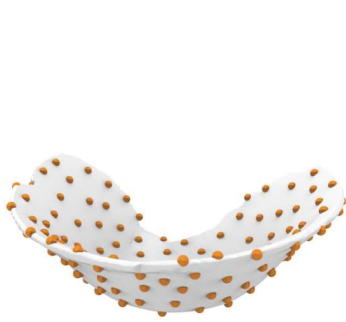
# Objetivo

- Simetría axial es común en objetos de herencia cultural
- Síntesis de geometría faltante se obtiene por explorar la simetría axial
- Descriptores de difusión para encontrar evidencias de la simetría

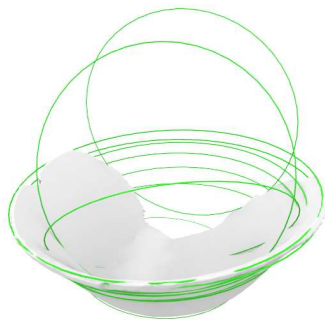


Ivan Sipiran: **"Analysis of Partial Axial Symmetry on 3D Surfaces and its Application in the Restoration of Cultural Heritage Objects"**.  
IEEE International Conference on Computer Vision – Workshops. (ICCVW), pp. 2925 – 2933. (2017).

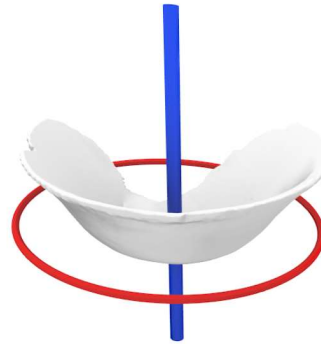
# Enfoque



Sampling



Supporting circles

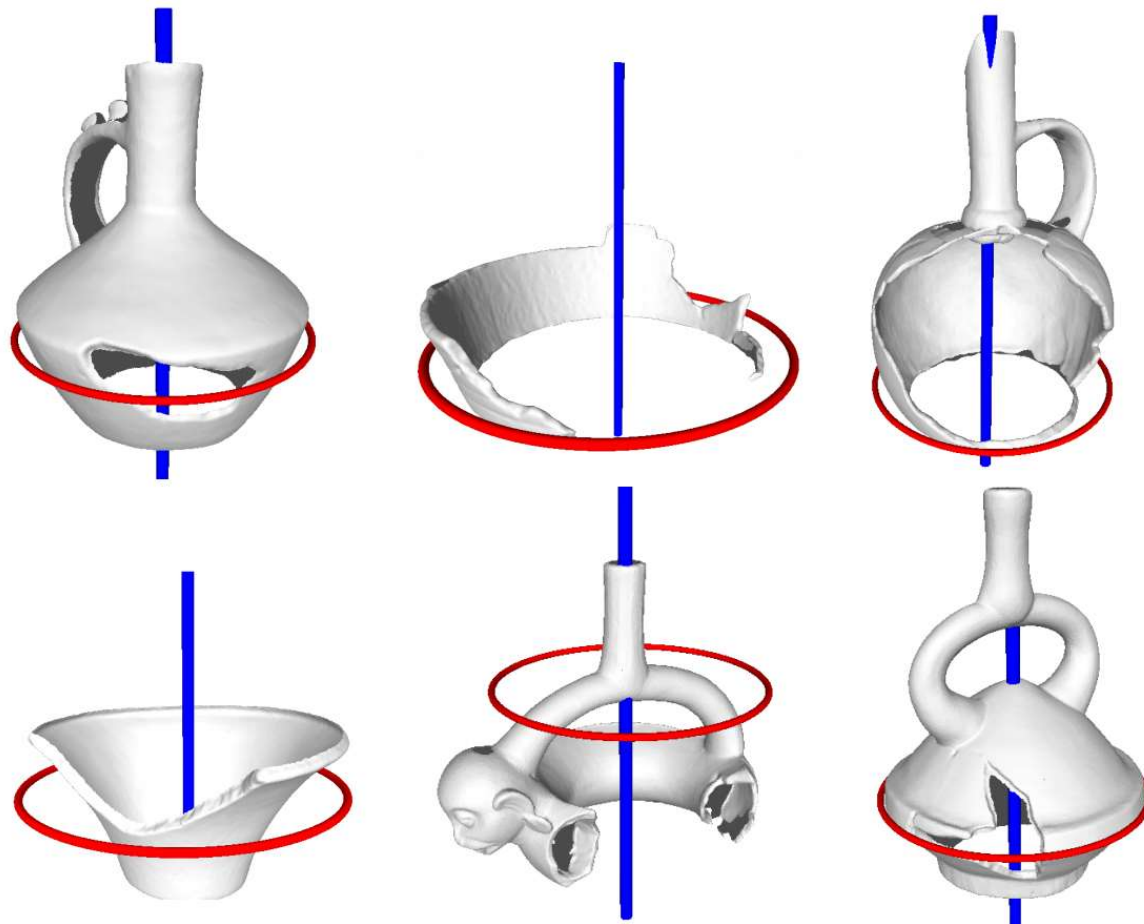


Axis detection

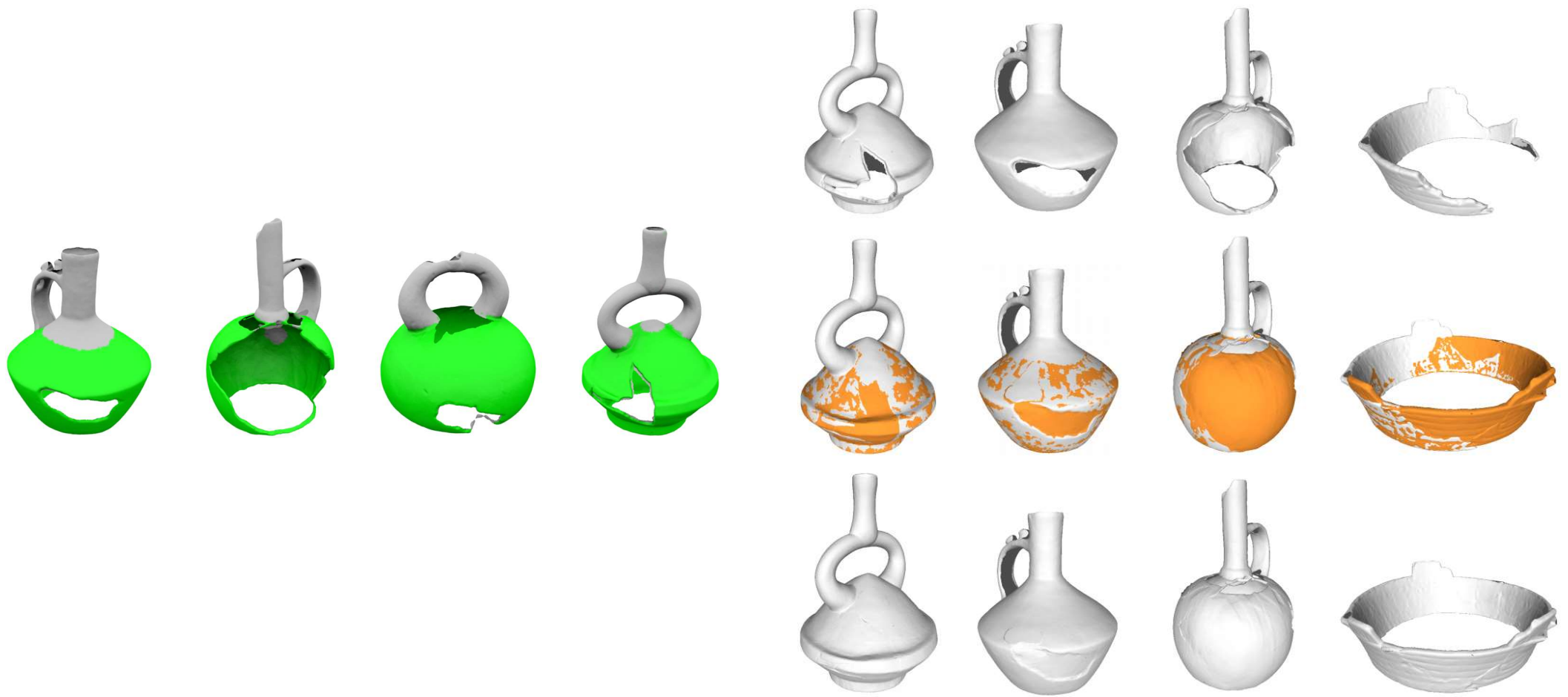


Completion

# Resultados

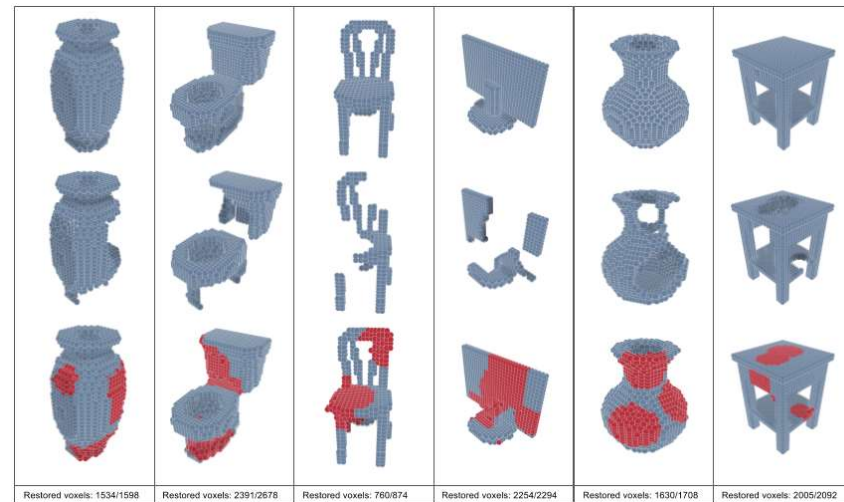
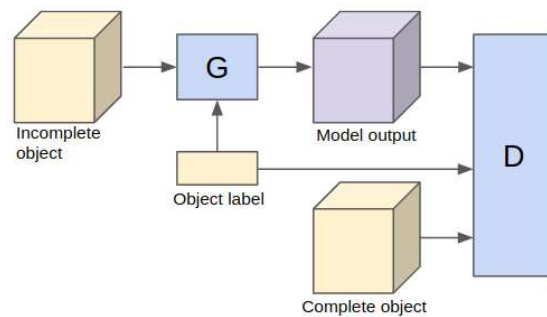


# Resultados



# Métodos data-driven

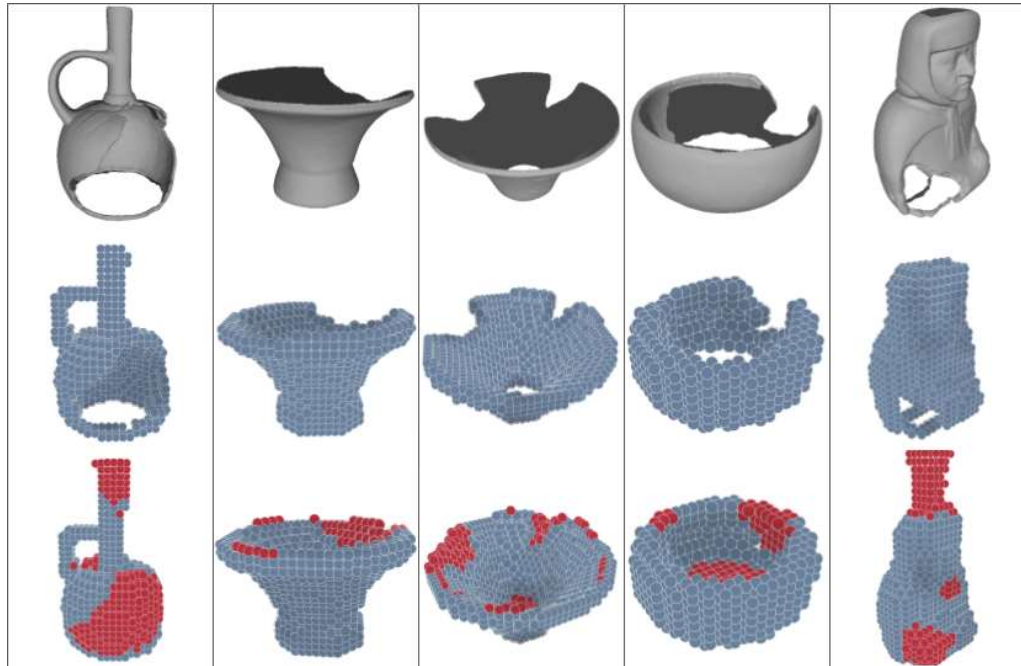
- Uso de Deep learning para completion



Hermosa, Sipiran: "A generative approach for structure learning in 3D objects". Submitted.

# Métodos data-driven

- Uso de Deep learning para completion



Hermosa, Sipiran: "A generative approach for structure learning in 3D objects". Submitted.