

Curso SIG

TIN (Triangulated Irregular Network)

Una superficie es una distribución continua de un atributo sobre una región bidimensional. Usualmente una superficie representa la forma del terreno. Pero otros fenómenos espaciales también forman superficies, tales como densidad de población, datos de lluvia, gradientes de presión atmosférica.

TIN son una forma eficiente y precisa de representar superficies.

Temas que cubre esta clase:

- Representación de superficies
- Estructura de un TIN
- Modelado de elementos de superficie

TIN

Si queremos representar drenajes, cantos y picos para realizar análisis de superficie tales como hidrografía o estudios de visualización, debemos integrar estas entidades como parte de una representación continua de una superficie.

SUPERFICIES

- Las superficies representan un campo continuo de valores Z , sobre un número infinito de puntos, entonces se debe discretizar aproximando.
- Dos formas posibles de representación de superficies son RASTER y TIN:
 - RASTER – grilla regular con valor Z medido o interpolado.
 - TIN – una superficie es un conjunto de puntos ubicados en forma irregular que forman una red de triángulos con un valor Z para cada nodo.

TIN

SUPERFICIES, representación RASTER

- Valores Z medidos sobre grilla regular
- Valores Z interpolados a partir de otros medidos
- Resolución (ancho y alto de la celda) determina la precisión
- Más usados porque la mayoría de los datos de elevación están en esta forma de presentación (Ej: DEM)
- Soportan un conjunto importante de funcionalidades (costo mínimo, dispersión, proximidad, coincidencia espacial)
- Desventaja: no representa bien las discontinuidades en la superficie, y no permite localización precisa de ciertos, perdiendo a veces ciertos picos debido a lo regular de la grilla.
- Son apropiados para aplicaciones de mapeo de baja escala donde no se requiere precisión, ni es necesario representar con exactitud elementos de la superficie

TIN

SUPERFICIES, representación TIN

- Representación como caras triangulares contiguas que no se superponen.
- Permite estimar cualquier valor de la superficie en cualquier lugar de la misma, mediante la interpolación polinómica de la elevación en los triángulos.
- Debido a que la elevación es medida en puntos distribuidos en forma irregular, se puede representar con precisión partes del terreno que tienen cambios contrastantes en su forma.
- Preserva la ubicación precisa y forma de los elementos de la superficie: lagos, islas (conjunto cerrado de triángulos), puentes (conjunto de triángulos conectados), picos de montañas (nodo de un triángulo).
- Soportan análisis espacial tal como: cálculo de elevación, pendiente, aspecto, cálculo de volumen, perfiles.
- Desventaja: no siempre están disponibles debido a la cantidad de datos que necesita para poder ser implementado.
- Son apropiados para aplicaciones de mapeo a gran escala, donde es importante la precisión en la ubicación y forma de los elementos y la superficie.

TIN

Diferencias RASTER – TIN, aplicaciones

RASTER

- Despliegue y modelado de superficies a baja escala
- Modelado de dispersión de contaminantes
- Determinación de cuencas y represas
- Análisis hidrológico de zonas de inundación.

TIN

- Cálculo volumétrico para el diseño de carreteras
- Estudios de drenaje para desarrollo territorial
- Generación de curvas de nivel de alta precisión
- Visión en perspectiva de edificios sobre el terreno

TIN

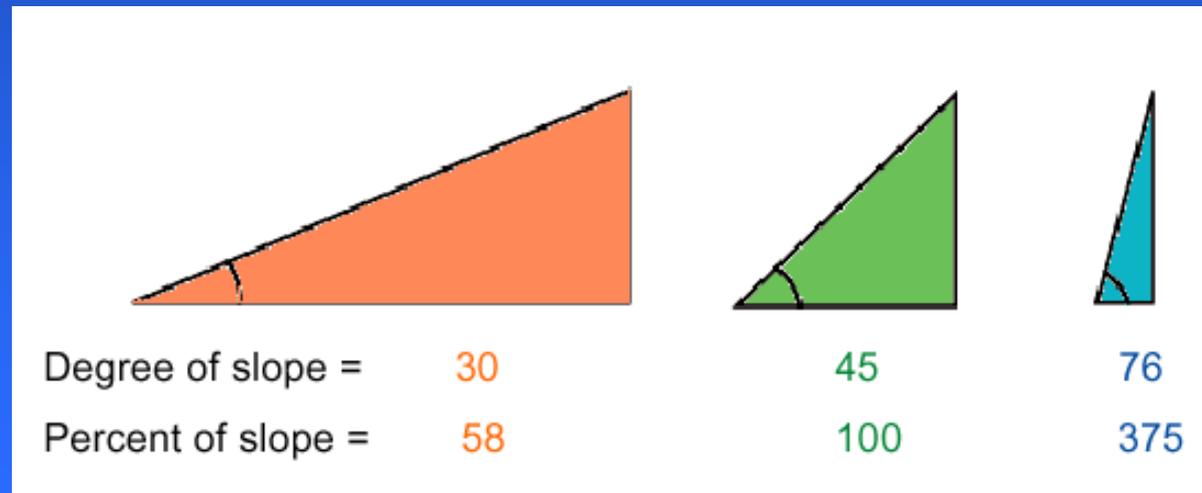
SLOPE (pendiente)

- Es la inclinación (steepness) de una superficie. Por ejemplo se puede utilizar en determinar zonas de poca pendiente favorables para la construcción, o zonas de mucha pendiente que determinan mucha erosión o deslizamientos de tierra.
- Identifica la inclinación cuesta abajo para cierta localización en la superficie. Se calcula para cada triángulo (cada celda en rasters). Para un TIN es el máximo índice de cambio en la elevación a través de cada triángulo (para rasters es el índice máximo de cambio en la elevación para cada celda y sus ocho vecinos). Menos pendiente significa un terreno más chato, más pendiente significa más empinado.

Grado de la pendiente = β

Porcentaje de la pendiente = $\tan \beta * 100$

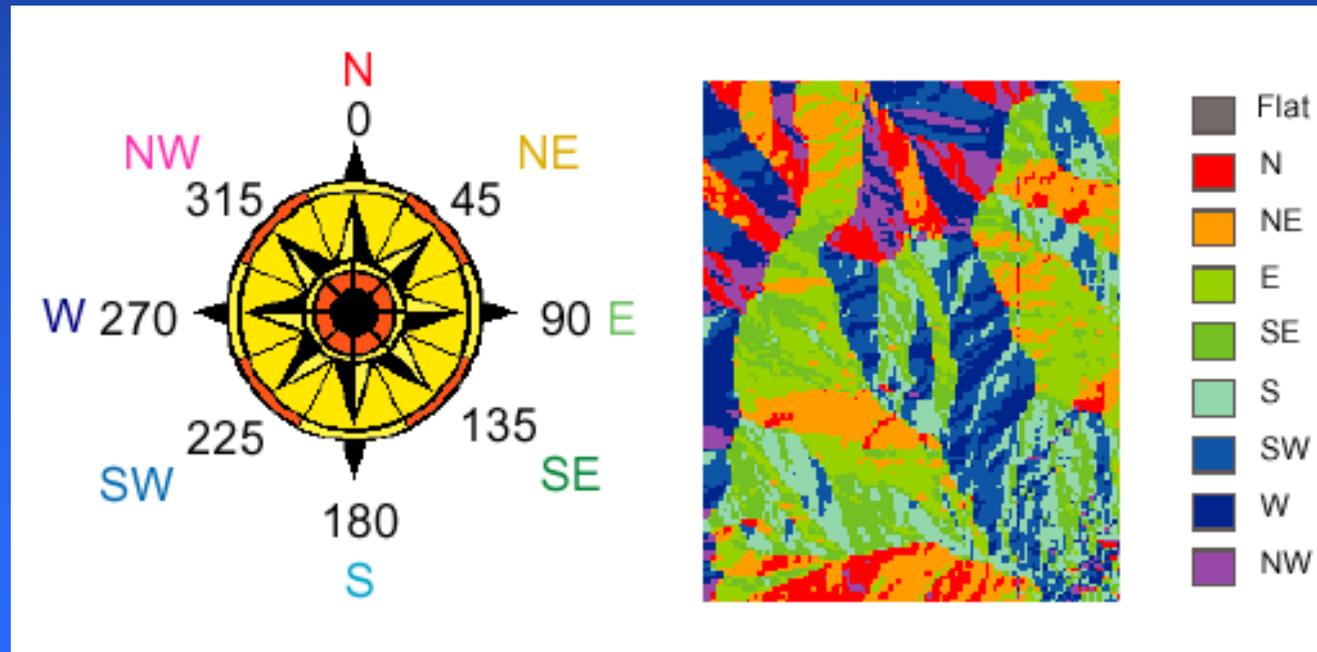
Si $\beta = 90^\circ$ entonces el porcentaje de la pendiente es infinito



TIN

ASPECT

- The direction a slope faces. The aspect for a TIN face is the steepest downslope direction of the face. The slope at a cell in a raster is the steepest downslope direction of a plane defined by the cell and its eight surrounding neighbors.
- Se puede utilizar en determinar cuanto sol va a recibir una pendiente, por ejemplo para modelar cuanto va a crecer la vegetación, cuanta nieve se va a derretir, o cuanta calor va a recibir un edificio
- Se calcula para cada triangulo del TIN
- Se mide en el sentido de las agujas del reloj de 0 (norte) a 360.
- Las pendientes nulas no tienen dirección y llevan un valor -1.



TIN

ASPECT – razones para usar aspect

- Encontrar todas las pendientes de una montaña que tienen con cara al norte, para encontrar las mejores pendientes para esquiar.
- Calcular la iluminación solar para cada lugar en una región para determinar la diversidad de vida.
- Encontrar todas las pendientes hacia el sur en una región montañosa para identificar lugares donde la nieve puede derretirse antes, como parte de un estudio para identificar lugares residenciales candidatos a ser afectados primero por torrentes de agua provenientes de nieve derretida
- Identificar áreas de terreno chato para encontrar un lugar donde pueda aterrizar un avión en caso de emergencia.

TIN

Hillshade

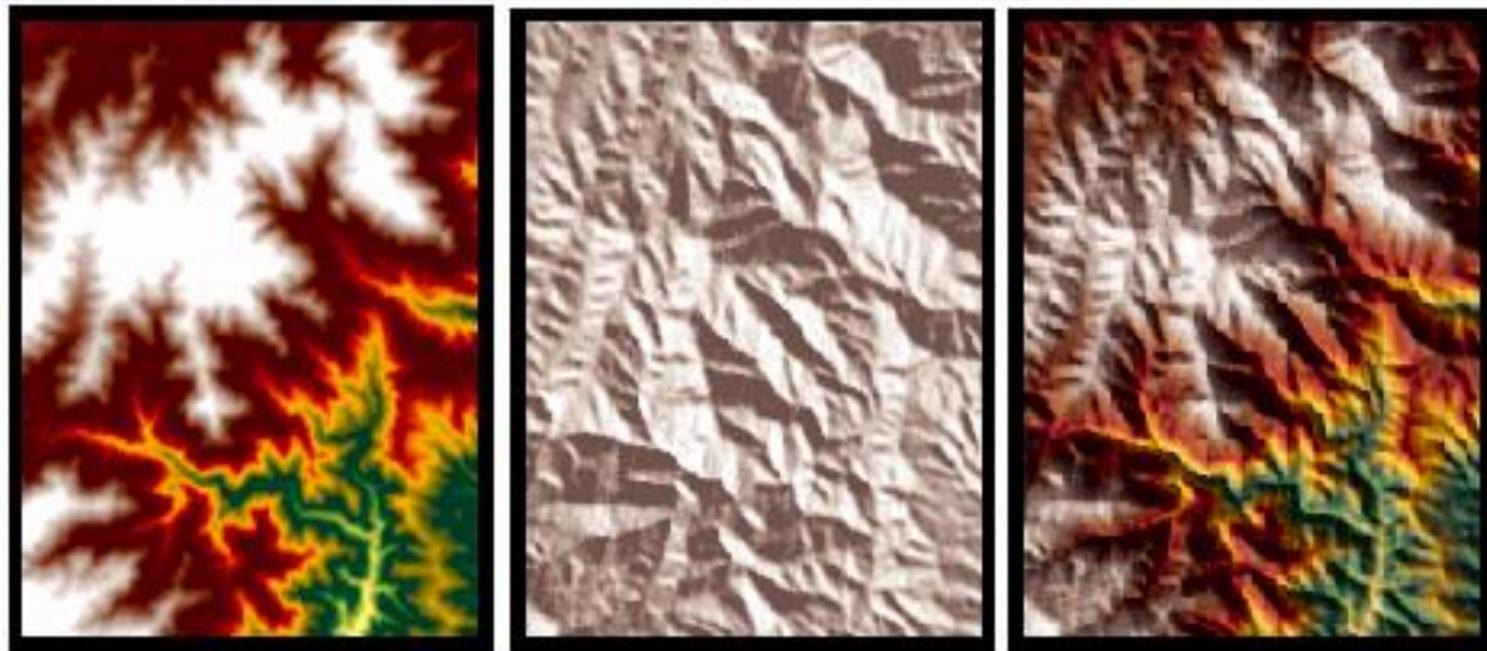
Son patrones de luz y sombra que puede mostrar una superficie cuando es iluminada desde un cierto ángulo. Son muy útiles para mejorar la percepción de profundidad de una superficie 3D, y para el análisis de la cantidad de radiación solar disponible para cierta ubicación.



3D perspective view of terrain without and with hillshading

TIN

Hillshade



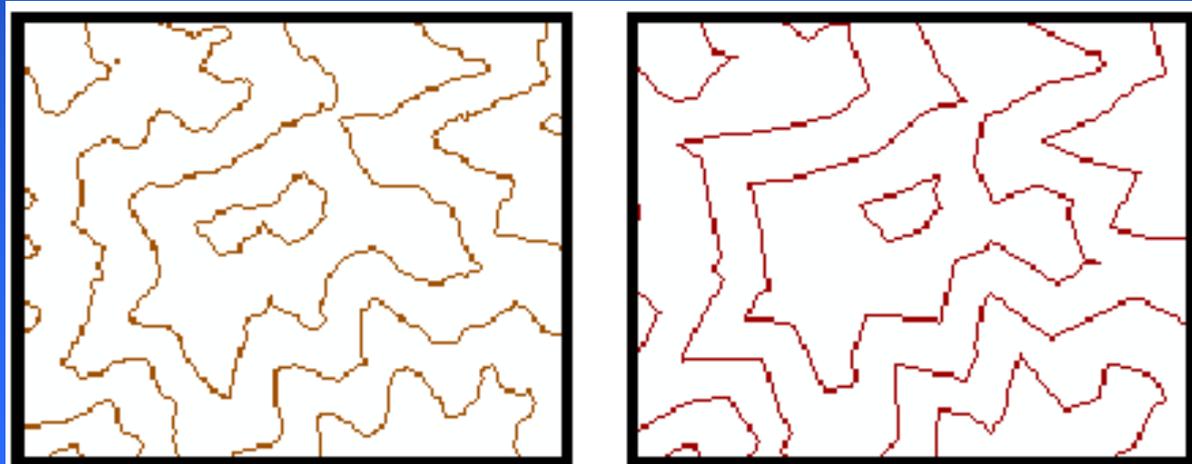
2D elevation raster, transparent hillshade raster, and shaded relief map

TIN

Isolíneas (curvas de nivel)

Son líneas que conectan puntos contiguos de igual altura (u otro).

- En RASTERS las curvas de nivel (contours) se generar interpolando líneas entre los centros de las celdas. Raramente las líneas pasan por el centro de la celda y no acompañan el borde de la misma.
- En TINs las curvas de nivel se crean interpolando líneas rectas a través de cada triángulo que contiene algún valor en el rango de la curva, se determina donde la curva corta la cara (triángulo) mediante interpolación lineal entre los puntos que componen cada lado.



Contours created from a raster surface and from a TIN surface

TIN

Visibilidad

La forma de la superficie del terreno afecta dramáticamente que parte de la superficie puede ver una persona situada en un punto dado.

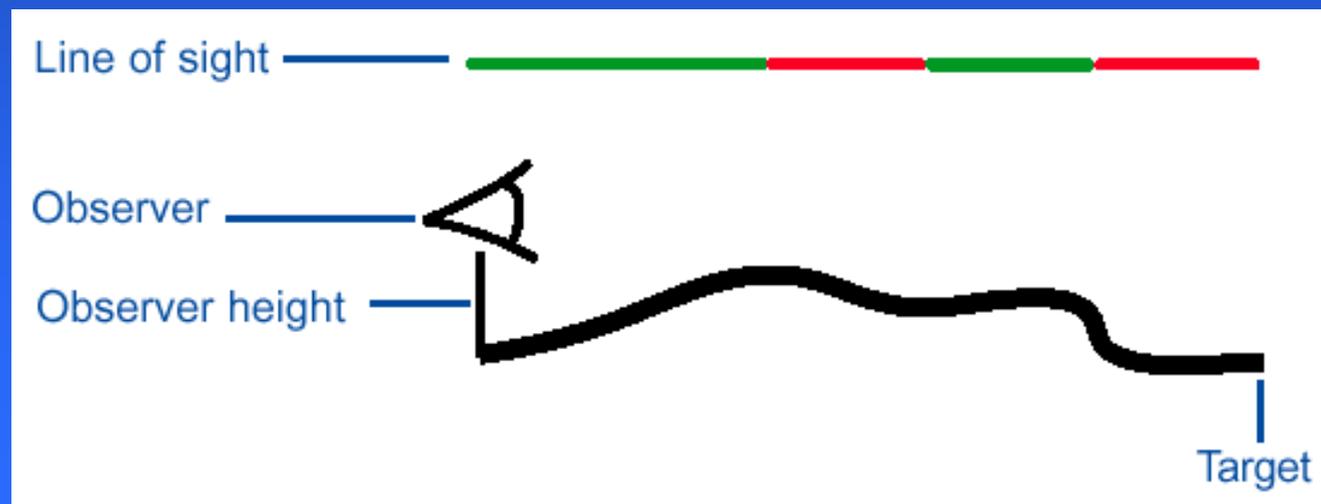
Lo que se vea desde cierto lugar es un elemento importante para determinar el valor de un terreno, la ubicación de una antena de telecomunicaciones, o de ciertas instalaciones militares.

El análisis tridimensional permite determinar la visibilidad de una superficie desde cualquier punto a lo largo de una línea de vista o a través de toda la superficie.

TIN

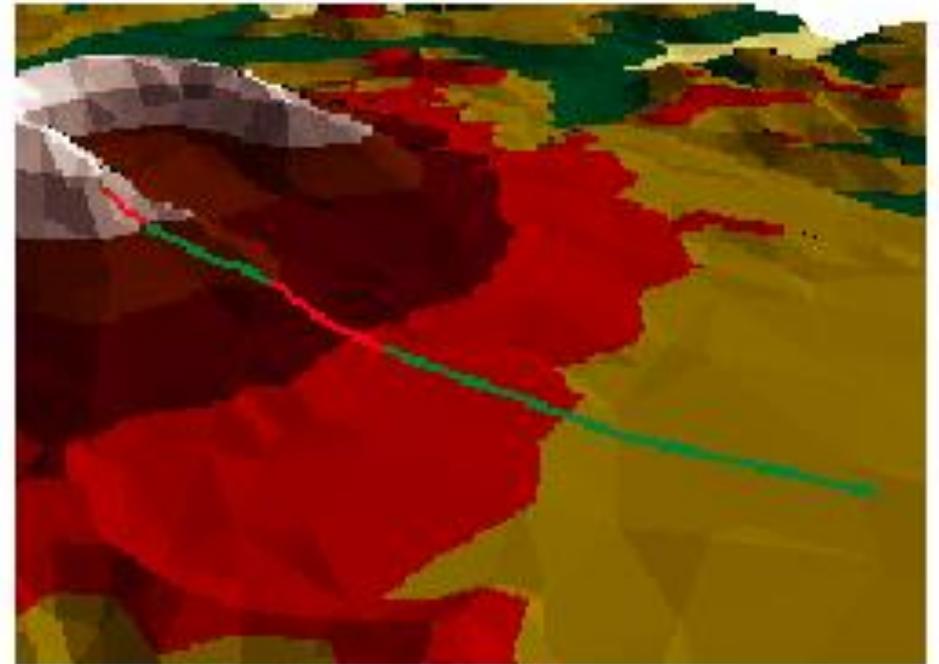
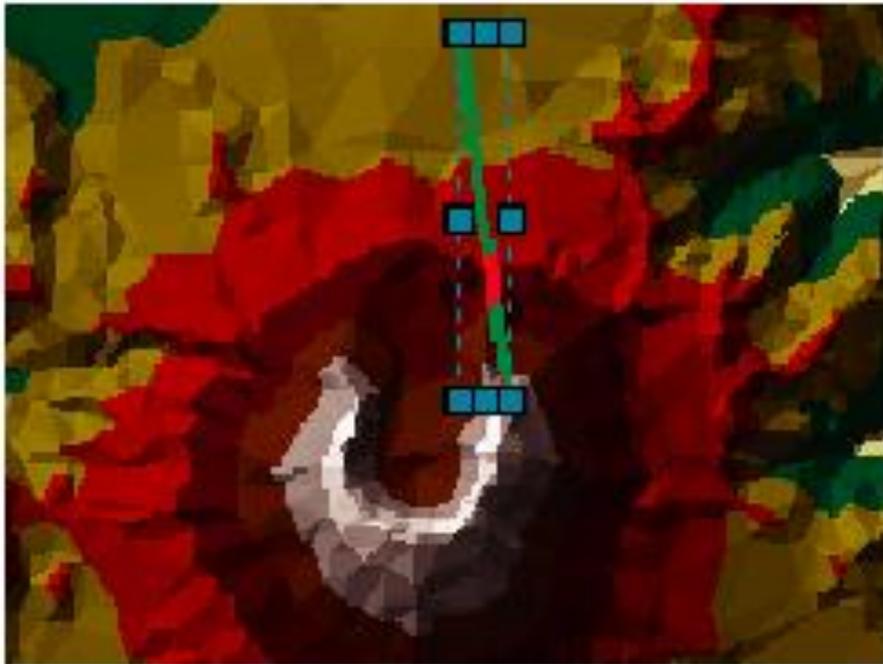
Visibilidad – línea de vista

- Es una línea entre dos puntos que muestra las partes visibles o no de una superficie, desde un observador dado, a lo largo de una dicha línea.
- Permite determinar si un punto dado es visible desde otro punto. Si el terreno oculta dicho punto, se podrá ver donde está la obstrucción y que otras cosas son visibles u ocultas a lo largo de la línea de vista.
- Los segmentos visibles de la línea de vista se muestran de un color (verde por ejemplo) y los ocultos de otro (rojo por ejemplo)
- Es necesario además definir la altura del observador (offset).



TIN

Visibilidad – línea de vista

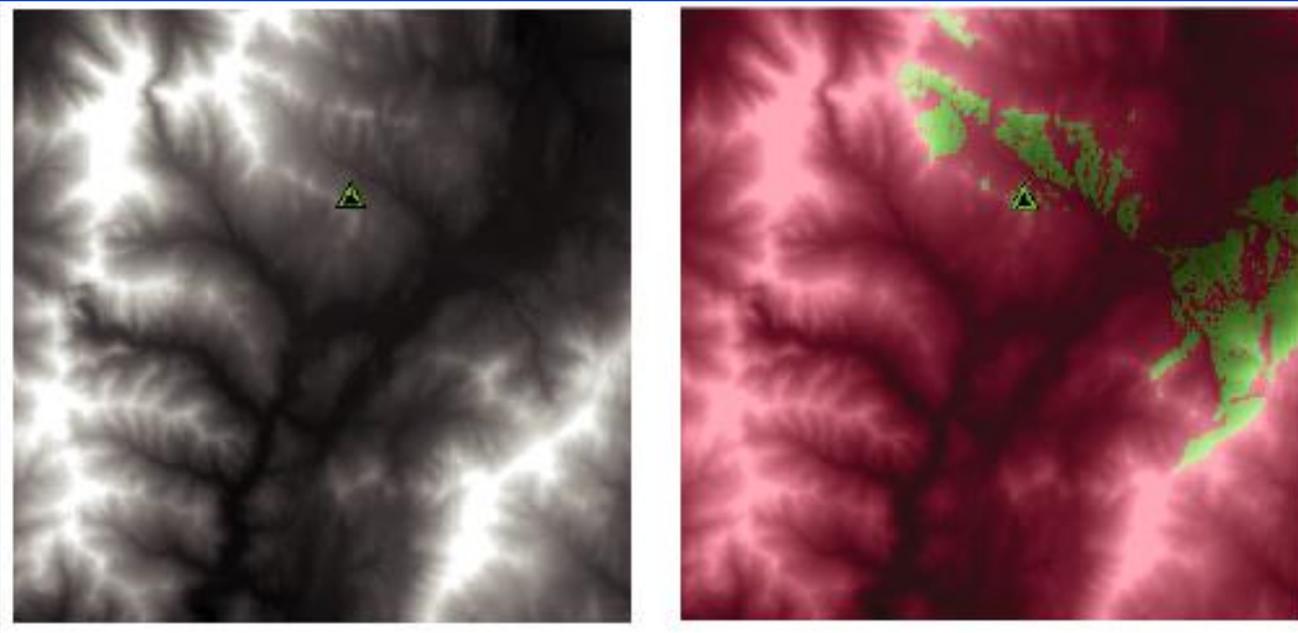


Line of sight created in ArcMap and copied and pasted into a 3D scene

TIN

Visibilidad – viewshed

- Identifica las celdas de un raster dado que pueden ser vistas desde uno o más puntos de observación.
- Cada celda del raster recibe un valor que indica cuantos puntos de observación pueden ver esa celda. Si se tiene solo un punto de observación entonces las celdas vistas por ese observador reciben el valor 1. Las celdas que no pueden verse desde ese punto de observación reciben el valor 0.
- Los puntos de observación pueden ser puntos aislados o pertenecer a una línea.



El triángulo es el punto del observador, los puntos verdes es lo que el observador ve.

TIN

Perfiles

Muestran los cambios de la elevación de una superficie a lo largo de una línea

Camino de inclinación (steepest path)

- Es el camino que seguiría una pelota si se suelta en algún punto de la superficie que representa el TIN
- La pelota toma el camino cuesta abajo hasta que alcanza el borde del modelo de superficie (TIN) o llega a un punto donde todo fluye hacia él en la zona circundante.
- Permite evaluar la integridad del modelo de superficie dado por el TIN, por ejemplo para estudiar el flujo de los cursos de agua.



TIN

Estructura de un TIN

Permite representar superficies con precisión, y otros elementos.

Definición de un TIN

Triangulated – modela una superficie a partir de puntos de los cuales se forman triángulos. Los triángulos permiten una buena representación de una parte local de la superficie, ya que tres puntos con valores Z definen en forma única un plano en el espacio 3D.

Irregular – Los triángulos son formados por tres puntos ubicados en forma irregular. Esta es una ventaja de los TIN, ya que permite tomar puntos de medida con densidad variable, para modelar áreas donde se producen cambios abruptos en el terreno.

Network – Cada triángulo almacena la información topológica sobre sus triángulos vecinos, formando una red. Esta estructura permite sofisticados análisis de superficie, así como también una representación compacta de la superficie.

TIN

Estructura de un TIN

Creación de un TIN

- A partir de un conjunto de puntos, con datos de elevación, colectados de muchas fuentes
- A partir de compilaciones realizadas con instrumentos fotogramétricos que permiten obtener la elevación a partir de pares estereoscópicos de fotografías aéreas.
- A partir de datos medidos en el terreno, curvas de nivel digitalizadas, rasters con valores Z, puntos almacenados en archivos o base de datos, u operaciones con otros TINs

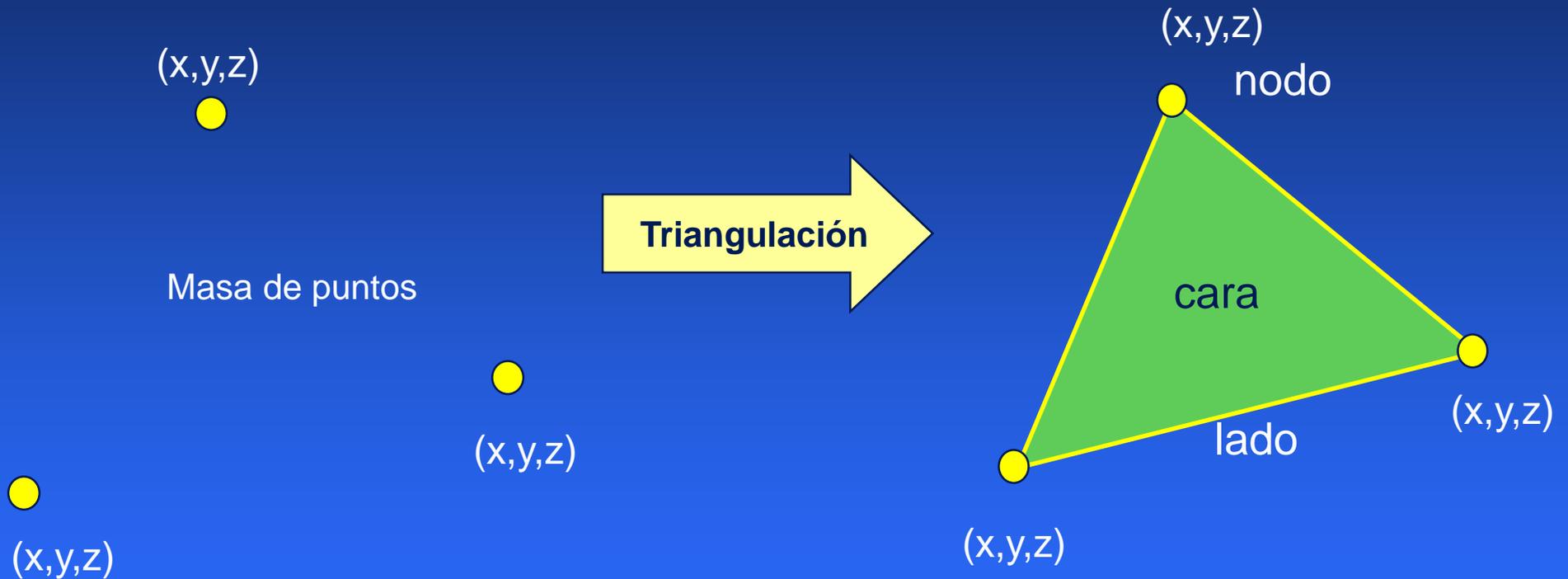
Sobre estos puntos se realiza una triangulación.

En TINs, triángulos son llamados *caras*, los puntos son llamados *nodos*, y las líneas son llamadas *lados* (edges).

TIN

Estructura de un TIN

Creación de un TIN

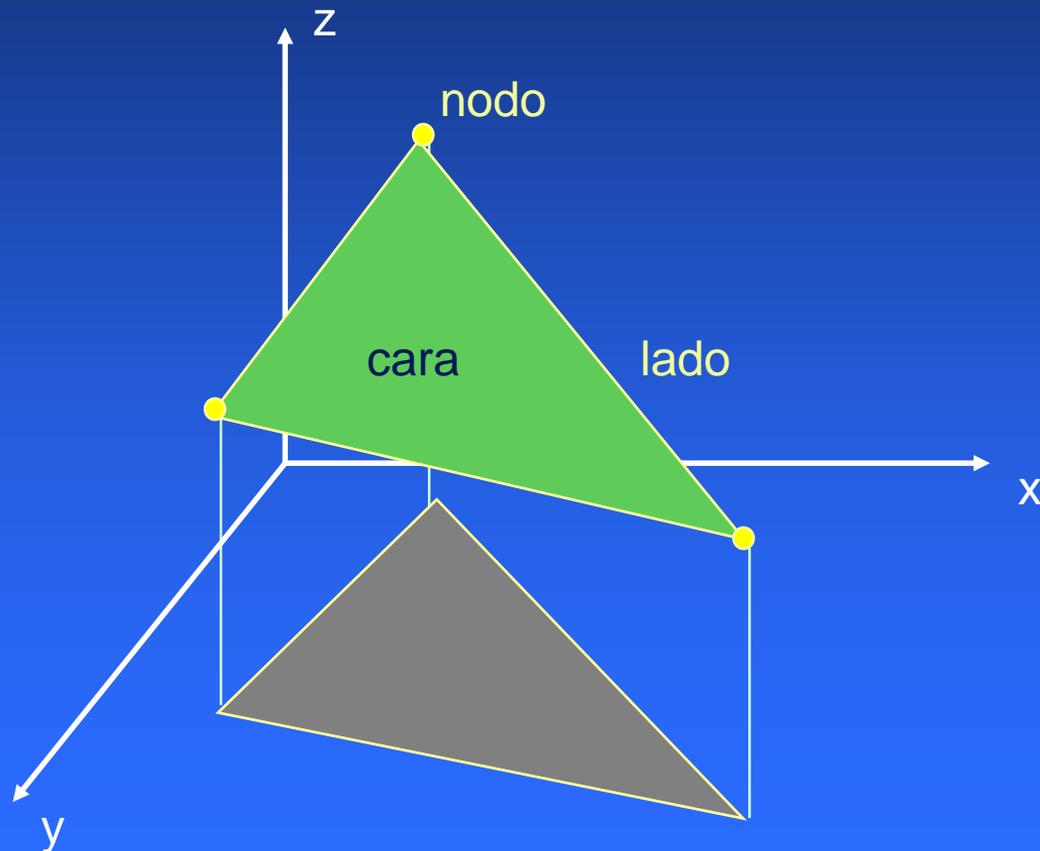


TIN

Creación de un TIN

Cada cara de un TIN es parte de un plano en 3D.

Todas las caras vecinas comparten con precisión nodos y lados, no se interceptan.



TIN

Triangulación y topología

Se pueden aplicar muchos algoritmos para lograr la triangulación a partir de puntos.

Algoritmo Delaunay de triangulación (el más usado)

- La idea básica es crear triángulos que colectivamente son lo más parecido a equiláteros.
- Mantiene la interpolación de la elevación en nuevos puntos lo más cercano a los puntos conocidos
- Se realiza a partir de puntos, líneas y polígonos o áreas:
 1. Primero – triangulación a partir de los puntos
 2. Segundo – líneas se interceptan con la triangulación anterior y se crean nuevos nodos cuando estas líneas corten a las caras.
 3. Tercero – se interceptan las áreas, lo cual puede cortar caras o recortarlas.

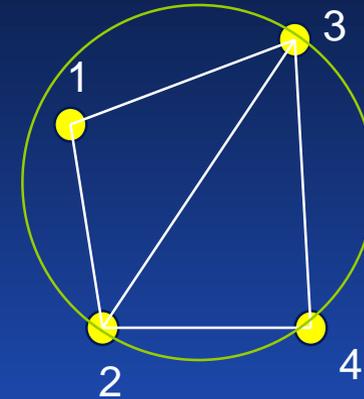
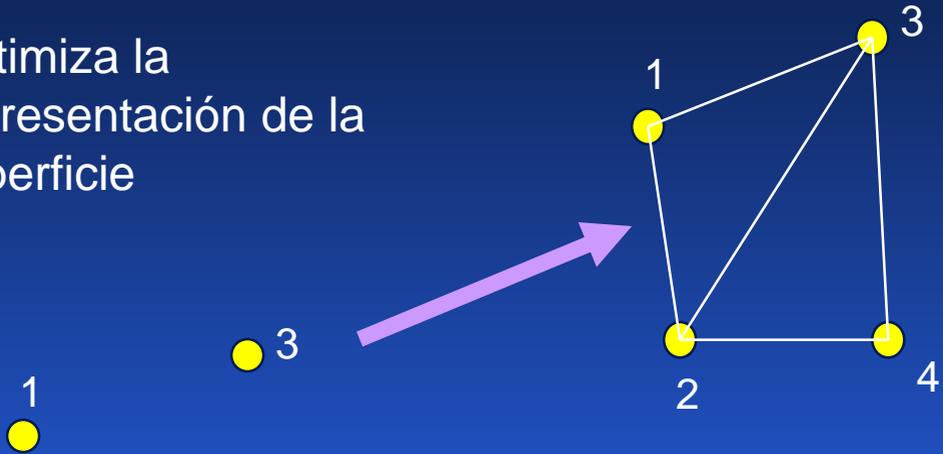
Al final del algoritmo:

- Se almacenan los nodos para cada cara, y para cada cara las caras vecinas (topología).
- Similar a la topología planar con la diferencia de que los nodos tienen elevación y los polígonos deben ser triángulos.

TIN

Delaunay triangulation

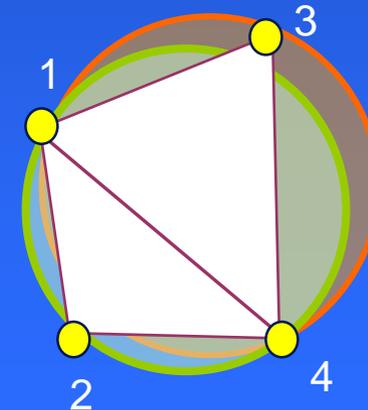
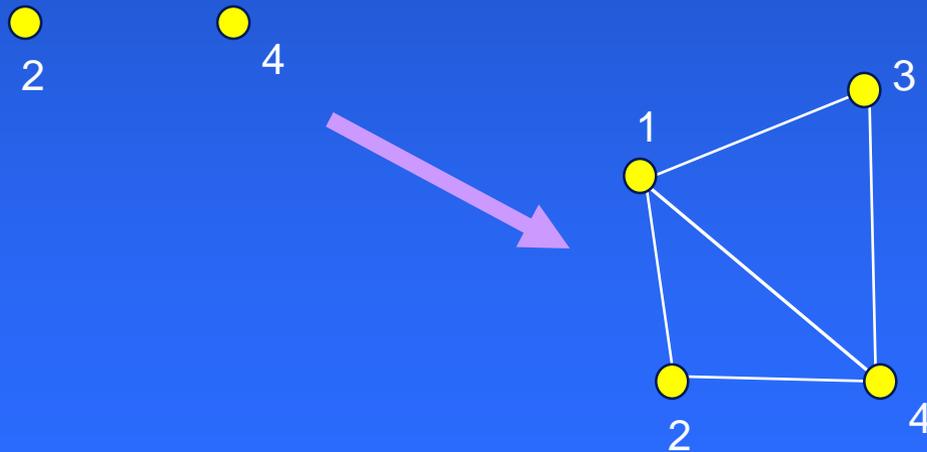
Optimiza la representación de la superficie



Incorrecto: nodo 1 queda dentro del círculo para el triángulo 3,4,2

De 4 puntos dos casos posibles

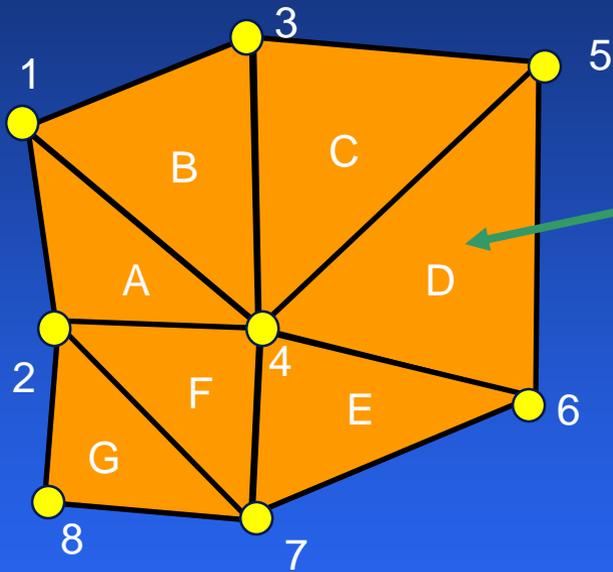
Cualquier círculo por tres nodos de un triángulo **no incluirá** cualquier otro nodo.



Correcto: círculos por tres nodos no incluyen otros nodos

TIN

Topología en un TIN

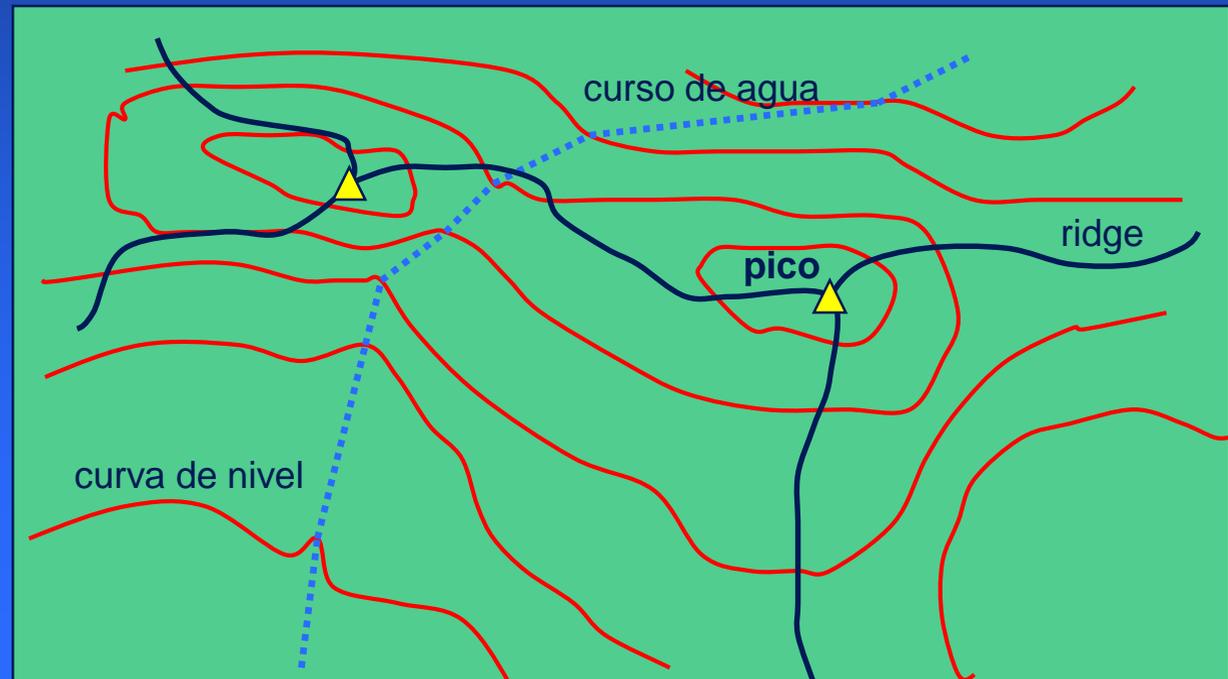


Triángulo	Nodos	Caras vecinas
A	1,2,4	-,F,B
B	1,3,4	-,A,C
C	3,4,5	-,B,D
D	4,5,6	-,C,E
E	4,6,7	-,D,F
F	2,4,7	A,E,G
G	2,7,8	-,-,F

TIN

Modelado de elementos de superficie

- Puntos son los elementos predominantes como datos de entrada de un TIN.
- Puntos pueden provenir de curvas de nivel, pero es mejor si se colectan de dispositivos fotogramétricos ya que permite seleccionar puntos que mejor representen el relieve del terreno
- Cursos de agua, lagos, cantos, y elementos lineales en general se deben agregar a posteriori para refinar o mejorar el modelo de superficie, permitiendo representar mejor ciertos detalles del terreno.



TIN

Elementos puntuales

- Una masa de puntos representa puntos donde se ha medido un valor Z.
- Luego de la triangulación, son preservados como nodos en la misma ubicación y con la misma elevación

Elementos lineales

Breaklines

- Representan elementos naturales tales como cursos, cantos (ridges), o elementos hechos por el hombre tales como carreteras.
- Agregan bordes y nodos al TIN.
- Dos tipos: Hard y Soft

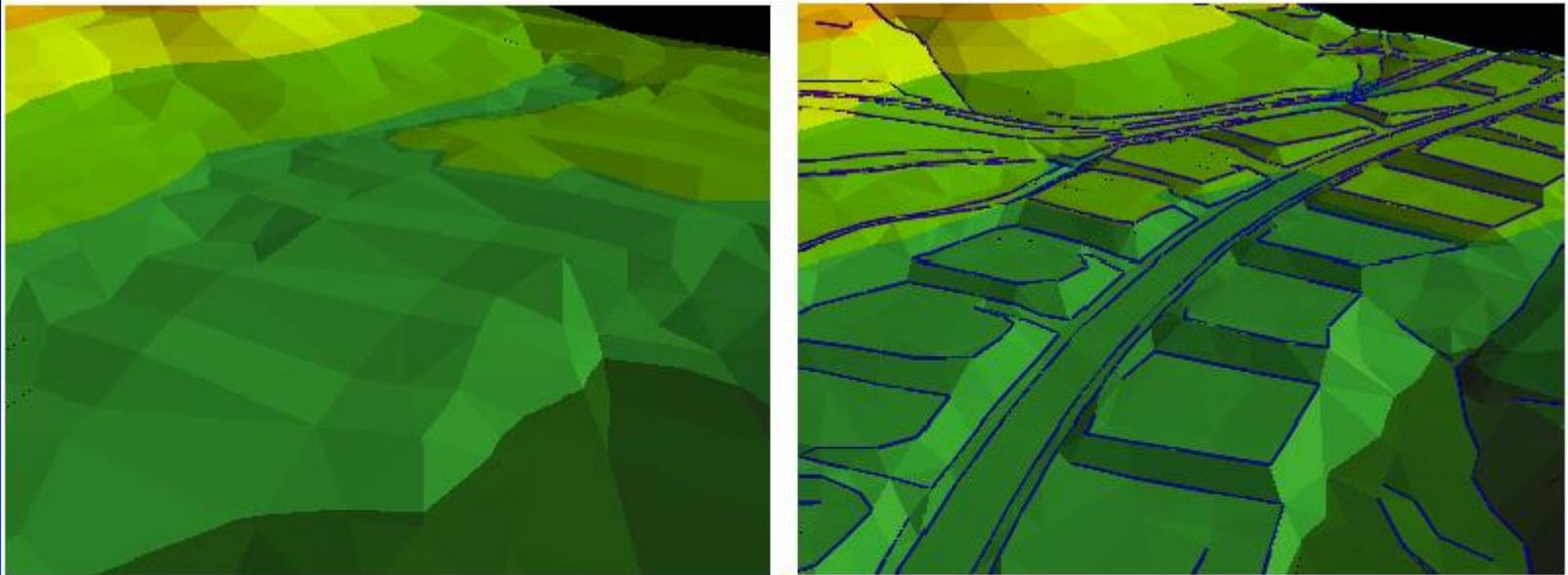
Hard Breaklines

- Representan una discontinuidad en la pendiente tales como cursos de agua. La superficie es siempre continua pero la pendiente no.
- Permiten preservar la forma de la superficie, y mejorar el análisis y la visualización en los TINs.
- Permiten capturar los cambios bruscos en la superficie.

Soft Breaklines

- Permiten agregar bordes o lados para representar elementos lineales, pero no representan discontinuidad en la pendiente, no van a influenciar la forma del TIN.
- Ej: Carreteras se van a representar en el TIN pero no van a afectar significativamente la forma de la superficie, agregando solo nodos y bordes sin cambiarle la forma dada por la elevación.

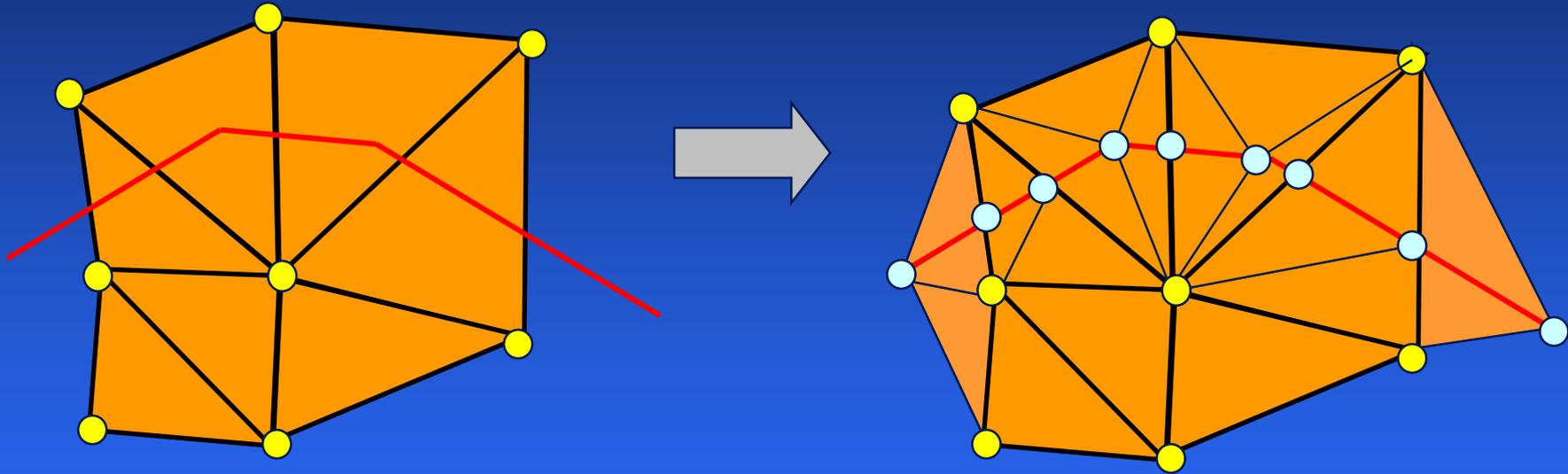
TIN



The graphic on the left shows a TIN created from mass points; the graphic on the right shows a TIN of the same area created from mass points and breaklines.

TIN

Breaklines (influyen la forma de dibujar las isolíneas (curvas de nivel))



TIN

Elementos de área

Representan lagos, costas, océanos, límite del TIN.

Replace polygons

Asignan una constante Z al borde del polígono y a todos los puntos de su interior

Erase polygons

Marcan el área dentro del polígono para que quede fuera de la zona de interpolación para el modelo.

Las operaciones de cálculo de volúmenes, curvas de nivel, e interpolación ignoran estas áreas.

Clip polygons

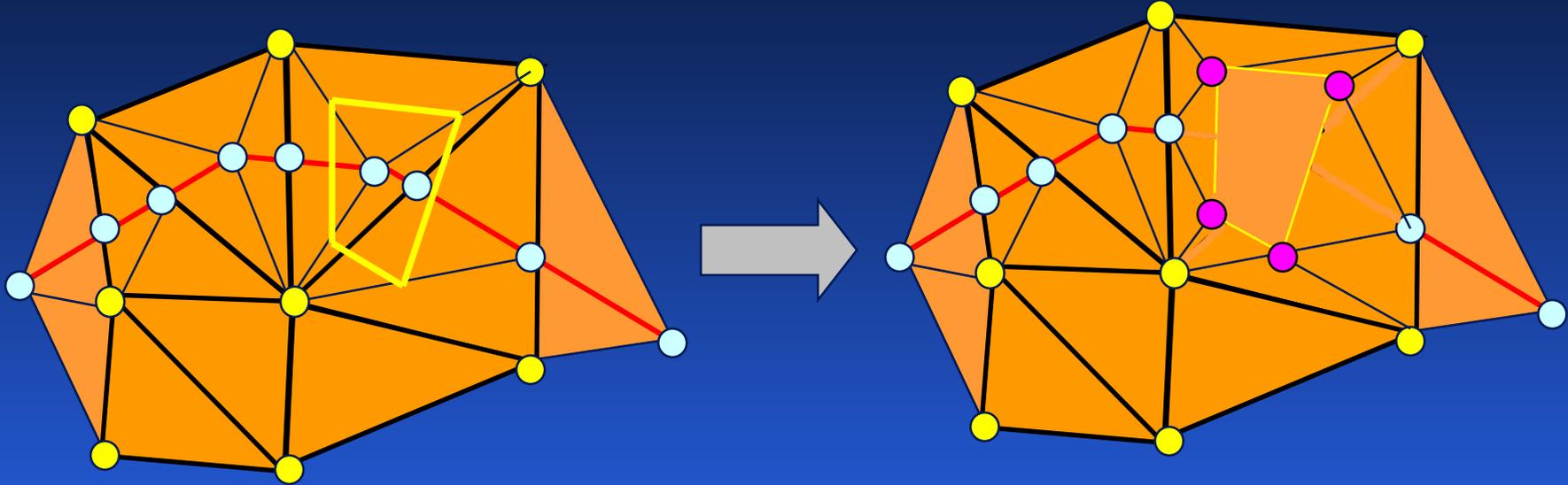
Marcan todas las áreas fuera del polígono como fuera de la zona de interpolación para el modelo.

Fill polygons

Asignan a todas las caras que caen dentro de un polígono un valor entero almacenado en un atributo. No se borra, ni recorta, ni se reemplaza nada.

TIN

Elementos de área



Polígonos se usan para representar una elevación constante (lagos, océanos), o se usan para delimitar bordes y recortar o borrar porciones de la triangulación.

Este TIN fue redefinido para representar áreas de elevación constante, y para modelar el borde de la interpolación. Se le puede seguir agregando puntos, breaklines y polígonos para mejorarlo aún más.

TIN

Superficies funcionales

- Una característica interesante de los TINs, es que representan puntos en 3D, pero la topología de caras es restringida a 2D.
- Por esta razón es que a los TINs se les refiere como modelos de dimensión 2.5D.
- Refleja que cada cara está formada por puntos en 3D pero solo permiten almacenar un solo valor Z.
- Consecuentemente, los TINs son un ejemplo de función de un solo valor (***single-value function***): dada una ubicación, solo puede ser interpolado un solo valor Z.
- TINs no pueden modelar las ocurrencias infrecuentes de una pendiente negativa, sales como cavernas, cuevas, y ciertos acantilados.

TIN

Ejemplos

TIN “pintado” con una imagen de satélite. El terreno fue exagerado para poder ver pequeñas variaciones. Se percibe mejor por donde corre el agua

