



Facultad de Ciencia Y Tecnología

*Base de Datos Avanzadas*

# Bases de Datos Geográficas

---

DOCENTES:

- TROSSERO, SEBASTIÁN
- SCHMUCKLER, JORGE

# Resumen

---

- ❑ Conceptos sobre GIS (Sistema de Información Geográfica)
  - ❑ Introducción
  - ❑ Componentes
  - ❑ Requisitos
  - ❑ Tipos de datos
  - ❑ Formatos
- ❑ Bases de datos Geoespaciales
- ❑ Open Geospatial Consortium
- ❑ Localización geográfica

# Conceptos sobre GIS

## Introducción

---

### Contexto Actual

Hay 2 aspectos que impulsan el estudio de este tipo de Sistemas, por ende, de los gestores de Base de Datos:

- ❑ Mas del 50 % de la información que maneja un sistema está Georeferenciada (aunque no siempre de manera directa).
- ❑ La geografía ha pasado de ser un ámbito particular con cierta relación con otros campos a ser un elemento fundamental incorporado a la mayor parte de las disciplinas. Ej (Economía, Política, Marketing, etc).

# Conceptos sobre GIS

## ¿Qué es un GIS?

---

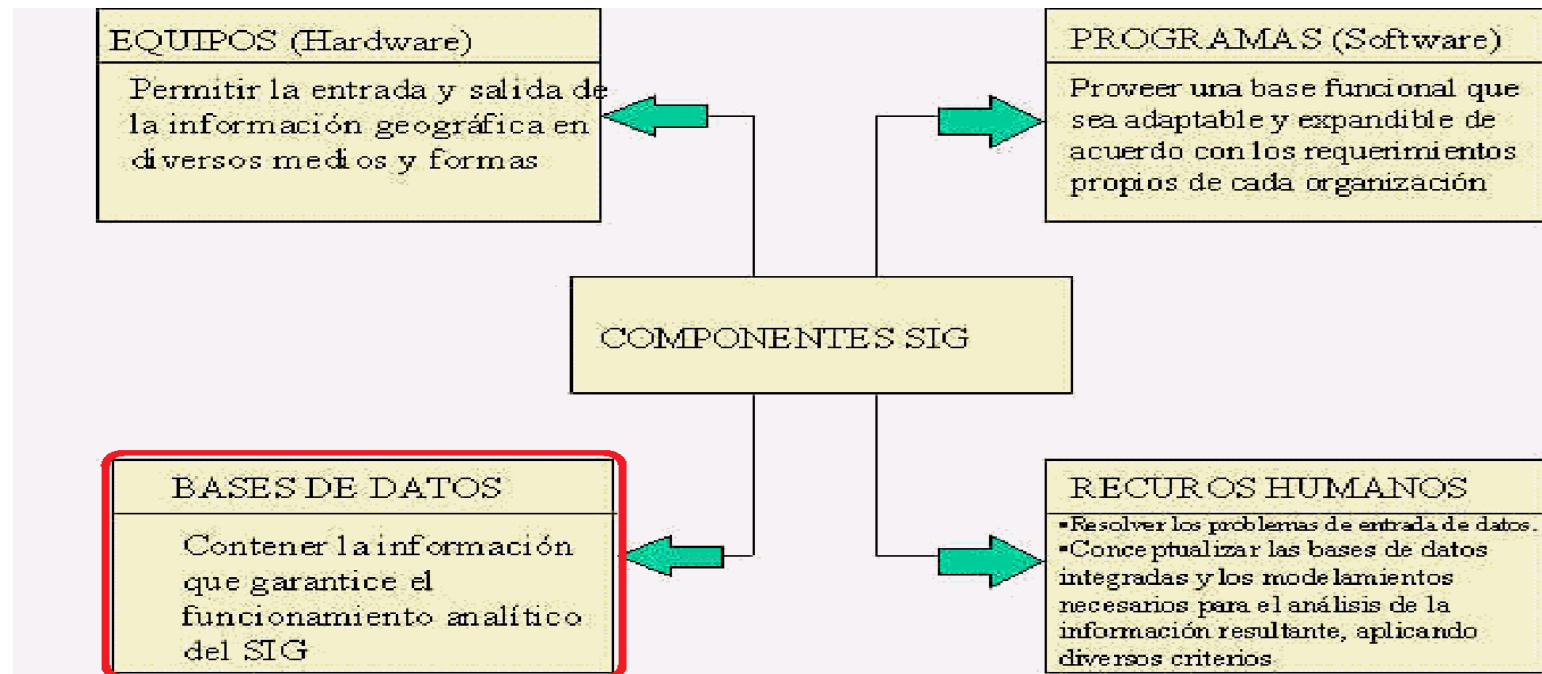
El término **SIG** procede del acrónimo de **Sistema de Información Geográfica** (en inglés **GIS, Geographic Information System**).

Técnicamente se puede definir un GIS como:

“Tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (**hardware**) **programados** adecuadamente (**software**) **que permiten manejar** una serie de datos espaciales (**información geográfica**) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por usuarios especializados (**personal**) con el objetivo de generar información para procesos decisivos.”

# Conceptos sobre GIS

## Componentes



*Todos estos componentes permiten gestionar y explotar la información.*

# Conceptos sobre GIS

## Requisitos Funcionales

---

El propósito de un SIG es la **gestión integrada de datos espaciales y temáticos**. Esto plantea los siguientes requisitos:

- ❑ **Representación de datos espaciales:** Toda forma de dato espacial relevante para la aplicación debe ser almacenable en el sistema. Ej. Límites de un edificio.
- ❑ **Consultas espaciales:** El sistema de información debe soportar queries con contexto o referencia espacial. Ej. ¿Qué otros edificios se encuentran lindantes al edificio principal?
- ❑ **Integración con datos temáticos:** Los usuarios deben tener la capacidad de combinar datos temáticos y espaciales en una forma adecuada. Ej. Asociar los límites de propiedad con el propietario, las características de construcción, número de legajo, impuestos, etc.

# Conceptos sobre GIS

## Tipos de datos

---

Los datos alfanuméricos son descripciones de las características de las entidades gráficas.

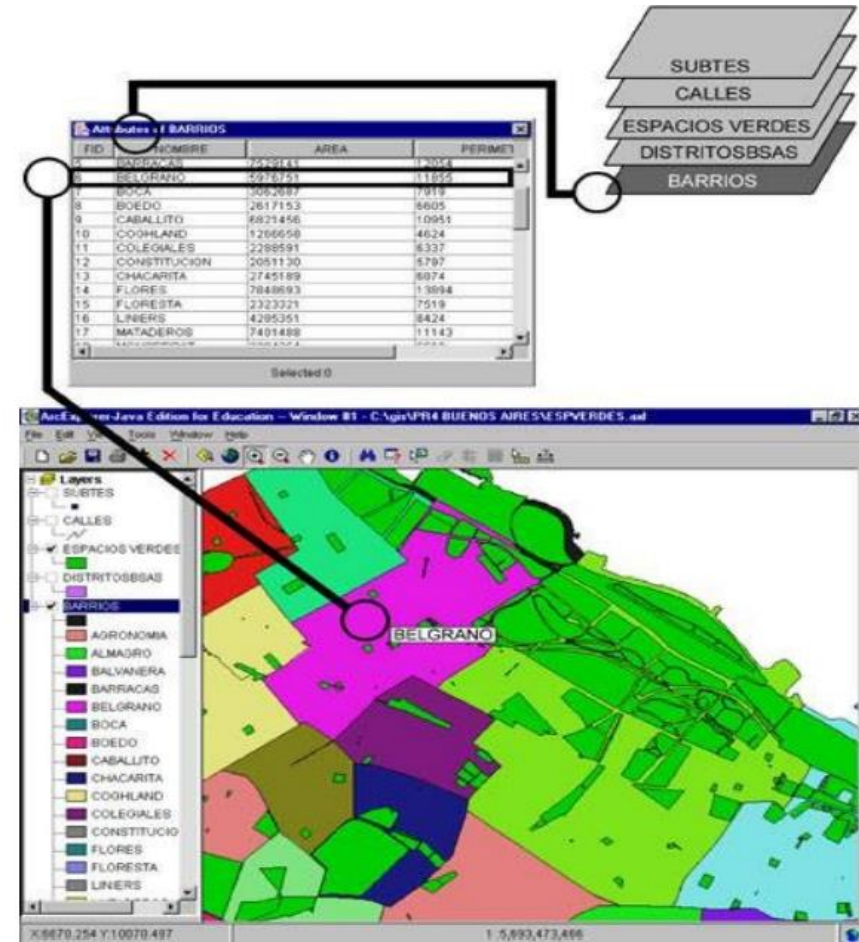
Generalmente son almacenados en formatos convencionales para este tipo de información, si bien se están comenzando a utilizar junto con los SIG sistemas de gestión documental, que gestionan estos datos como imágenes gráficas en formato ráster.

La información alfanumérica y gráfica se encuentran completamente integradas, siendo esta integración, junto con la capacidad de gestión de ambos tipos de datos, lo que caracteriza a los Sistemas de Información Geográfica.

# Conceptos sobre GIS

## Tipos de datos

La información administrada por los GIS contiene datos gráficos y alfanuméricos anclados geográficamente, integrados para formar una completa fuente de información.





# Conceptos sobre GIS

## Tipos de datos

---

Para representar el mundo real en datos espaciales debemos hacer un proceso de abstracción.

Las entidades del mundo real pueden ser abstraídas de diferentes formas, por ejemplo:

- ❑ Puntos, líneas, áreas ( abstracción geométrica o cartográfica )
- ❑ Imágenes ( por ejemplo, fotografías )
- ❑ Etiquetas ( por ejemplo una dirección ).

Ejemplo: Así, un objeto del mundo real como puede ser un río, para incorporarlo a nuestro SIG lo abstraemos en una línea curva o un conjunto de segmentos rectos unidos.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos

---

Las abstracciones geográficas de los objetos del mundo real ahora deben ser representadas. Estas representaciones pueden ser en:

- ☐ Formato vectorial
- ☐ Formato ráster

Nota: una de las características mas significativas de las entidades de datos espaciales son las relaciones existentes entre las mismas.

Representación de un lago  
(ficticio) en formato  
vectorial a la izquierda y  
formato raster a la derecha



## RASTER



# Conceptos sobre GIS

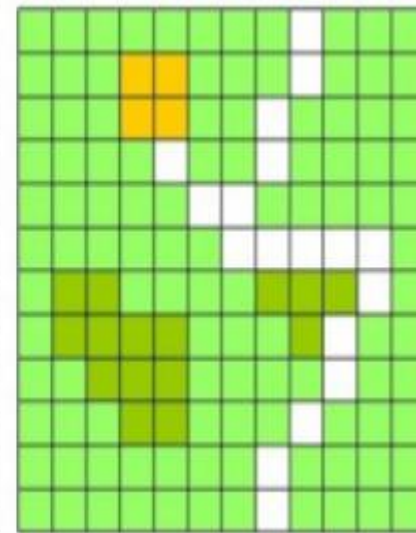
## Formatos - Ráster

---

En el modelo ráster el espacio es discretizado en pequeños rectángulos o cuadrados, de forma que el tamaño que tienen estos elementos es fundamental y determina la resolución.

Utiliza una única  
primitiva muy similar al  
punto, el pixel,  
contracción de las  
palabras en inglés:  
picture element.

|                         |
|-------------------------|
| 1,1,1,1,1,1,1,1,2,1,1,1 |
| 1,1,1,3,3,1,1,1,2,1,1,1 |
| 1,1,1,3,3,1,1,2,1,1,1,1 |
| 1,1,1,1,2,1,1,2,1,1,1,1 |
| 1,1,1,1,1,2,2,1,1,1,1,1 |
| 1,1,1,1,1,1,2,2,2,2,2,1 |
| 1,4,4,1,1,1,1,4,4,2,1   |
| 1,4,4,4,4,1,1,1,4,2,1,1 |
| 1,1,4,4,4,1,1,1,1,2,1,1 |
| 1,1,1,4,4,1,1,1,2,1,1,1 |
| 1,1,1,1,1,1,1,2,1,1,1,1 |
| 1,1,1,1,1,1,1,2,1,1,1,1 |

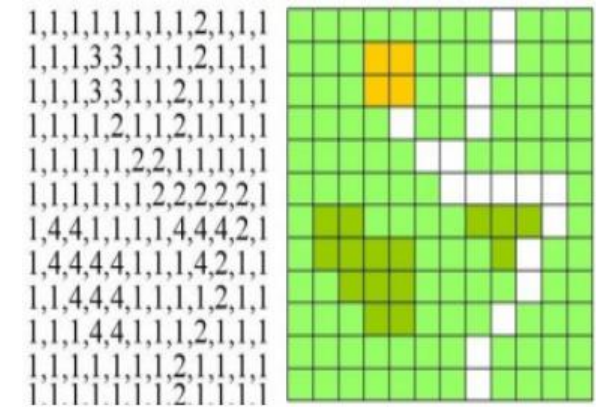


# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Ráster

Esta matriz de puntos de forma cuadrada o rectangular que contiene valores numéricos representa las entidades cartográficas y sus atributos a la vez.

Los modelos lógicos menos complejos son los basados en este modelo conceptual, en buena medida porque la georreferenciación y la topología son implícitas a la posición - columna y fila - del pixel en la malla.





# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Ráster

---

La precisión de la georreferenciación en el modelo ráster está **sesgada conceptualmente por la porción del territorio que representa el pixel**, la cual es la unidad de medida lineal y superficial mínima del sistema.

Además, a veces **no se especifica como está georreferenciada la celda**, respecto a su ángulo superior izquierdo o a su ángulo inferior izquierdo o respecto a su centro.

El modelo conceptual ráster tiene serias limitaciones conceptuales en la precisión de la referenciación, con un margen de error equivalente a la mitad de la base y de la altura del pixel.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Ráster

---

### Ventajas:

- ☐ Estructura de datos sencilla
- ☐ Las operaciones de superposición (overlay) se realizan más fáciles
- ☐ Representa muy bien la variabilidad espacial
- ☐ Necesario para el manejo y manipulación de imágenes digitales satelitales.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Ráster

---

### Desventajas:

- ☐ Ocupan más memoria
- ☐ Relaciones topológicas más difíciles de representar
- ☐ Sesgo de representación en la georreferenciación
- ☐ Mayor dificultad para realizar operaciones entre elementos espaciales.
- ☐ Complejidad con resoluciones (zoom)



# Conceptos sobre GIS

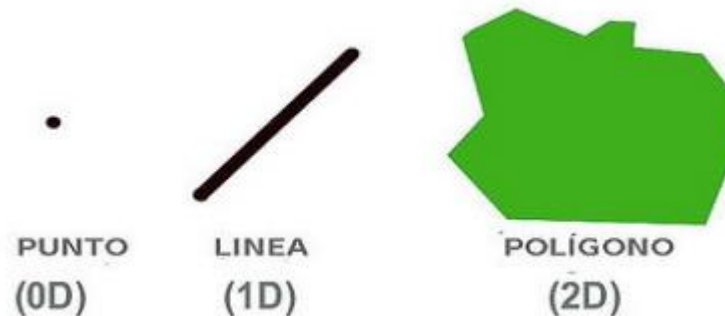
## Formatos - Vectorial

---

### Modelo Vectorial

El modelo vectorial se basa en tres primitivas básicas :

- ❑ **Nodo o punto:** es la unidad básica para representar entidades con posición pero sin dimensión ( al menos a la escala escogida ).
- ❑ **Línea:** representa entidades de una dimensión y está restringido a línea recta en la mayoría de las implementaciones.
- ❑ **Polígono o área:** se utiliza para representar las entidades bidimensionales.



# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Vectorial

---

Entre ellas existen una **serie de relaciones** tales como que una línea se define por dos o más puntos, o un área está limitada por una serie de líneas, lo cual constituye una mínima definición topológica.

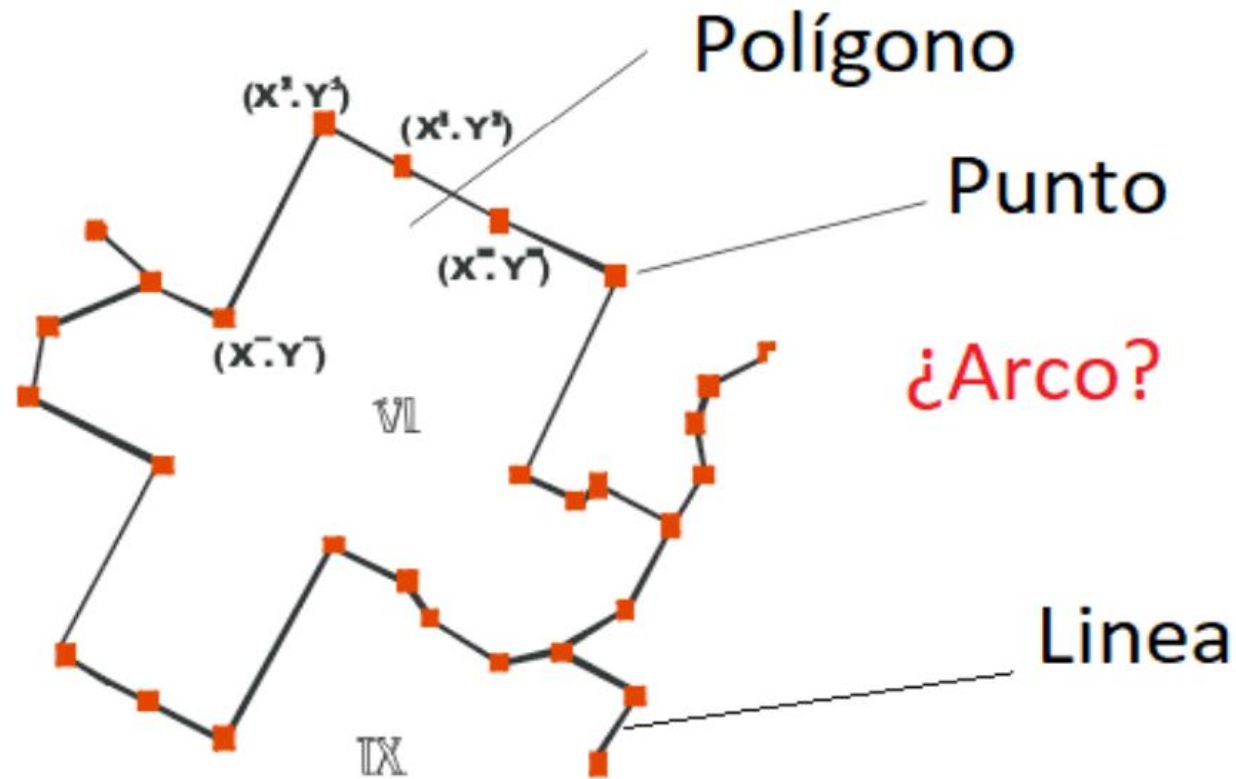
Normalmente se almacenan relaciones del tipo :

- ☐ Punto origen, Punto final de arco y relación ordenada de los puntos internos si existieran.
- ☐ Secuencia ordenada de las líneas que definen un polígono.
- ☐ Polígonos a derecha y a izquierda de cada línea.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Vectorial

---



# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Vectorial

---

### Ventajas:

- ☐ Estructura de datos compacta => ocupa menos memoria
- ☐ Mejor codificación de las relaciones entre elementos => más eficiencia de cálculos
- ☐ Independiente de la resolución.
- ☐ Mejor representación georeferenciada.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Vectorial

---

### **Desventajas:**

- ☐ Estructura de datos más compleja
- ☐ Superposición más difícil de realizar
- ☐ Problemas para representaciones de altura de mapas

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Recomendaciones

---

- ☐ Usar el formato vectorial para la realización de gráficos y mapas precisos.
- ☐ Usar el formato vectorial para análisis de redes ( cableados eléctricos y telefónicos, rutas de transporte, etc.  )
- ☐ Para la superposición y combinación de planos es más rápido y barato el modelo ráster
- ☐ Usar el método ráster cuando se trabaja con representaciones y simulaciones de superficies

# Conceptos sobre GIS

## Formatos - Recomendaciones

---

Utilizar el formato ráster y vectorial en combinación cuando es necesario representar líneas con precisión ( vectorial ) y superficies rellenas (ráster)

- ☐ Disponer de algoritmos de conversión de vectorial-ráster y viceversa.
- ☐ Ideal: simultáneamente datos ráster y vectoriales.

# Conceptos sobre GIS

## Formatos – Superposición de capas

---

Una característica de los SIG es que **permiten manejar simultáneamente varias capas para un mismo espacio geográfico.**  
Por lo que (si los costos lo permiten) podemos realizar combinaciones de **ambos formatos**

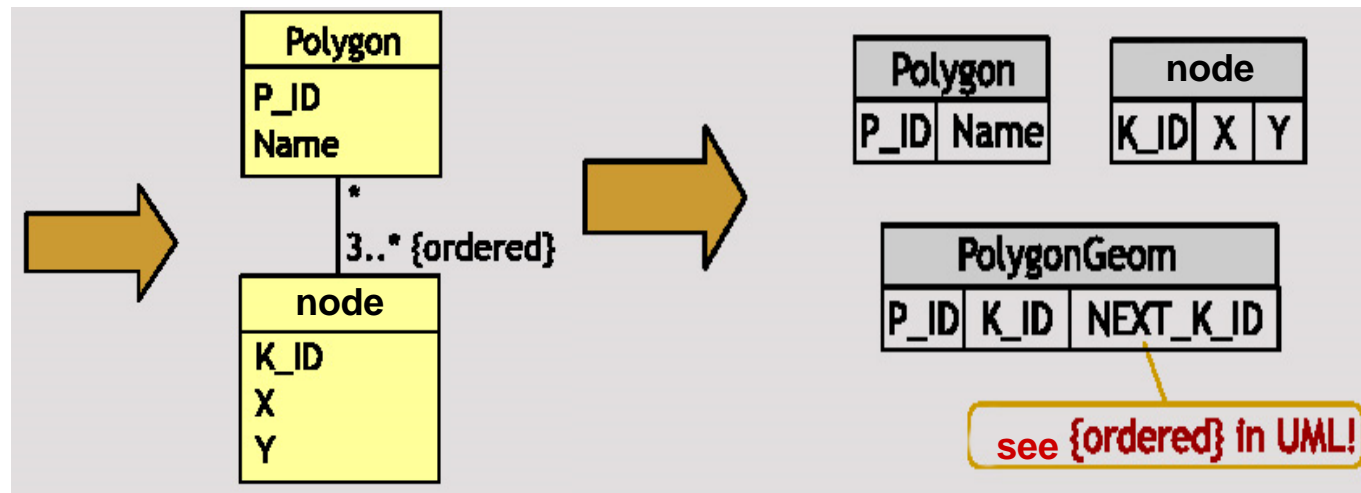


# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Intento de Solución

Diseño de base de datos para un SIG, las estructuras de datos espaciales pueden ser modeladas como estructuras de datos temáticos (no espaciales):

Ejemplo: modelado de un tipo para polígonos con gestión de punto no redundante.



Opinión: ¿Parece razonable?

# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Intento de Solución

---

La solución parece factible técnicamente, pero operativamente:

- ❑ ¿Será tan eficiente como tener un soporte "nativo"?
- ❑ ¿Hay posibilidad de usar índices para Querys espaciales?
- ❑ ¡Las operaciones y los predicados deben evaluarse fuera del SGBD!  
=> **Violación de la independencia de datos**: la reorganización de la estructura de almacenamiento requiere cambios en los programas de aplicación.

# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Solución

---

Todo lleva a pensar que una mejora significativa sería usar tipos de datos espaciales específicos, que se implementan como los llamados tipos de datos abstractos (TDA) dentro del DBMS.

Que permite:

- ❑ Uso en analogía a tipos de datos SQL primitivos
- ❑ Posibilidad de utilizar estructuras de índices espaciales dentro del proceso de consulta.
- ❑ Operadores espaciales y predicados puedan ser evaluados utilizando algoritmos especiales dentro del SGBD.

# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Solución

---

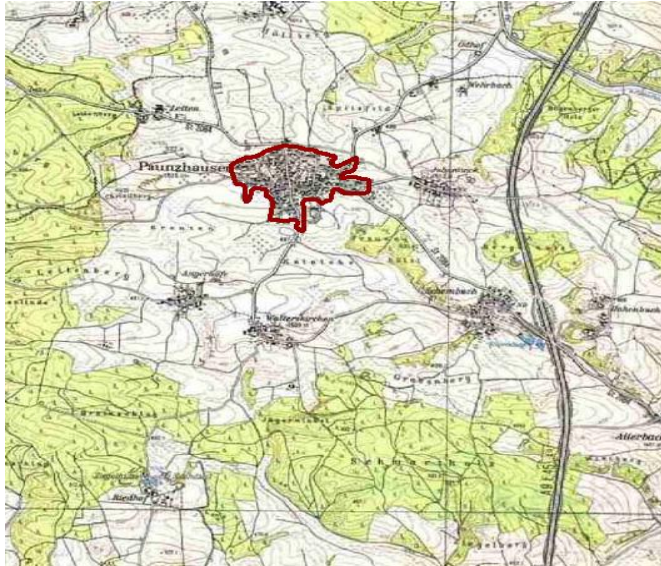
Un **tipo de datos abstracto (TDA)** es una representación independiente de la implementación de un conjunto de dominios de valor y operaciones para formar una unidad.

En nuestro contexto, las TDA tienen las siguientes características deseables:


- ❑ **Los tipos de datos complejos son más fáciles de usar:** por ejemplo, un tipo de polígono puede usarse para especificar el dominio de valor para una columna en un esquema relacional
- ❑ **Encapsulamiento:** La estructura de datos interna está oculta al usuario
- ❑ **Interfaz:** El acceso desde el exterior se limita a operaciones predefinidas
- ❑ **La interfaz y la implementación están separadas** (a nivel conceptual). Ideal para no violar la independencia de datos.

# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Solución



```
CREATE TABLE cities
( name      VARCHAR(30) ,
  residents INTEGER,
  geometry  POLYGON )
```

| cities      |           |   |
|-------------|-----------|---|
| name        | residents | geometry  |
| Paunzhausen | 8500      |  |
| ...         | ...       | ...   |

La estructura de datos real del tipo de datos abstractos POLYGON se oculta al exterior.

Consulta: ¿Puede ser posible una solución propietaria?

# Conceptos sobre GIS

## Motivación - Solución

---

### Requisitos Funcionales:

- ☐ Representación de datos espaciales.
- ☐ Consultas espaciales.
- ☐ Integración con datos temáticos.

### Requisitos NO Funcionales:

- ☐ Eficiencia y Performance.

**Nota:** Imaginemos operaciones complejas del tipo de la sig, con restricciones de miles de objetos. Asociar los límites de propiedad con el propietario, las características de construcción, impuestos, etc.

**Solución:** Extender SQL con funcionalidad espacial → Mas Standard

# Open Geospatial Consortium

---

El **Open Geospatial Consortium (OGC)** es un consorcio internacional que agrupa:

- ☐ Empresas
- ☐ Universidades
- ☐ Organismos Estatales

Con las siguientes metas fundamentales:

- ☐ Proveer de estándares abiertos, gratuitos y públicos.
- ☐ Liderar la creación de estándares que permitan que el contenido y los servicios GeoEspaciales se integren a procesos cívicos y de negocios.
- ☐ Facilitar la adopción de arquitecturas de referencia abiertas en materia de información espacial.

# Open Geospatial Consortium Simple Features Standard

---

OGC define un modelo de datos para objetos espaciales conocido como **Simple Features Standard (SFS)** (Estándar ISO 19115).

El estándar se divide en dos partes:

- ❑ Arquitectura común (Modelo de Objetos - datos)
- ❑ Implementación en SQL (Permite construir bases de datos geográficas)



# Open Geospatial Consortium

## Simple Features Standard

---

El Open Geospatial Consortium (OGC), entre otras cosas, ofrece la especificación de características simples para SQL:

- ☐ Describe un conjunto de **tipos de datos de geometría** para SQL basado en el modelo de geometría propio (OGC).
- ☐ Describe un conjunto de **operaciones SQL para estos tipos**.

**No describe cuestiones físicas como índices, implementación interna, rangos de valores, etc.**

# Open Geospatial Consortium

## Simple Features Standard

---

### Características Espaciales:

El término “característica” es abstracción de un fenómeno del mundo real (“geoObjeto”)

Una característica se almacena como un dato simple o un dato complejo o compuesto (conjunto de datos).

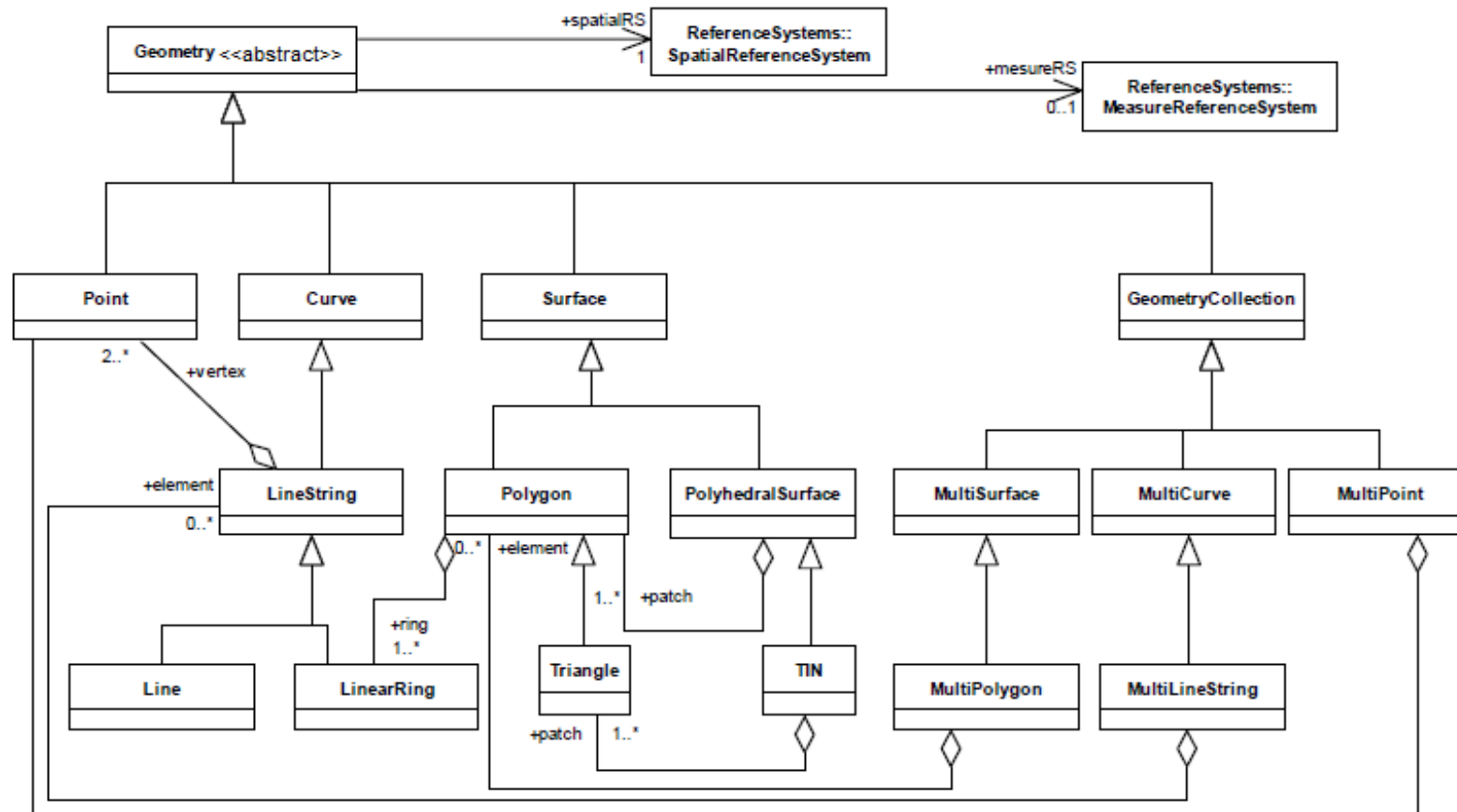
### Modelado de la geometría de objetos espaciales:

- ☐ Mínimo 2 dimensiones (“X” e “Y”), se admiten hasta 4 (“Z” y “m”)
  - ☐ “X”, “Y” y “Z” referencian un punto en el espacio, “m” es otra característica asociada al punto que conviene indizarla con junto con las coordenadas del punto, ej: temperatura, área de servicios en la ruta, ejemplo: mojón km.
- ☐ Sólo interpolación lineal entre puntos
- ☐ No hay representación explícita de la topología

# Open Geospatial Consortium

## Modelo de datos

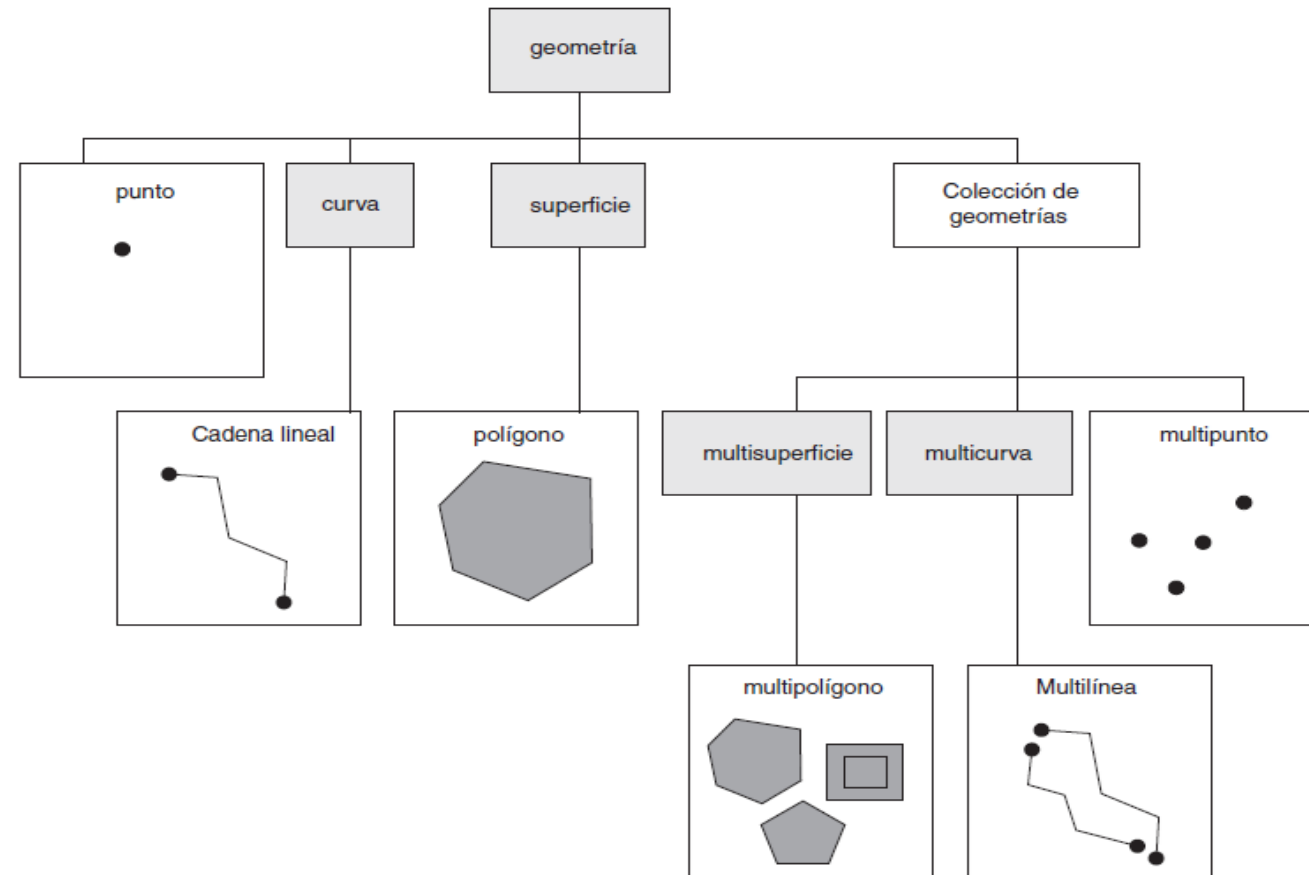
Diagrama de clases:



# Open Geospatial Consortium

## Modelo de datos

Diagrama de Conceptual: Tipos mas usados



# Open Geospatial Consortium

## Características de Geometry

---

Características Geometry:

- ❑ Es la superclase de toda la jerarquía; Es abstracto.
- ❑ Soporta diferentes operaciones en las siguientes áreas:
  - ❑ Operaciones básicas
  - ❑ Pruebas de relaciones topológicas
  - ❑ Operaciones espaciales
- ❑ A cada objeto de este tipo se le asigna un sistema de referencia espacial (`class SpatialReferenceSystem`).
- ❑ La subclase `GeometryCollection` representa conjuntos de objetos geometry simples. Tales conjuntos también pertenecen geometry.
  - ❑ Todos los elementos de una `GeometryCollection` deben referirse a un sistema de referencia espacial común

# Open Geospatial Consortium

## Operaciones de Geometry

La especificación OGC define las siguientes operaciones básicas (G representa un geometry, una geometría).

- ❑ **Dimension(g)**: devuelve la dimensión de la geometría g
- ❑ **GeometryType(g)**: devuelve el nombre del tipo geométrico de g (por ejemplo, LINESTRING, POLYGON, MULTICURVE, ...)
- ❑ **AsText(g)**: convierte la geometría g en el "formato de texto SQL" para exportar a otras aplicaciones (por ejemplo: POLYGON (0 0,0 1,1 1,1 0,0 0))
- ❑ **AsBinary(g)**: convierte g en formato binario (también especificado) para exportarlo a otras aplicaciones
- ❑ **SRID(g)**: devuelve el ID del sistema de referencia espacial de g
- ❑ **IsEmpty(g)**: prueba, si g está vacío
- ❑ **IsSimple(g)**: tests, si g es simple (definido en el modelo de geometría OGC)
- ❑ **Boundary(g)**: genera un contorno común de un objeto
- ❑ **Envelope(g)**: genera un recuadro mínimo, rectángulo paralelo al eje alrededor de un objeto ("minimum bounding rectangle", MBR)

# Open Geospatial Consortium

## Elementos básicos - Point

---

- ☐ Objeto geométrico 0D (punto).
- ☐ Coordenadas x, y (z y m opcionales).
- ☐ Su frontera es el conjunto vacío.
- ☐ Su **envelope** es el propio punto.
- ☐ Posee métodos para obtener sus coordenadas (funciones x e y)

# Open Geospatial Consortium

## Elementos básicos - **LineString**

---

- ❑ Es una curva con interpolación lineal entre los puntos.
- ❑ Su **envelope** es un polígono, o si es una línea vertical u horizontal, es la propia línea.
- ❑ Métodos:
  - ❑ numPoints(): devuelve cantidad de puntos
  - ❑ pointN(linestring, n): devuelve el punto n
- ❑ Line
  - ❑ Es un caso particular de LineString de 2 puntos (un segmento de recta)



# Open Geospatial Consortium

## Elementos básicos - Surface

---

- Surface (abstracta)

- Objeto geométrico 2D que representa una superficie.

- Métodos:

  - area(): devuelve el área en el SRS correspondiente.

  - centroid(): devuelve el centroide (baricentro) de la superficie (puede ser un punto exterior. Ej: boomerang)

  - pointOnSurface(): devuelve un punto cualquiera perteneciente a la superficie

# Open Geospatial Consortium

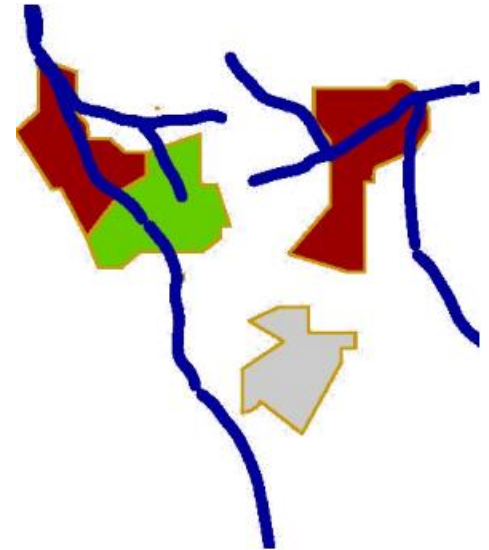
## Operaciones Topológicas

En un entorno SQL OGC compatible, tenemos la capacidad de evaluar relaciones topológicas.

Ejemplo:

¿Qué ciudades son atravesadas por Ríos?

```
SELECT Ciudades.name  
FROM Ciudades  
JOIN Rivers ON CROSSES (Cities.Geom, Rivers.Geom) = 1
```



# Open Geospatial Consortium

## Operaciones Topológicas

---

### Operaciones de Relaciones Topológicas:

Los parámetros **g1** y **g2** son en cada caso dos **geometrías**, el valor de **retorno es un entero**: 0 false, 1 true, -1 o NULL si es desconocido, significa que uno de los argumentos contiene valor NULL:

- ❑ **Equals** (g1, g2): g1 y g2 son espacialmente idénticos.
- ❑ **Disjoint** (g1, g2): si g1 y g2 son espacialmente disjuntos.
- ❑ **Touches** (g1, g2): Los límites de g1 y g2 se cruzan, pero no su interior.
- ❑ **Crosses** (g1, g2): La dimensión de la intersección de g1 y g2 es menor que la dimensión máxima de g1 y g2 y la intersección comprende los puntos interiores de g1 y g2.
- ❑ **Within** (g1, g2) / **Contains** (g1, g2): g1 está completamente en g2
- ❑ **Overlaps** (g1, g2): La dimensión de la intersección de g1 y g2 es igual a la dimensión de g1 y g2 y la intersección no es igual a g1 o g2.

# Open Geospatial Consortium

## Operaciones Espaciales

---

### **Operadores Espaciales:**

La métrica distancia calcula la distancia más corta entre dos geometrías en el sistema de referencia correspondiente.

Las siguientes operaciones generan nuevos objetos geométricos:

- ❑ **Buffer** (g, d): calcula la geometría de un buffer de tamaño d alrededor de la geometría g.
- ❑ **ConvexHull** (g): Genera la geometría que es el casco convexo de g.
- ❑ **Intersection** (g1, g2): Genera la geometría intersección.
- ❑ **Union** (g1,g2): Genera la geometría unión entre g1 y g2.
- ❑ **Difference** (g1, g2): Genera la geometría diferencia entre g1 y g2.

# Open Geospatial Consortium

## Tipos Geométricos y Formatos de Texto

Para el intercambio de datos y para la construcción de objetos geométricos, por ejemplo, en consultas, la especificación OGC proporciona un formato de texto, denominado "Well-known text representation (WKT)", representación de texto bien conocido. Ejemplos:

| Geometric type      | WKT  | Detalle  |
|---------------------|--|--|
| Point               | <code>POINT(10 10)</code>  | <i>Un punto</i>  |
| LineString          | <code>LINESTRING(10 10,20 20,30 40)</code>   | <i>Un LineString con 3 puntos</i>                                    |
| Polygon             | <code>POLYGON((10 10,10 20,20 20,20 15,10 10))</code>                                  | <i>Un Polígono</i>   |
| Multipoint          | <code>MULTIPOINT(10 10, 20 20)</code>  | <i>Un MultiPoint con 2 puntos</i>                                    |
| MultiLineString     | <code>MULTILINESTRING((10 10, 20 20),(15 15 ,30 15))</code>                            | <i>A MultiLineString with 2 LineStrings</i>                          |
| Geometry Collection | <code>GEOMETRYCOLLECTION (POINT(10 10), POINT(30 30), LINESTRING(15 15, 20 20))</code> | <i>Una GeometryCollection compuesto por 2 puntos y un LineString</i> |

# Open Geospatial Consortium

## Tipos Geométricos y Formatos de Texto

La función **AsText** permite ver la representación WKT de los objetos gráficos.

Por Ejemplo:


Si realizamos el siguiente query.

```
SELECT Nombre, ATEXT (Geom) as Geometry  
FROM Ciudades WHERE Nombre = "Paunzhausen"
```

Resultado:

| Name        | Geometry                                      |
|-------------|---|
| Paunzhausen | POLYGON ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10)) |

```
CREATE TABLE Cities  
( Name VARCHAR(30) ,  
Residents INTEGER,  
Geometry POLYGON )
```

| Cities      |           |  |
|-------------|-----------|--|
| Name        | Residents | Geometry   |
| Paunzhausen | 8500      |  |
|             |           |  |

# Open Geospatial Consortium

## Tipos Geométricos y Formatos de Texto

---

También especifica una función `GeoFromText`, que recibe como argumento una especificación WKT y genera el tipo específico descripto.

Sintaxis:

- ❑ `geometry GeomFromText(text WKT)`
- ❑ `geometry GeomFromText(text WKT, integer srid)`

Hay dos variantes de la función `ST_GeomFromText`. El primero no toma SRID y devuelve una geometría sin sistema de referencia espacial definido (SRID = 0). El segundo toma un SRID como el segundo argumento y devuelve una geometría que incluye este SRID como parte de sus metadatos.

Ejemplo: `GeomFromText('TRIANGLE((0 0, 10 0, 0 10, 0 0))')` Genera un objeto Triangle.

Nota: También especifica constructores equivalentes para tipos concretos, ej: `PolygonFromText`, etc.