

# Representación multiresolución de terrenos mediante eliminación de curvas de nivel



Luis A. Zarrabeitia, Univ. de La Habana

Victoria Hernández, ICIMAF

### Objetivo

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso de simplificación iterativo

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso de simplificación iterativo que aproveche la información de curvas de nivel.

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un **Modelo Digital de Terreno** mediante un proceso de simplificación iterativo que aproveche la información de curvas de nivel.

### Objetivo

Obtener una representación **multirresolución** de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso de simplificación iterativo que aproveche la información de curvas de nivel.



### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso de **simplificación** iterativo que aproveche la información de curvas de nivel.

¿Qué son los MDT?

¿Qué son los MDT?

Son **aproximaciones**

¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una **computadora**.

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

## Obtenidas

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

### Obtenidas

- Mediciones directas



## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

## Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar
- ...

## ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar
- ...

### Representados mediante

### ¿Qué son los MDT?

Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

#### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar
- ...

#### Representados mediante

- Triangulaciones irregulares



### ¿Qué son los MDT?

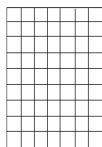
Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

#### Obtenidas

- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar
- ...

#### Representados mediante

- Triangulaciones irregulares
- Mallas regulares (raster)



### ¿Qué son los MDT?

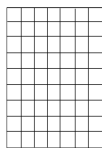
Son aproximaciones a secciones de la Tierra que permiten su estudio y representación mediante una computadora.

#### Obtenidas

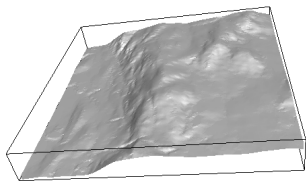
- Mediciones directas
- Mapas existentes
- Satélite
- Radar
- ...

#### Representados mediante

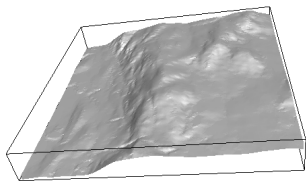
- Triangulaciones irregulares
- Mallas regulares (raster)
- Curvas de nivel





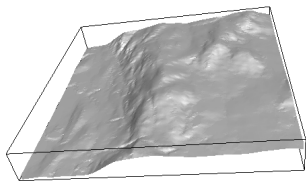


Terreno, Massachusetts



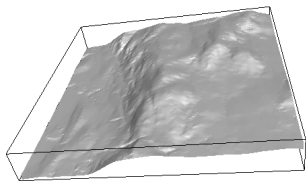
- 5 x 4 Km

Terreno, Massachusetts



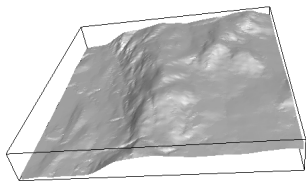
- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos

Terreno, Massachusetts



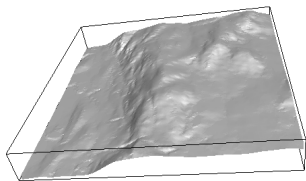
- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos

Terreno, Massachusetts



Terreno, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 curvas de nivel

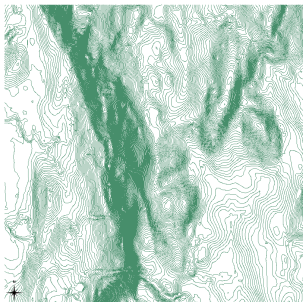


Terreno, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 curvas de nivel
- Muchos datos redundantes

# Introducción

## Curvas de nivel

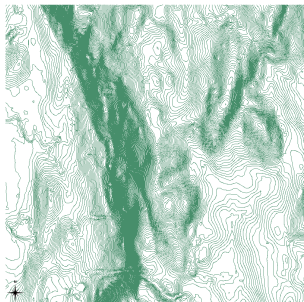


Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 curvas de nivel
- Muchos datos redundantes

# Introducción

## Curvas de nivel



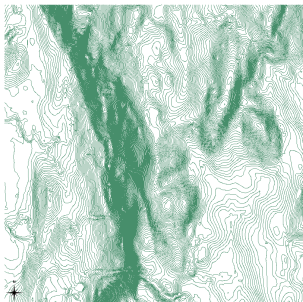
Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes



# Introducción

## Curvas de nivel



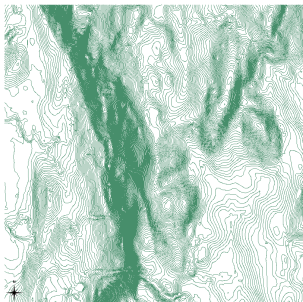
Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

“curvas”

# Introducción

## Curvas de nivel



Curvas de nivel, Massachusetts

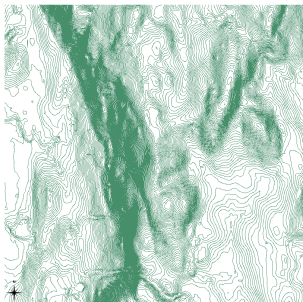
- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

“curvas”

- poligonales

# Introducción

## Curvas de nivel



Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

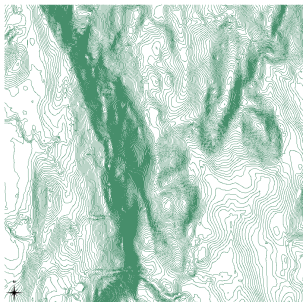
“curvas”

- poligonales

“de nivel”

# Introducción

## Curvas de nivel



Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

“curvas”

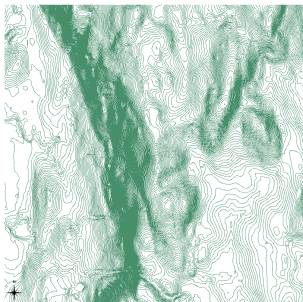
- poligonales

“de nivel”

- cerradas

# Introducción

## Curvas de nivel



- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

Curvas de nivel, Massachusetts

“curvas”

- poligonales

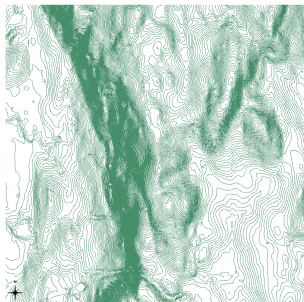
“de nivel”

- cerradas

función

# Introducción

## Curvas de nivel



Curvas de nivel, Massachusetts

- 5 x 4 Km
- 293 602 puntos
- 586 624 triángulos
- 478 **curvas de nivel**
- Muchos datos redundantes

“curvas”

- poligonales

“de nivel”

- cerradas

función

- grafo planar

## Esquemas generales

## Esquemas generales

- B-Splines producto tensorial jerárquicos.
- Splines de Powell-Sabin. Base de Dierckx.



## Esquemas generales

- B-Splines producto tensorial jerárquicos.
- Splines de Powell-Sabin. Base de Dierckx.

## Esquemas específicos (Floater et al, 2005 )

## Esquemas generales

- B-Splines producto tensorial jerárquicos.
- Splines de Powell-Sabin. Base de Dierckx.

## Esquemas específicos (Floater et al, 2005 )

- Adelgazamiento no adaptativo.
- Adelgazamiento adaptativo.

# Introducción

## Eliminación de curvas

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.

### Objetivo

Obtener una representación multirresolución de una superficie proveniente de un **Modelo Digital de Terreno** mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.

### MDT

$$z = f(x, y)$$

### Objetivo

Obtener una representación **multirresolución** de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.

MDT

$$z = f(x, y)$$

Multiresolución

$$S_{i+1} \subset S_i$$

### Objetivo

Obtener una representación multiresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de **simplificación** de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.

#### MDT

$$z = f(x, y)$$

#### Multiresolución

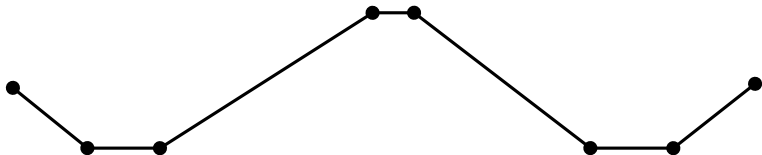
$$S_{i+1} \subset S_i$$

#### Simplificación

$$S_{i+1} = S_i - \{c_i\}$$

### Objetivo

Obtener una representación multiresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.



MDT

$$z = f(x, y)$$

Multiresolución

$$S_{i+1} \subset S_i$$

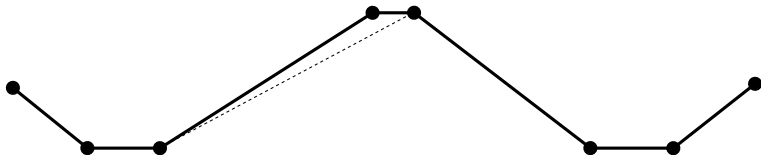
Simplificación

$$S_{i+1} = S_i - \{c_i\}$$



### Objetivo

Obtener una representación multiresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.



MDT

$$z = f(x, y)$$

Multiresolución

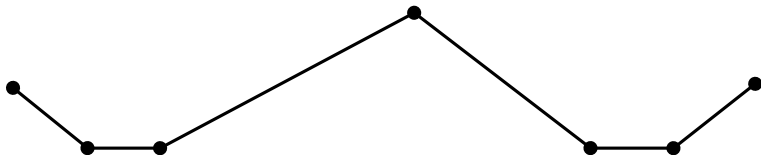
$$S_{i+1} \subset S_i$$

Simplificación

$$S_{i+1} = S_i - \{c_i\}$$

### Objetivo

Obtener una representación multiresolución de una superficie proveniente de un Modelo Digital de Terreno mediante un proceso iterativo de simplificación de una triangulación irregular que aproveche la información de curvas de nivel.



MDT

$$z = f(x, y)$$

Multiresolución

$$S_{i+1} \subset S_i$$

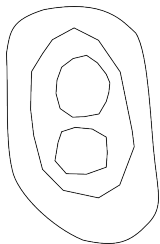
Simplificación

$$S_{i+1} = S_i - \{c_i\}$$

## Proceso de eliminación

## Proceso de eliminación

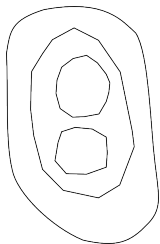
Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.



## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

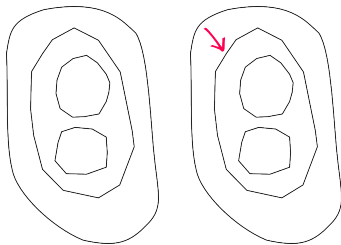


## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.



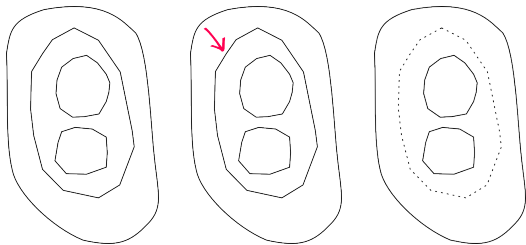
## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.

    Eliminar  $c$ .



## Proceso de eliminación

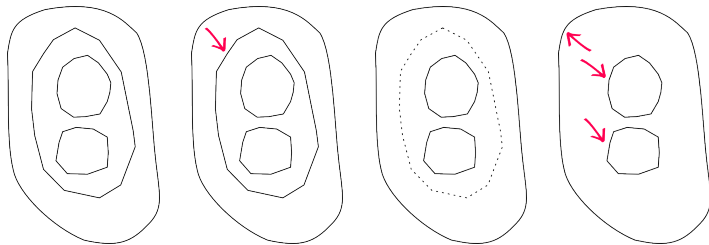
Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.

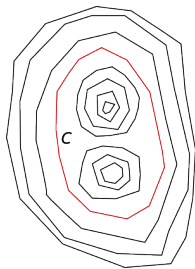
    Eliminar  $c$ .

    Actualizar estimación del error para las restantes.



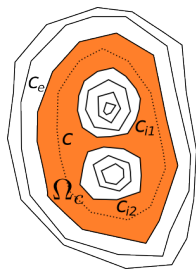


### Estimando el error de una curva $c$



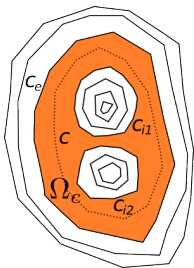
### Estimando el error de una curva $c$

- Determinar la región  $\Omega_c$  que contiene a la curva  $c$ .



### Estimando el error de una curva $c$

- Determinar la región  $\Omega_c$  que contiene a la curva  $c$ .
- Construir interpolante  $f : \Omega_c \subseteq \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ .



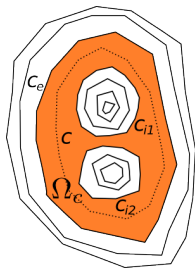
Interpolación:  $f := F\langle c_e, c_{i_1}, c_{i_2} \rangle$

$$f(p) = h_e = h(c_e) \quad \text{si } p \in c_e$$

$$f(p) = h_{i_j} = h(c_{i_j}) \quad \text{si } p \in c_{i_j}$$

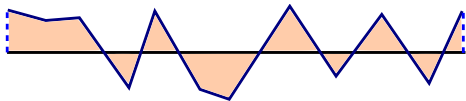
### Estimando el error de una curva $c$

- Determinar la región  $\Omega_c$  que contiene a la curva  $c$ .
- Construir interpolante  $f : \Omega_c \subseteq \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ .
- Evaluar  $f$  en los vértices de  $c$ .



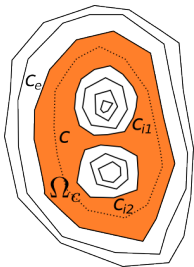
### Evaluar $f$

$errores = [|f(x) - h(c)| \text{ for } x \text{ in } c]$   
 $error = \max(errores)$



### Estimando el error de una curva $c$

- Determinar la región  $\Omega_c$  que contiene a la curva  $c$ .
- Construir **interpolante**  $f : \Omega_c \subseteq \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ .
- Evaluar  $f$  en los vértices de  $c$ .



Interpolación:  $f := F\langle c_e, c_{i_1}, c_{i_2} \rangle$

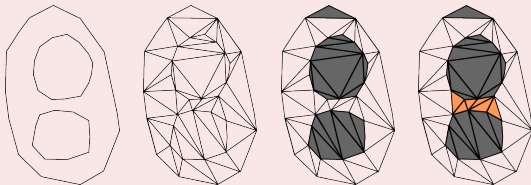
$$f(p) = h_e = h(c_e) \quad \text{si } p \in c_e$$

$$f(p) = h_{i_j} = h(c_{i_j}) \quad \text{si } p \in c_{i_j}$$

# Algoritmo de eliminación

Interpolación - Triangulación

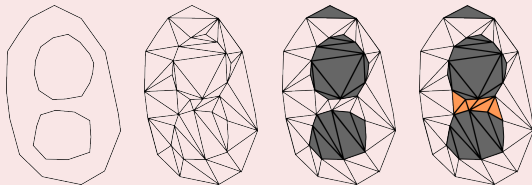
### Problemas



# Algoritmo de eliminación

Interpolación - Triangulación

## Problemas



...

## Ramificación

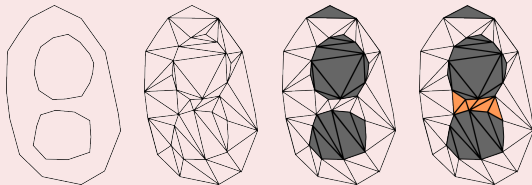




# Algoritmo de eliminación

Interpolación - Triangulación

## Problemas

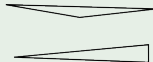


...

## Ramificación

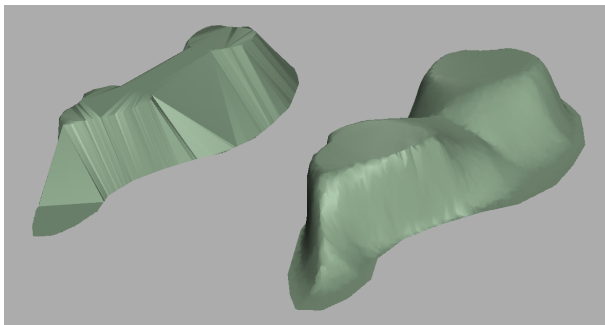


## Triángulos degenerados



# Algoritmo de eliminación

Dos funciones de interpolación



Dos funciones de interpolación: Curvas originales (arriba),  
Delaunay (izquierda), Basado en distancias (derecha)

Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

- No requiere triangular.

### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

- No requiere triangular.
- $C^1$ -continua en casi todos los puntos.

### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

- No requiere triangular.
- $C^1$ -continua en casi todos los puntos.
- Muy rápido de evaluar (versión discreta).

### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

- No requiere triangular.
- $C^1$ -continua en casi todos los puntos.
- Muy rápido de evaluar (versión discreta).

### Problemas

### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

- No requiere triangular.
- $C^1$ -continua en casi todos los puntos.
- Muy rápido de evaluar (versión discreta).

### Problemas

- No se puede graficar directamente.



### Interpolante basado en distancias (Hormann et al, 2003)

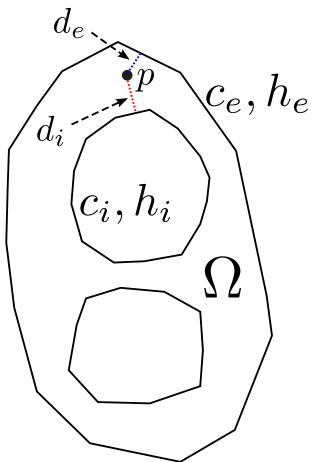
- No requiere triangular.
- $C^1$ -continua en casi todos los puntos.
- Muy rápido de evaluar (versión discreta).

### Problemas

- No se puede graficar directamente.
- Las curvas internas deben tener igual altura.

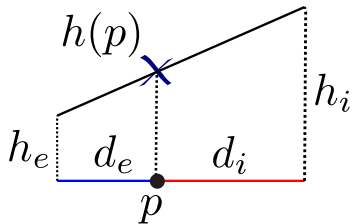
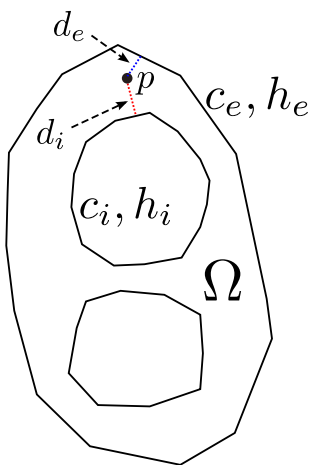
# Algoritmo de eliminación

Interpolación - basado en distancias



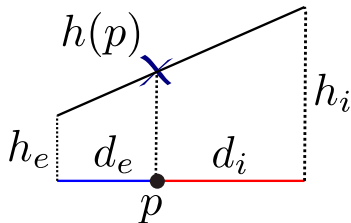
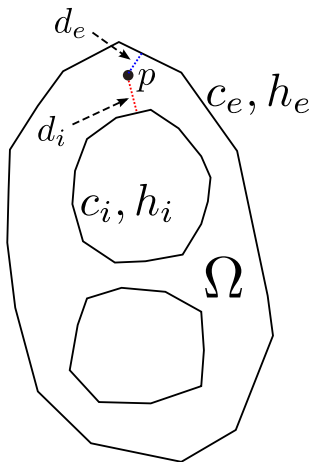
# Algoritmo de eliminación

Interpolación - basado en distancias



# Algoritmo de eliminación

Interpolación - basado en distancias



## Interpolación lineal

$$h : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$h(p) = \frac{h_i d_e(p) + d_i(p) h_e}{d_e(p) + d_i(p)}$$

$$d_\alpha(p) = \min_{q \in c_\alpha} \|p - q\|$$

### Limitaciones

### Limitaciones

- Las curvas internas deben estar a la misma altura.

### Limitaciones

- Las curvas internas deben estar a la misma altura.
- Hay que “adivinar” la altura de las cimas y huecos.

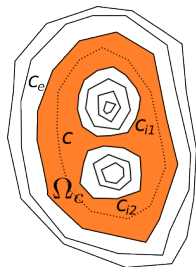
### Limitaciones

- Las curvas internas deben estar a la misma altura.
- Hay que “adivinar” la altura de las cimas y huecos.

### Criterio de eliminación

Una curva  $c$  es eliminable si:

- Existe la frontera externa  $c_e$ .
- $\Omega_c$  tiene al menos una frontera interna  $c_{ij}$ .
- $\forall c_{ij}, h(c_{ij}) = cte$  y  $h(c_{ij}) \neq h(c_e)$ .





# Algoritmo de eliminación

## Criterio de eliminación

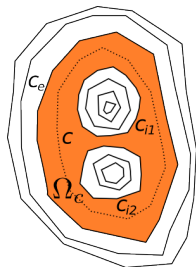
### Limitaciones

- Las curvas internas deben estar a la misma altura.
- Hay que “adivinar” la altura de las cimas y huecos.

### Criterio de eliminación

Una curva  $c$  es eliminable si:

- Existe la frontera externa  $c_e$ .
- $\Omega_c$  tiene al menos una frontera interna  $c_{ij}$ .
- $\forall c_{ij}, h(c_{ij}) = cte$  y  $h(c_{ij}) \neq h(c_e)$ .



### Eliminables

- $c, c_e$ .

### No eliminables

- $c_{i1}, c_{i2}$

## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.

    Eliminar  $c$ .

    Actualizar estimación del error para las restantes.

# Algoritmo de eliminación

Nos falta...

## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

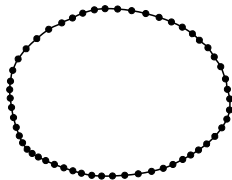
    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.

    Eliminar  $c$ .

    Actualizar estimación del error para las restantes.

## Problema

Curvas muy densas.



# Algoritmo de eliminación

Nos falta...

## Proceso de eliminación

Estimar el error asociado a la eliminación de cada curva.

**while** exista curva eliminable **do**

    Buscar curva  $c$  de menor error asociado.

    Eliminar  $c$ .

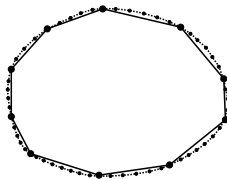
    Actualizar estimación del error para las restantes.

## Problema

Curvas muy densas.

## Solución

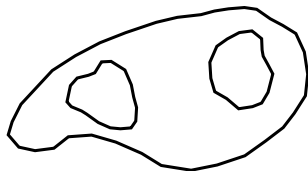
Simplificación horizontal.



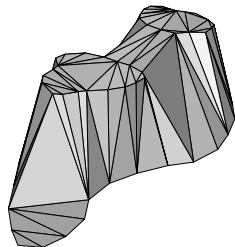
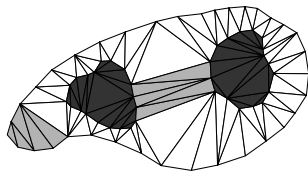
# Reconstrucción

Graficando el interpolante

## Algoritmo de reconstrucción



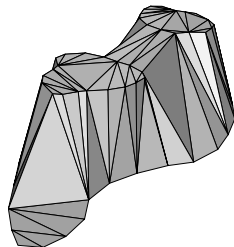
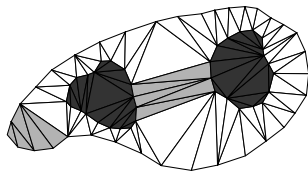
## Algoritmo de reconstrucción



## Algoritmo de reconstrucción

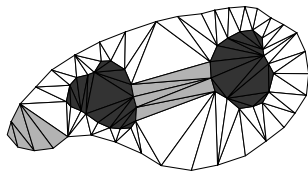
- Aproximación de los ejes mediales

## Ejes mediales



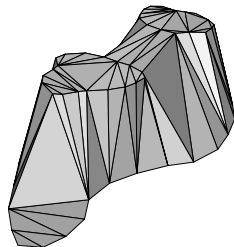
## Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales



## Ejes mediales

- Diagrama de Voronoi



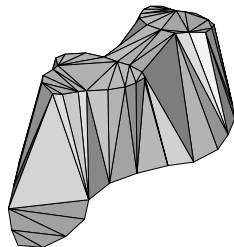
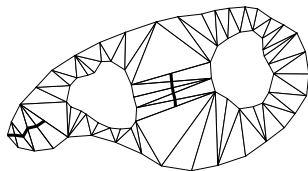


## Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales

## Ejes mediales

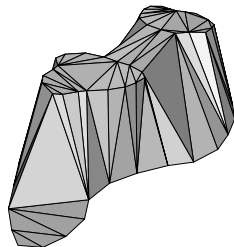
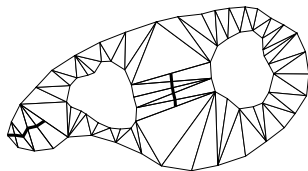
- Diagrama de Voronoi
- Triangulación de Delaunay



## Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos

## Puntos adicionales

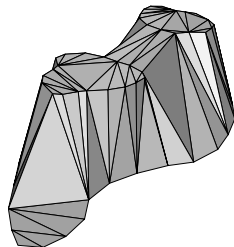
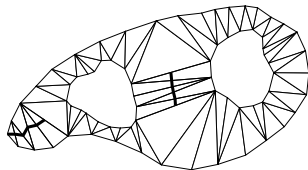


### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos

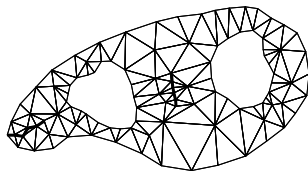
### Puntos adicionales

- Restricciones adicionales



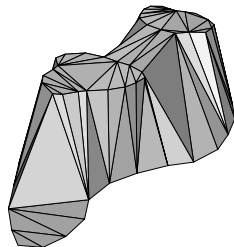
### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos



### Puntos adicionales

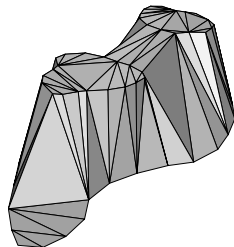
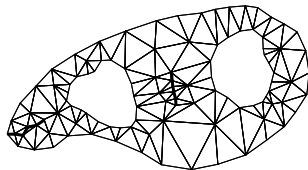
- Restricciones adicionales
- Puntos de *Steiner*



### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante

### Evaluación

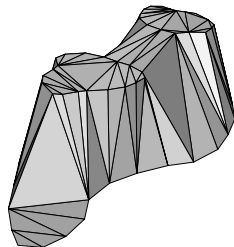
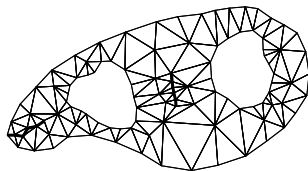


### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante

### Evaluación

- Localizar cada punto añadido

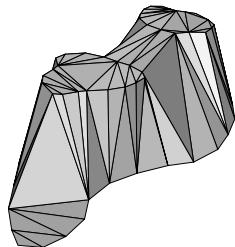
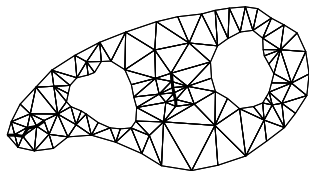


### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante

### Evaluación

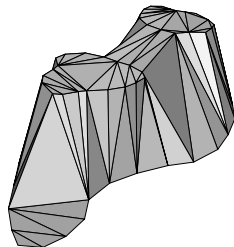
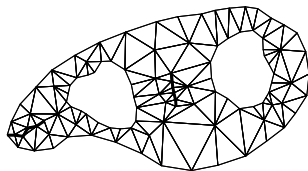
- Localizar cada punto añadido
- Obtener la función de interpolación



### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante
- Retriangulación 3D final

### Triangulación 3D



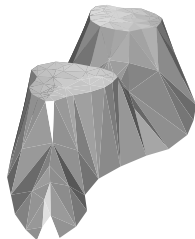
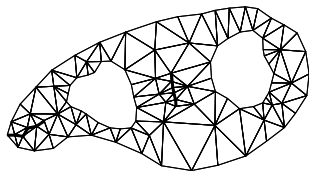


### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante
- Retriangulación 3D final

### Triangulación 3D

- “Proyectar” los triángulos a  $\mathbb{R}^3$

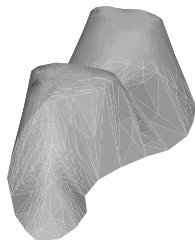
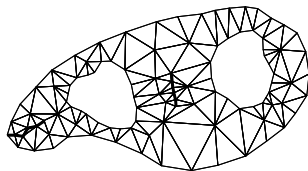


### Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante
- Retriangulación 3D final

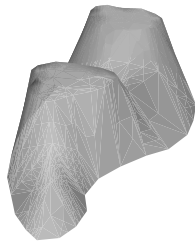
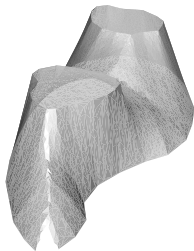
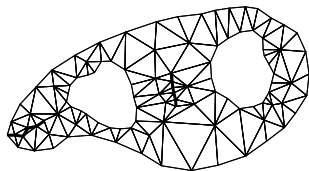
### Triangulación 3D

- “Proyectar” los triángulos a  $\mathbb{R}^3$
- La iluminación “oculta” los triángulos



## Algoritmo de reconstrucción

- Aproximación de los ejes mediales
- Generación de puntos nuevos
- Evaluación del interpolante
- Retriangulación 3D final



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

## Subproblemas de implementación

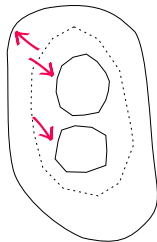
- Localización.

## Subproblemas de implementación

- Localización.

## Localización

- En la eliminación.

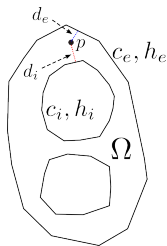


## Subproblemas de implementación

- Localización.

### Localización

- En la eliminación.
- En la reconstrucción.



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

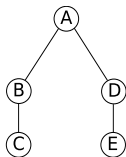
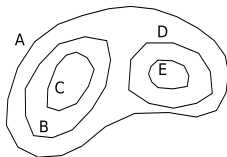
- Localización.

### Localización

- En la eliminación.
- En la reconstrucción.

### Solución

Árbol de terreno





# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

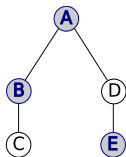
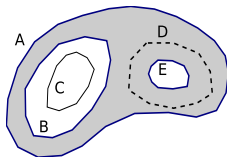
- Localización.

### Localización

- En la eliminación.
- En la reconstrucción.

### Solución

Árbol de terreno



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

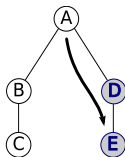
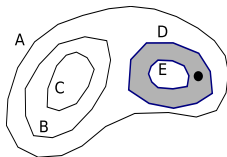
- Localización.

### Localización

- En la eliminación.
- En la reconstrucción.

### Solución

Árbol de terreno



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.

## Chequeo de interioridad

# Implementación

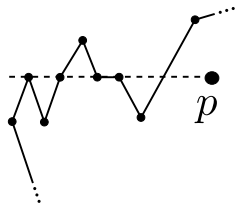
Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.

## Chequeo de interioridad

- Lanzamiento de rayos



# Implementación

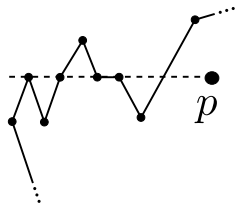
Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.

## Chequeo de interioridad

- Lanzamiento de rayos
- Poligonales muy grandes



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

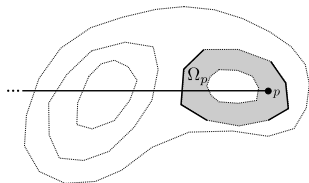
- Localización.
- Chequeo de interioridad.

### Chequeo de interioridad

- Lanzamiento de rayos
- Poligonales muy grandes

### Descartar aristas

- Quadtree



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.
- Estimación de la distancia punto-polígono.

## Distancia punto-polígono

# Implementación

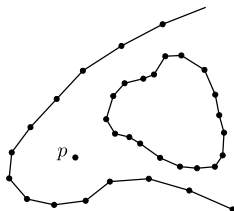
Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.
- Estimación de la distancia punto-polígono.

## Distancia punto-polígono

- Búsqueda exacta costosa





# Implementación

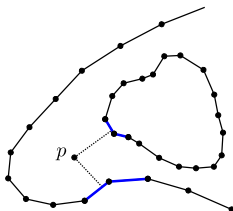
Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

- Localización.
- Chequeo de interioridad.
- Estimación de la distancia punto-polígono.

## Distancia punto-polígono

- Búsqueda exacta costosa
- Cálculo aproximado



# Implementación

Localización – Interioridad – Distancia punto-polígono

## Subproblemas de implementación

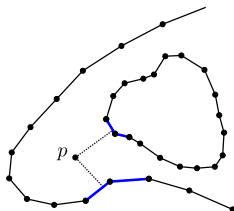
- Localización.
- Chequeo de interioridad.
- Estimación de la distancia punto-polígono.

## Distancia punto-polígono

- Búsqueda exacta costosa
- Cálculo aproximado

## Vértice más cercano

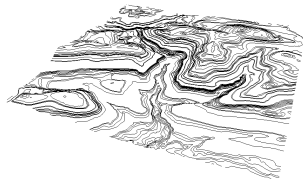
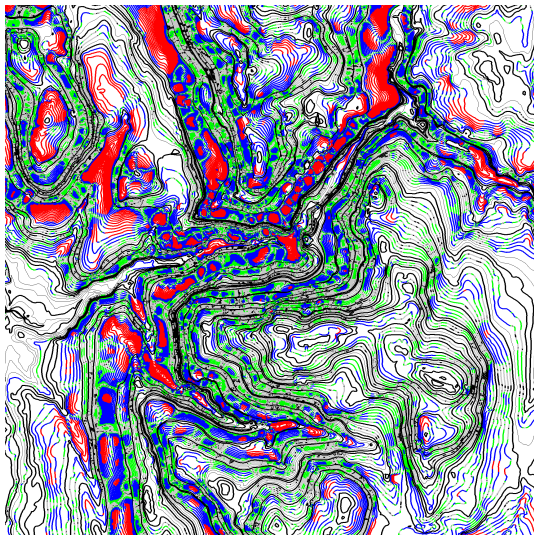
- kd-tree









# Implementación

Resultados - eliminación



205/450 curvas

-  error  $\geq 3\text{m}$
-  error  $\leq 3\text{m}$
-  error  $\leq 75\text{ cm}$
-  error  $\leq 3\text{ cm}$

### Teoría

Funciones de interpolación

Simplificación horizontal

Medidas de error

Graficación

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree



# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree  
Árbol de terreno

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree  
Árbol de terreno  
Árbol-kd

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree  
Árbol de terreno  
Árbol-kd

### Resultado principal

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree  
Árbol de terreno  
Árbol-kd

### Resultado principal

Representación multirresolución de MDTs

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

### Teoría

Funciones de interpolación  
Simplificación horizontal  
Medidas de error  
Graficación

### Implementación

Solución a problemas clásicos:  
Localización con Quadtree  
Árbol de terreno  
Árbol-kd

### Resultado principal

Representación multirresolución de MDTs  
mediante eliminación iterativa de curvas de nivel

# Conclusiones y recomendaciones

## Recomendaciones

Combinar la simplificación horizontal y la eliminación.

Eliminar vértices individuales además de curvas.

Combinar la simplificación horizontal y la eliminación.

Eliminar vértices individuales además de curvas.

Extender el interpolante basado en distancias.

Definirlo para alturas internas distintas.



Combinar la simplificación horizontal y la eliminación.

Eliminar vértices individuales además de curvas.

Extender el interpolante basado en distancias.

Definirlo para alturas internas distintas.

Usar otras funciones de interpolación.

Triangulaciones con restricciones.

FIN

 Laurent Demaret, Nira Dyn<sup>5</sup>, Michael S. Floater, Armin Iske

*Adaptive Thinning for Terrain Modelling and Image Compression.*

*Advances in Multiresolution for Geometric Modelling, 2005*



Horman K., Spinello S., Schröder P.

$C^1$ -continuous Terrain Reconstruction from Sparse Contours

*In Proc. Vision, Modeling, and Visualization 2003 (2003), pp. 289–297*