OpenGL.

Domingo Martín

Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ETSI Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada

Índice

OpenGL.

Introducción

- ¿Qué es OpenGL?
- Open Graphics Library
  - Una interfaz con el hardware gráfico
  - Arquitectura cliente/servidor
  - Independiente del hardware
  - Un conjunto de funciones que permiten definir, crear y modificar gráficos Orientado a gráficos 3D
  - Permite simplificar la obtención de imágenes a partir de modelos 3D

Introducción

- Es una máquina de estados
- Puede operar en modo
  - Inmediato
    La información de los elementos gráficos no es almacenada por OpenGL
  - Retenido
    La información de los elementos gráficos es almacenada por OpenGL
    - Estructuración
    - Jerarquización

Glut

- OpenGL sólo se encarga de la visaulización no de la interacción y manejo de ventanas
- Solución $\rightarrow$ glut
  - Permite la creación de aplicaciones interactivas orientadas a eventos
  - Objetos
  - Creación de ventanas, menús
  - Control de dispositivos

Glut

- Creando una ventana con glut

```
#include <GL/glut.h>

int main(&argc, argv)
{
int XMinimoVentanaX,YMinimoVentanaX,XTamanioVentanaX,YTamanioVentanaX;

int Ventana_x=50;
int Ventana_y=50;
int Ventana_ancho=300;
int Ventana_alto=300;

glutInit(&argc, argv);
glutInitDisplayMode(GLUT_RGB | GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH);
glutInitWindowPosition(Ventana_x,Ventana_y);
glutInitWindowSize(Ventana_ancho,Ventana_alto);
glutCreateWindow("Practica 1");
glutMainLoop();
return(1);
}
```

Glut

- glutInitDisplayMode
  - Indica las propiedades para de la imagen
  - Las distintas posibilidades se combinan mediante un OR
    - GLUT_SIMPLE: sólo la memoria de imagen delantera izquierda
    - GLUT_DOUBLE: las memorias de imagen delantera izquierda y trasera izquierda
    - GLUT_INDEX: representación del color indirectamente
    - GLUT_RGB: representación del color con el modelo RVA
    - GLUT_RGBA: representación del color con el modelo RVA más el canal alfa (transparencia)
    - GLUT_DEPTH: memoria para valores de profundidad (eliminación de partes ocultas, z-buffer)
    - GLUT_STENCIL: memoria de estarcido

Glut

- glutInitWindowPosition
  - Indica las coordenadas de las esquina superior izquierda de la ventana
- glutInitWindowSize
  - Indica el tamaño de la ventana
- glutCreateWindow
  - Intenta crear una ventana con el nombre especificado
- glutMainLoop
  - Entra en el bucle de eventos. Comienza el programa. Se crea la ventana

Glut

- Para poder interactuar hay que hacer uso de los eventos (acciones del usuario o del programa)
- En glut se implementan mediante callbacks
  - glutDisplayFunc(Función): función para dibujar la imagen
  - glutReshapeFunc(Función): función para cuando se ha producido un cambio en el tamaño de la ventana
  - glutKeyboardFunc(Función): función para cuando se ha pulsado una tecla normal
  - glutSpecialFunc(Función): función para cuando se ha pulsado una tecla especial
  - glutMouseFunc(Función): función para cuando se ha pulsado o soltado una tecla del ratón
  - glutMotionFunc(Función): función para cuando se mueve el ratón con una tecla del ratón pulsada

Glut

-
  - glutPassiveMotionFunc(Función): función para cuando se mueve el ratón sin una tecla del ratón pulsada
  - glutVisibilityFunc(Función): función para cuando la ventana cambia de estado de visibilidad
  - glutEntryFunc(Función): función para cuando el cursor entra o sale en la ventana
  - glutIdleFunc(Función): función para cuando glut está desocupado
  - glutTimerFunc(Función): función para cuando un temporizador llega al final de la cuenta

Primitivas gráficas

- Para poder definir y dibujar cualquier primitiva gráfica OpenGL se usa la estructura:

```
glBegin(tipo_primitiva)
vertice
vertice
vertice...
glEnd()
```

Primitivas gráficas

- Los TIPOS permitidos son:
  - GL_POINTS: los vértices se representan como puntos individuales
  - GL_LINES: cada pareja de vertices repesenta una línea
  - GL_LINE_STRIP: los vertices forman un secuencia abierta de líneas
  - GL_LINE_LOOP: los vertices forman un secuencia cerrada de líneas
  - GL_POLYGON: los vertices definen un polígono
  - GL_QUADS: los vertices definen cuadrilateros
  - GL_QUAD_STRIP: los vertices definen una tira de cuadrilateros
  - GL_TRIANGLES: los vertices definen triángulos
  - GL_TRIANGLE_STRIP: los vertices definen una tira de triángulos
  - GL_TRIANGLE_FAN: los vertices definen un abanico de triángulos

Primitivas gráficas

- Los vértices se representan mediante glVertex{dimension}{tipo}{vector}
- glVertex{2,3,4}{b,s,i,f,d,ub,us,ui}{v}
  - b → 8 bits → entero con signo → GLbyte
  - s → 16 bits → entero con signo → GLshort
  - i → 32 bits → entero con signo → GLint
  - f → 32 bits → real → Glfloat, GLclampf
  - d → 64 bits → doble → Gldouble, GLclampd
  - ub → 8 bits → entero sin signo → GLubyte,GLboolean
  - us → 16 bits → entero sin signo → GLuint,GLenum
  - ui → 32 bits → entero sin signo → Glbitfield
  - v → se manda una dirección

Primitivas gráficas

- Ejemplos

```
glVertex2i(1,2)
glVertex3i(1,2,4)
glVertex3f(1.,2.2,43.56)
```

```
glVertex4f(1.0,0.5,3.4,5)

GLfloat vector[]={1.0,0.5,3.4,5}
glVertex4fv(vector)
```

Primitivas gráficas

- Ejemplos

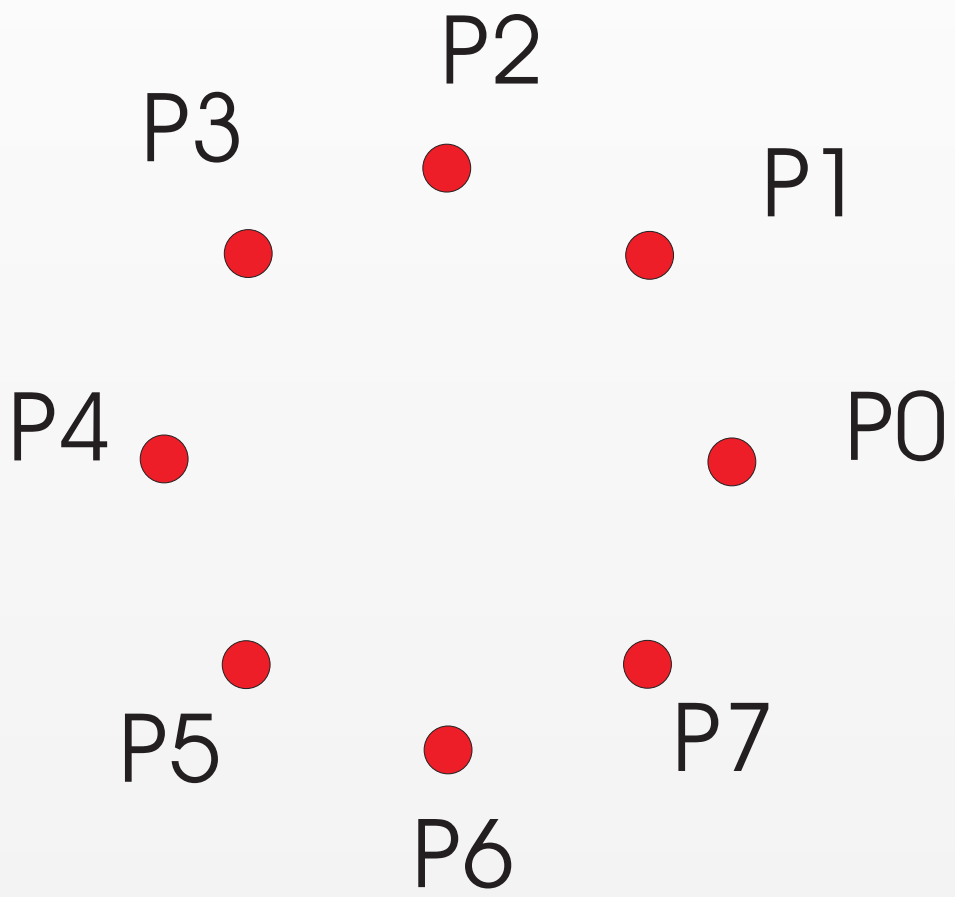
```
glBegin(GL_POINTS)
glVertex3f(0,0,0)
glVertex3f(1,1,1)
glEnd()
```

```
glBegin(GL_LINES)
glVertex3f(0,0,0)
glVertex3f(1,1,1)
glEnd()
```

```
glBegin(GL_TRIANGLES)
glVertex3f(0,0,0)
glVertex3f(1,1,1)
glVertex3f(0.5,1,0)
glEnd()
```

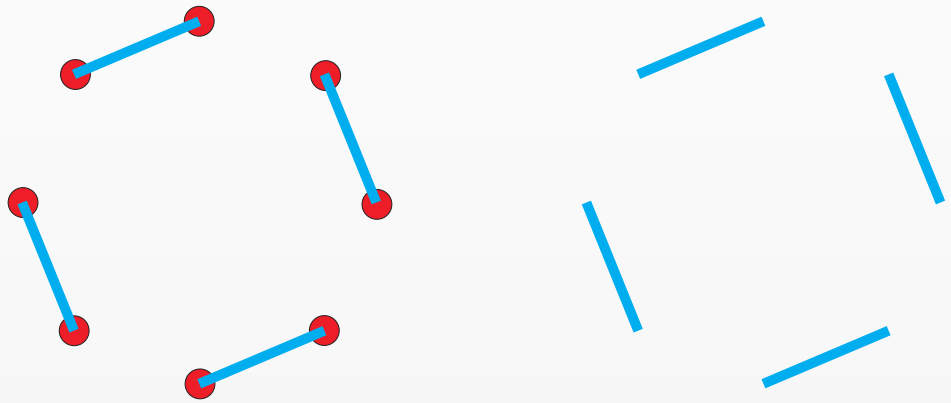
Primitivas gráficas

- GL_POINTS



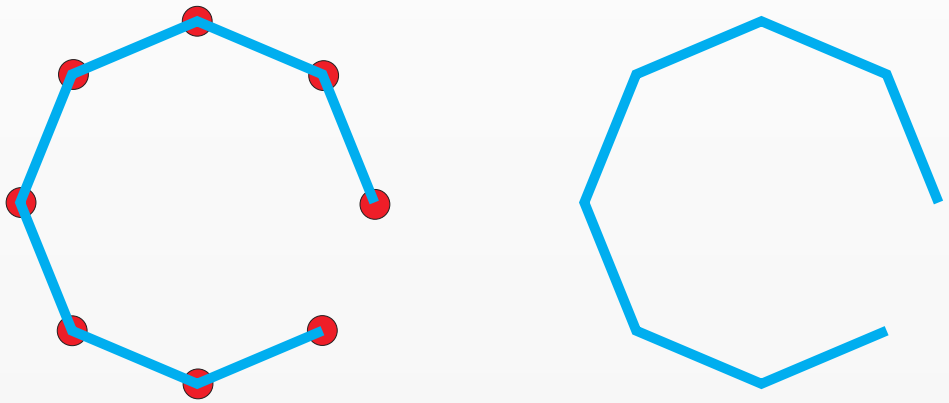
Primitivas gráficas

- GL_LINES



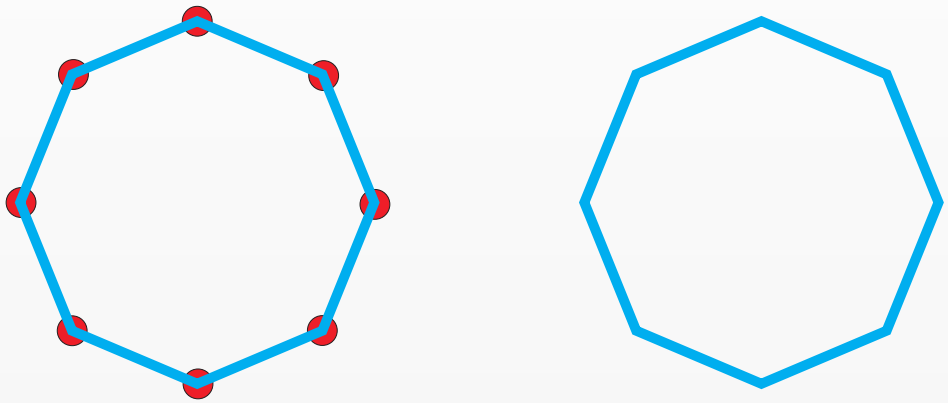
Primitivas gráficas

- GL_LINE_STRIP



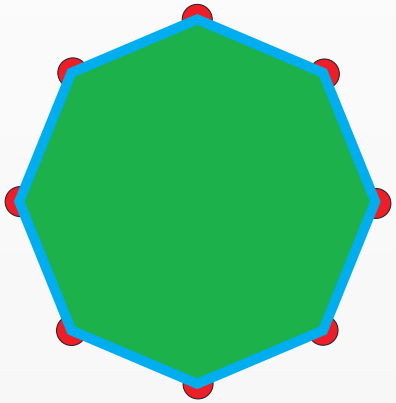
Primitivas gráficas

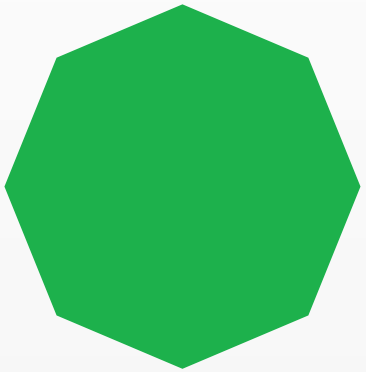
- GL_LINE_LOOP



Primitivas gráficas

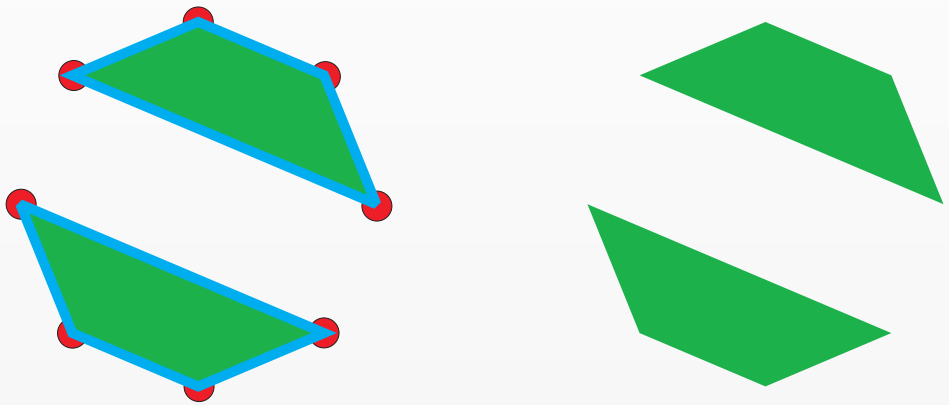
- GL_POLYGON





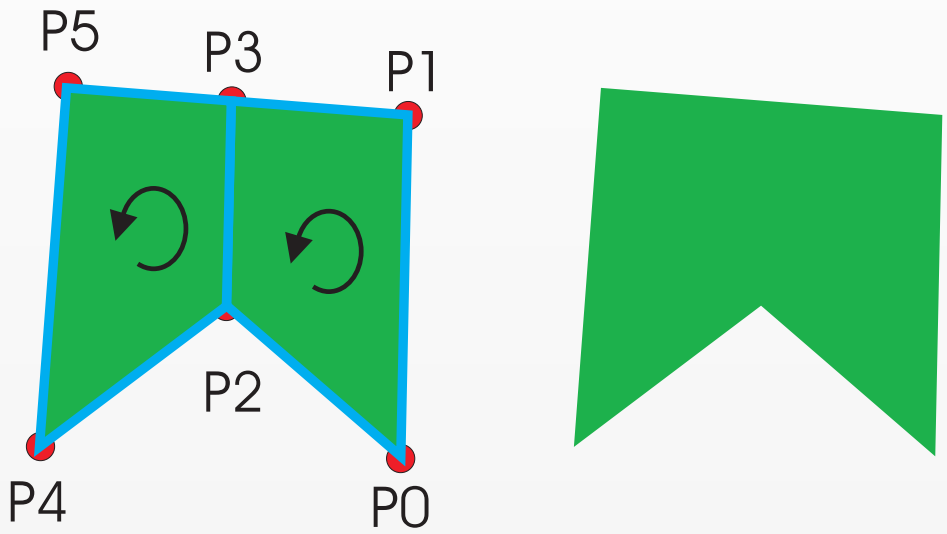
Primitivas gráficas

- GL_QUADS



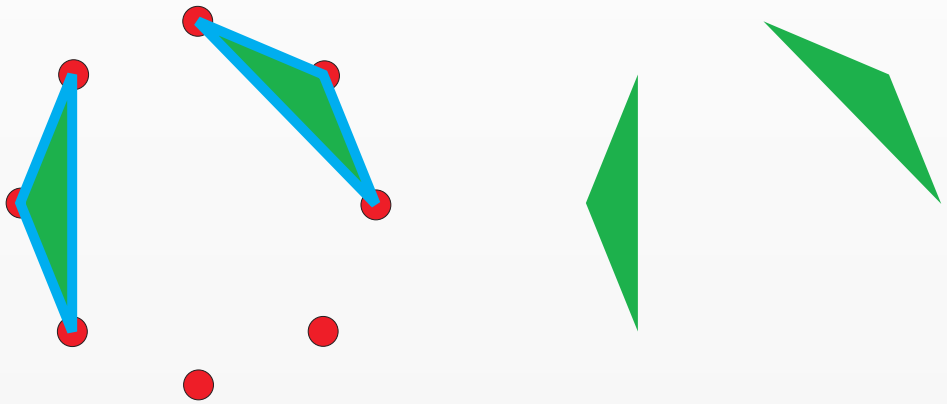
Primitivas gráficas

- GL_QUAD_STRIP



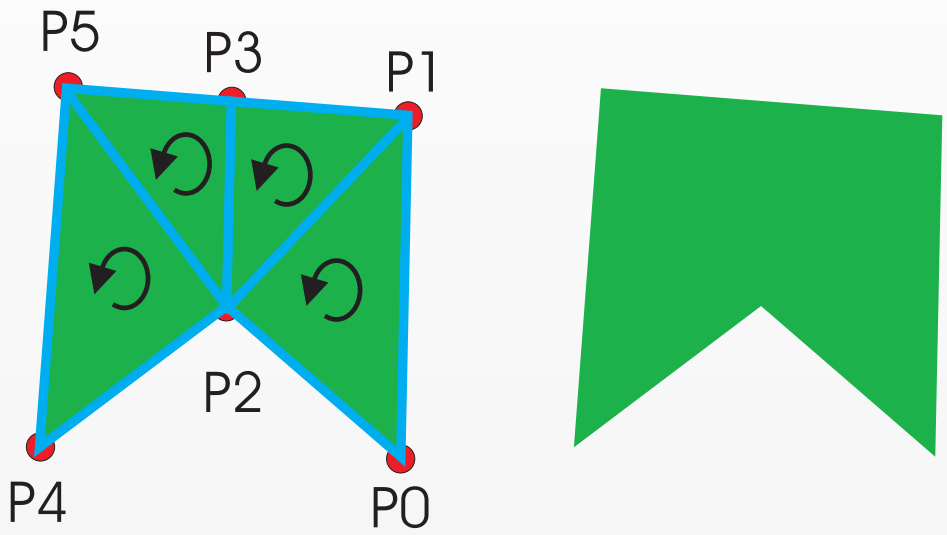
Primitivas gráficas

- GL_TRIANGLES



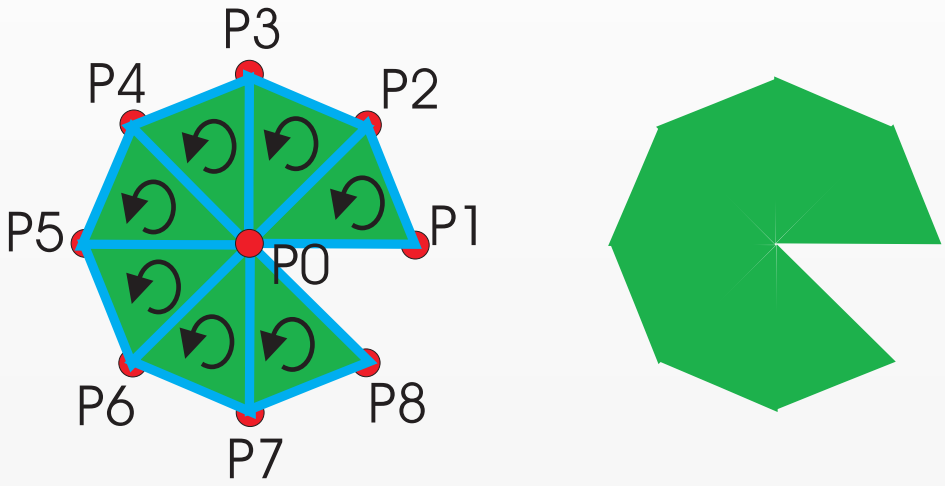
Primitivas gráficas

- GL_TRIANGLE_STRIP



Primitivas gráficas

- GL_TRIANGLE_FAN



Primitivas gráficas

- Los polígonos pueden dibujarse de tres formas usando la misma geometría:
  - Vértices
  - Frontera
  - Interior
- glPolygonMode(LADO_CARA,TIPO_ELEMENTO)
  - LADO_CARA
    - GL_FRONT: Lado exterior del polígono
    - GL_BACK: Lado interior del polígono
    - GL_FRONT_AND_BACK
  - TIPO_ELEMENTO
    - GL_POINT: Sólo se dibujan los vértices
    - GL_LINE: Sólo se dibuja la frontera (líneas)
    - GL_FILL: Sólo se dibuja el interior (relleno)

Primitivas gráficas

- Ejemplo

```
glColor3f(1,0,0);
glPolygonMode(GL_FRONT,GL_POINT);
glBegin(GL_POLYGON);
dibujarListaPuntos(NumPuntosCirculo,Lista2);
glEnd();
glColor3f(0,0,1);
glPolygonMode(GL_FRONT,GL_LINE);
glBegin(GL_POLYGON);
dibujarListaPuntos(NumPuntosCirculo,Lista2);
glEnd();
glColor3f(0,1,0);
glPolygonMode(GL_FRONT,GL_FILL);
glBegin(GL_POLYGON);
dibujarListaPuntos(NumPuntosCirculo,Lista2);
glEnd();
```

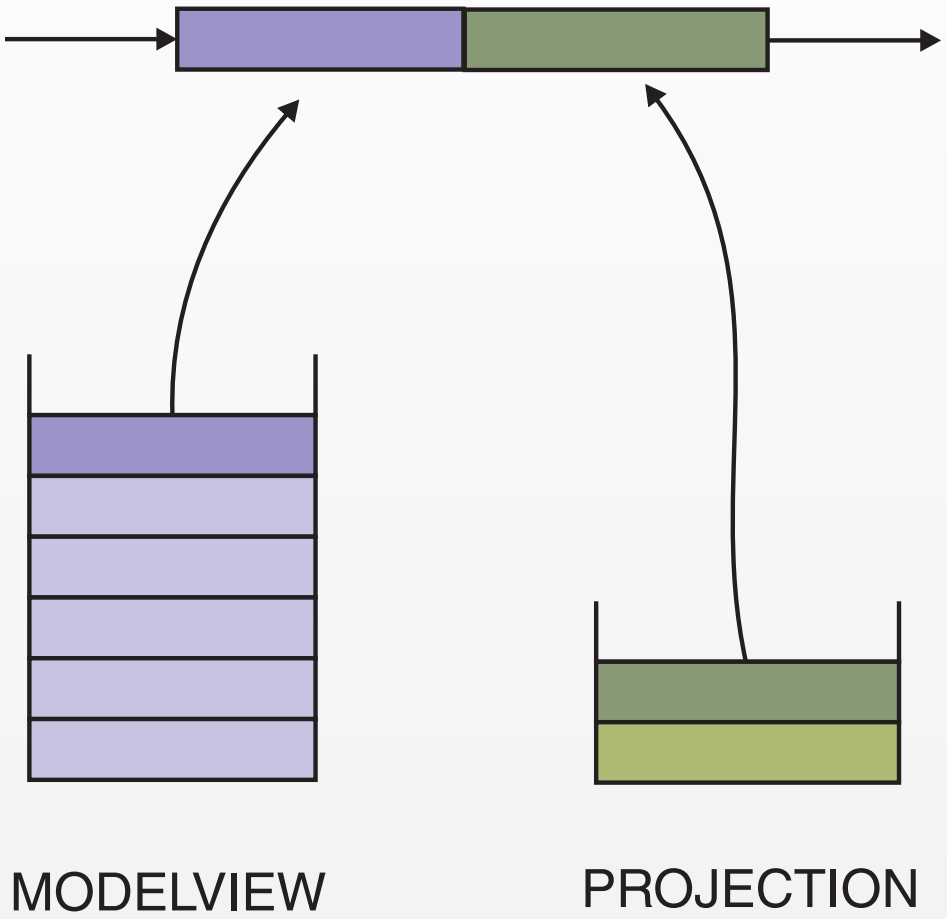
Transformaciones

- Cada vértice que es definido sufre una serie de transformaciones
- Las transformaciones se definen con matrices de 4x4
- Se distinguen 3 tipos de transformaciones
- Se guardan en pilas (LIFO)
  - GL_PROJECTION: Pila para la matriz con la transformación de proyección
  - GL_MODELVIEW: Pila para la matriz con la transformación de modelado y vista
  - GL_TEXTURE: Pila para la matriz con la transformación sobre las texturas
- Todos los elementos gráficos sufren las transformaciones que se encuentran en lo alto (top) de las pilas
- El orden de aplicación de las transformaciones es:

$$V \rightarrow \text{Modelview} \rightarrow \text{Projection} \rightarrow V'$$

Transformaciones

- Orden de las transformaciones

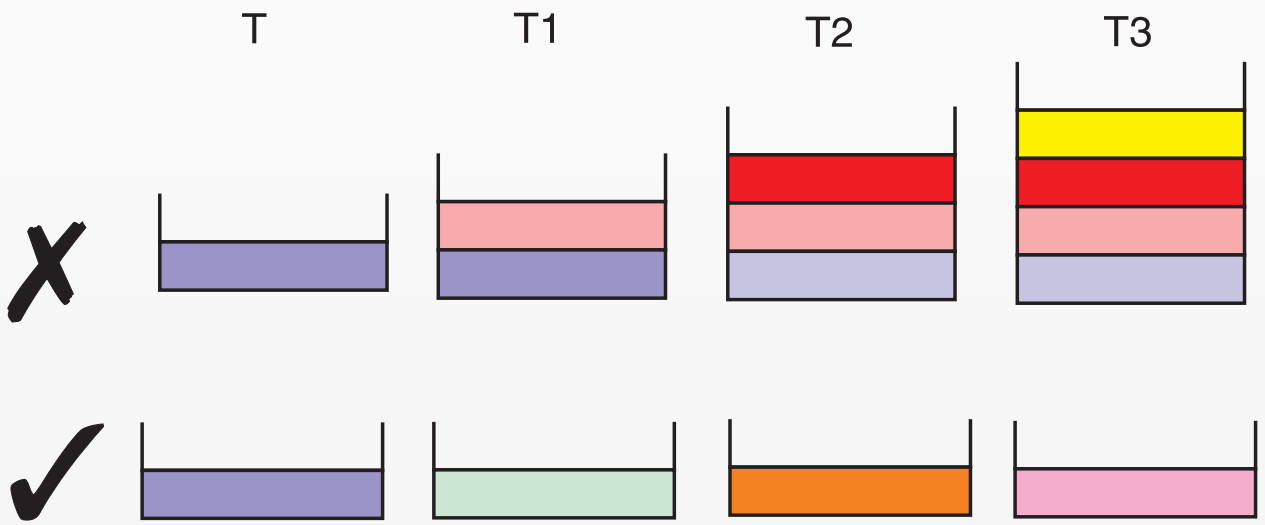


Transformaciones

- Operaciones sobre la pila
  - glMatrixMode(PILA)
    - Indica con que pila se va a operar, haciéndola activa
  - glLoadIdentity()
    - Carga la matriz identidad en lo alto de la pila
  - glLoadMatrix{fd}(M)
    - Carga la matriz M en lo alto de la pila
  - glMultMatrix{fd}(M)
    - Multiplica la matriz que está en lo alto de la pila con M
  - glPushMatrix()
    - Aumenta el puntero del tope de la pila activada
    - Copia en el tope la matriz de la posición anterior
  - glPopMatrix()
    - Decrementa el puntero del tope de la pila activada

Transformaciones

- Dada una pila activa, todas las trasformaciones que se definan se van acumulando a la que se encuentra en el tope de la misma

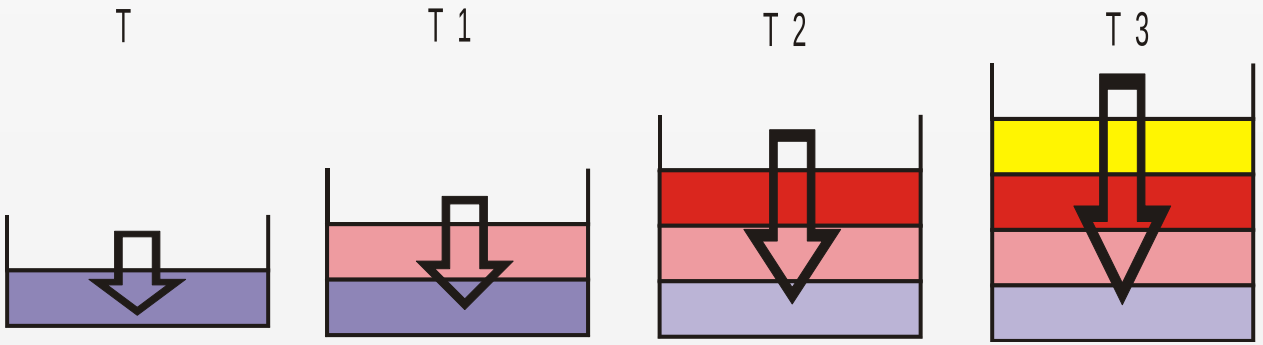


Transformaciones

- El orden es importante
- La multiplicación de matrices no es conmutativa
- Al utilizar una pila $\rightarrow$

  ¡El orden de aplicación es el inverso al orden de escritura!

  - Rotacion() $\rightarrow$ T1
  - Traslacion() $\rightarrow$ T2
  - Escalado() $\rightarrow$ T3



Transformaciones

- Transformaciones
  - glTranslate{fd}(δ_x,δ_y,δ_z)
    - Aplica una traslación
  - glScale{fd}(F_x,F_y,F_z)
    - Aplica un escaladp
  - glRotate{fd}(α,x,y,z)
    - Aplica una rotación de α grados sexagesimales con respecto al eje definido por las tres coordenadas

Proyección

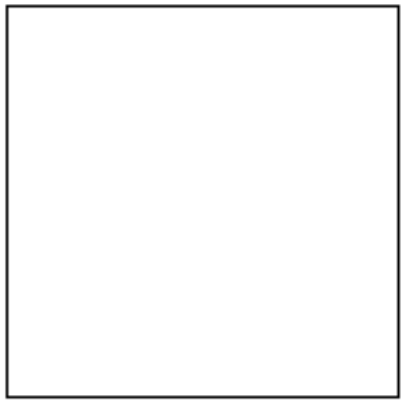
- Al implementar la cámara virtual tenemos que distinguir entre:
  - Proyección
    - Transformación que permite pasar de 3 dimensiones a 2 dimensiones
    - Se implementa mediante una transformación que se guarda en la pila GL_PROJECTION
  - Localización
    - Transformación que permite posicionar y orientar la cámara
    - Se implementa mediante una secuencia de transformaciones que se guardan en la pila GL_MODELVIEW

Proyección

- Proyección de perspectiva
  - glFrustum(XMinimoVentanaMundo, XMaximoVentanaMundo, YMinimoVentanaMundo, YMaximoVentanaMundo, PlanoDelantero>0, PlanoTrasero>PlanoDelantero)
    - Define los parametros que permiten calcular la matriz que realiza una proyección de perspectiva
    - Los planos delantero y trasero se dan como distancias, siendo positivas
- Proyección paralela
  - glOrtho(XMinimoVentanaMundo, XMaximoVentanaMundo, YMinimoVentanaMundo, YMaximoVentanaMundo, PlanoDelantero, PlanoTrasero)
    - Define los parametros que permiten calcular la matriz que realiza una proyección paralela
    - Los planos delantero y trasero se dan como distancias, con respecto al observador que mira en la dirección negativa de las zetas

Proyección

- Paralela
- Perspectiva



Localización

- Ejemplo de código para proyección de perspectiva

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glFrustum(-1, 1, -1, 1, 1, 1000);
```

- Ejemplo de código para proyección paralela

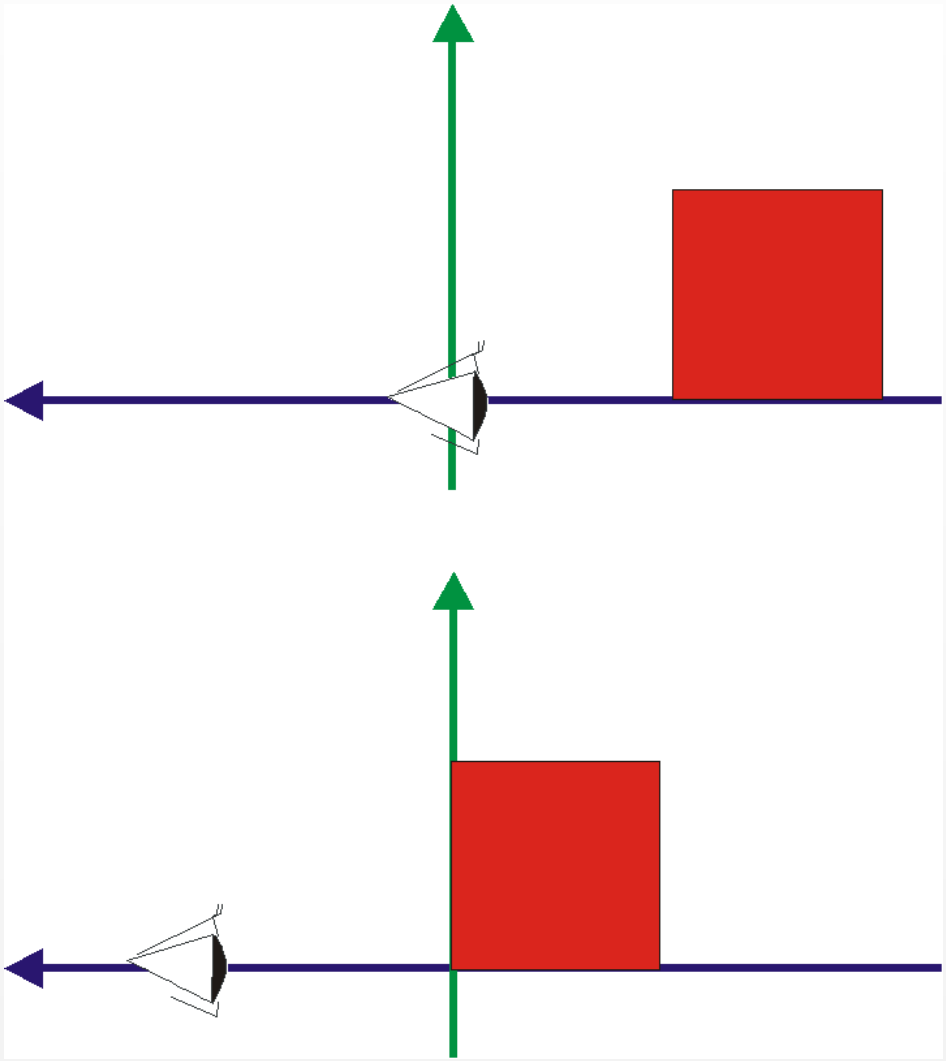
```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glOrtho(-1, 1, -1, 1, -1, 1);
```

Localización

- Las transformaciones de localización se pueden calcular de dos maneras dependiendo del sistema de coordenadas que se considere fijo
  - Cámara fija en el origen
    - Se desplaza el objeto para que entre en la zona de visibilidad de la cámara
  - Objeto fijo en el origen
    - Se desplaza la cámara para que entre en la zona de visibilidad de la cámara
- En OpenGL la cámara está fija $\rightarrow$

  ¡Mover la cámara $\rightarrow$ transformar los objetos!
- Las transformaciones de localización deben aplicarse antes que las transformaciones de modelado

Localización



Localización

- Ejemplo de código
- La traslación de -5 en el eje z de un objeto es equivalente a una traslación de 5 en el eje z de la cámara

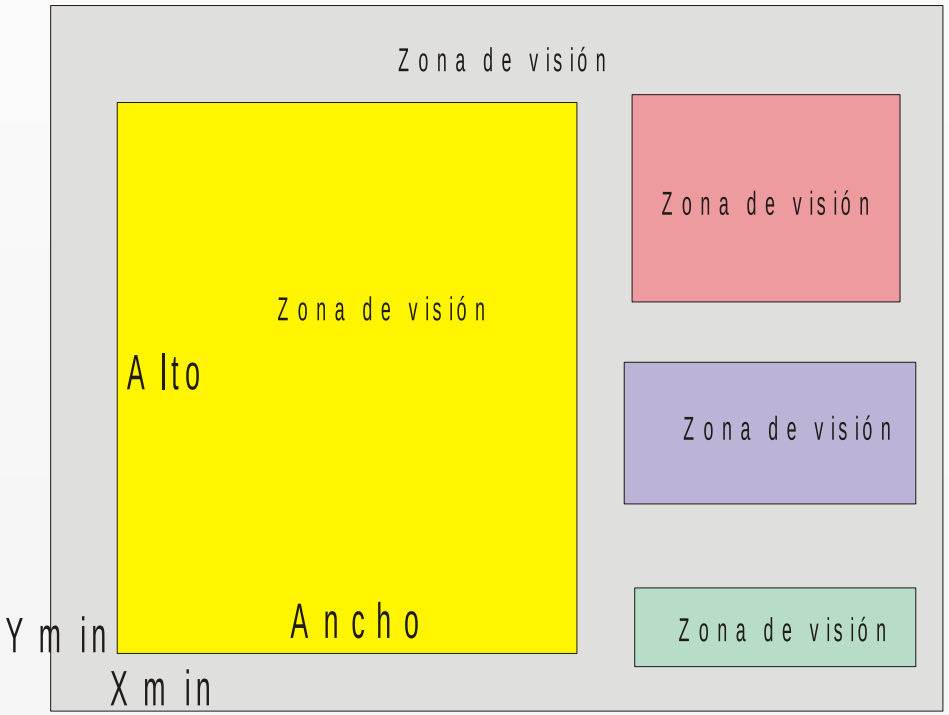
```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
glTranslate(0,0,-5);
```

Viewport

- En general, la ventana no está ocupada únicamente por una aplicación
- La ventana se divide en zonas de visión (viewports)
- El sistema coordenado es derecho
- Sólo hay una zona de visión activa

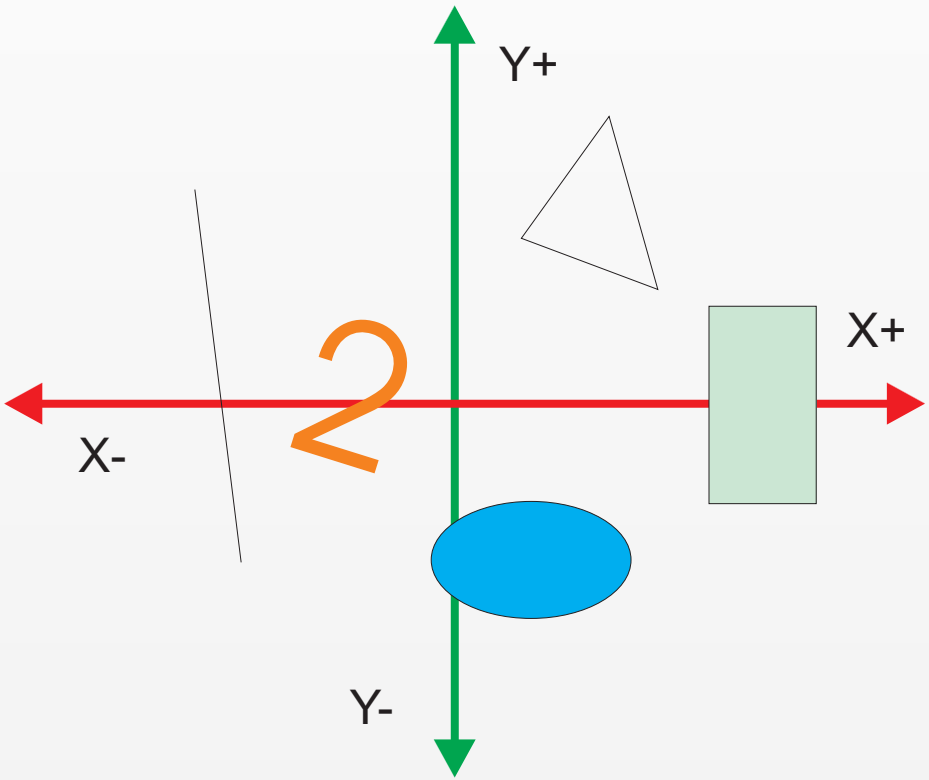
Viewport

- glViewport(Xminimo,Yminimo,Ancho,Alto)



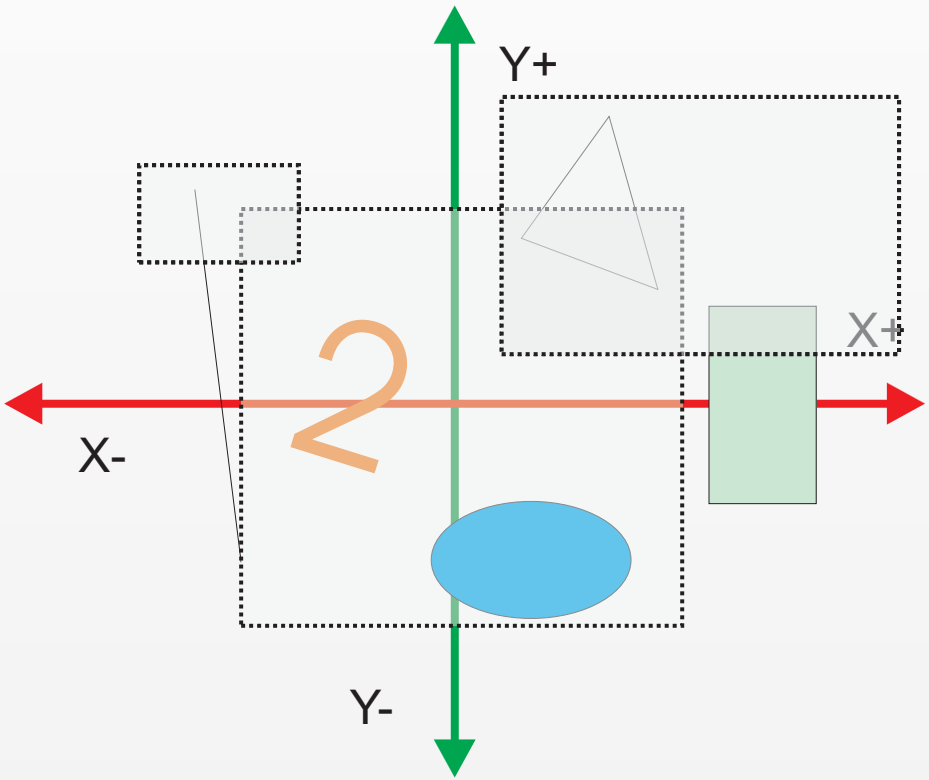
Viewport

- Vista del mundo



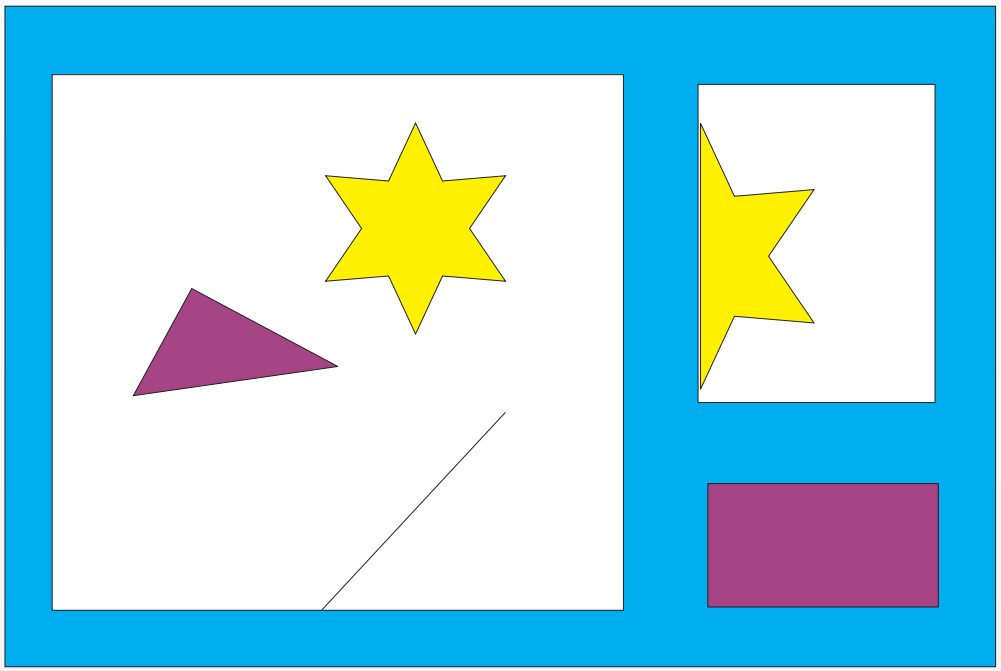
Viewport

- Vista del mundo con ventanas



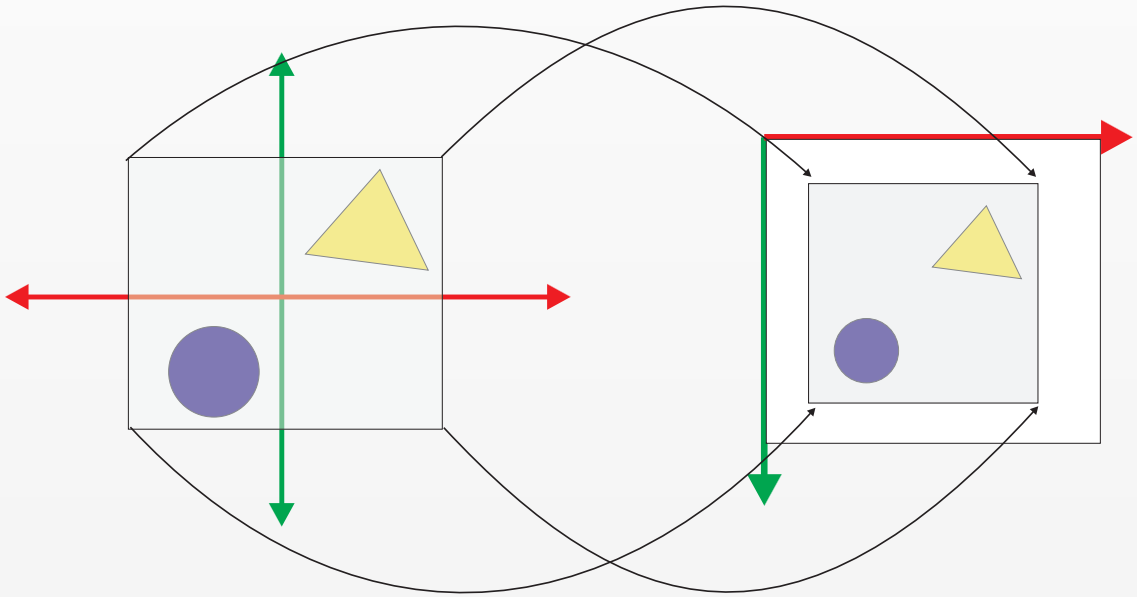
Viewport

- Vista en los viewports



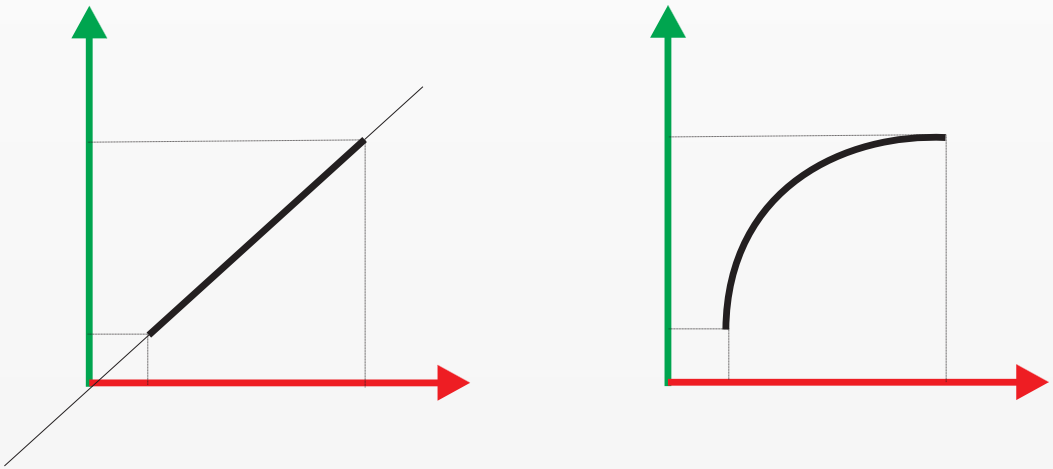
Viewport

- Transformación de visualización



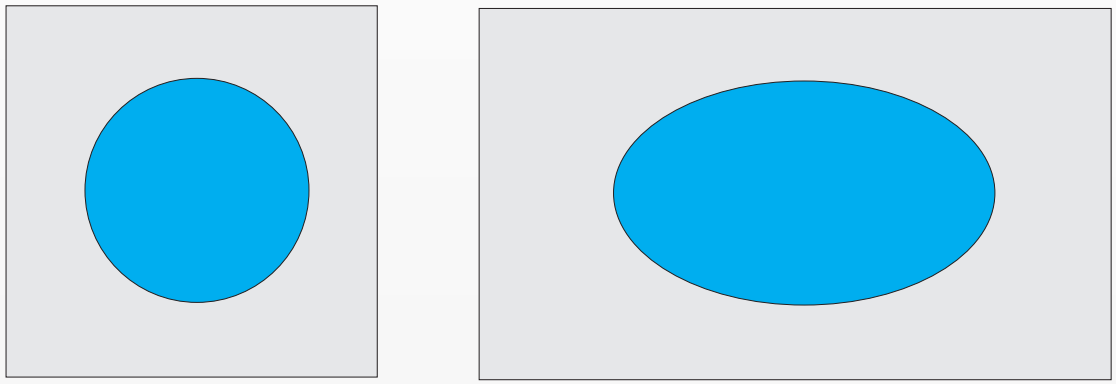
Viewport

- Tipo de transformación



Viewport

- Deformación



Eliminación de partes ocultas

- Las caras del modelo se dibujan en un orden arbitrario
- Problema $\rightarrow$ el resultado puede ser incorrecto
- Solución $\rightarrow$ eliminación de partes ocultas

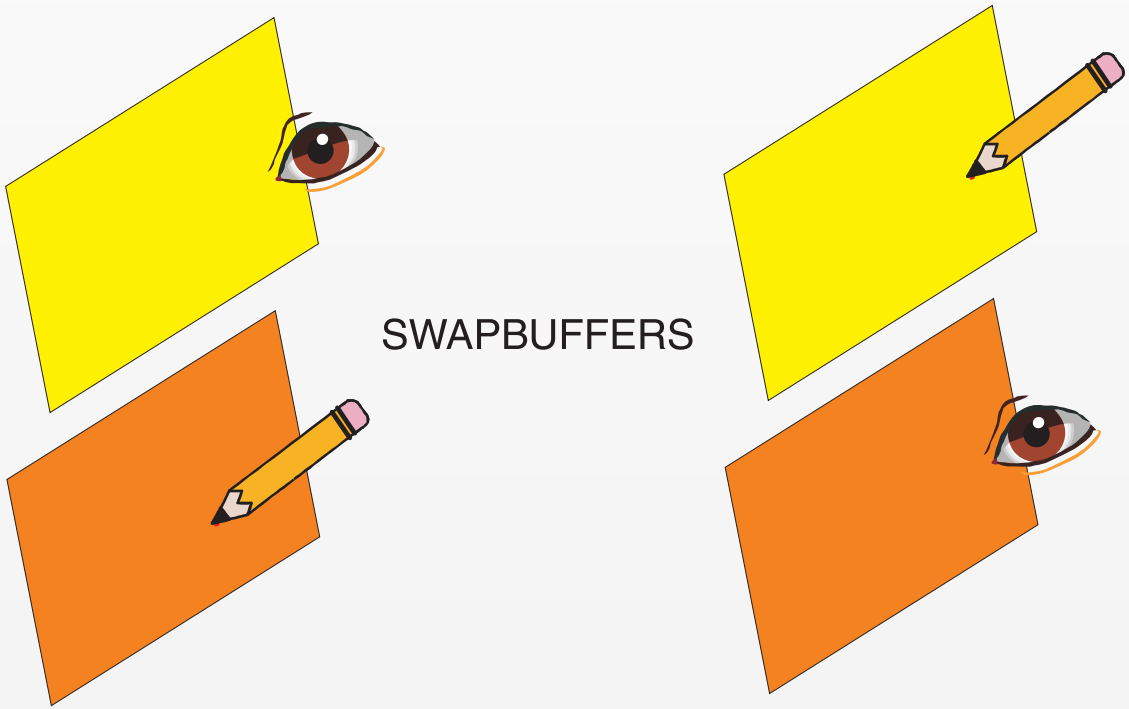
  Z-buffer

Eliminación de partes ocultas

- glutInitDisplayMode(... GLUT_DEPTH)
  - Habilitar el uso del z-buffer
- glClearDepth(1.0)
  - Valor de inicialización
- glClear(GL_DEPTH_BUFFER_BIT)
  - Inicialización
- glEnable(GL_DEPTH_TEST)
  - Activación

Intercambio de zonas de memoria

- Para la mejora en la animación se recurre a la técnica del doble buffer



Iluminación

- Para poder iluminar hay que:
  - Usar las normales de caras o vértices dependiendo del modo de suavizado
  - Definir las fuentes de luz y sus propiedades
  - Definir las propiedades de los materiales de los objetos
  - Definir el modo de suavizado
  - Definir el modelo de iluminación

Normales

- Se usa la instrucción glNormal3{bsidf}{v}
- Suavizado plano $\rightarrow$ 1 normal por cara
- La normal se replica en los vértices

```
glBegin(GL_TRIANGLES);
glNormal3f(nx1,ny1,nz1);
glVertex3f(x1,y1,z1);
glVertex3f(x2,y2,z2);
glVertex3f(x3,y3,z3);
glEnd();
```

- Suavizado smooth (Gouraud) $\rightarrow$ 1 normal por vértice

```
glBegin(GL_POLYGON);
glNormal3f(nx1,ny1,nz1);
glVertex3f(x1,y1,z1);
glNormal3f(nx2,ny2,nz2);
glVertex3f(x2,y2,z2);
glNormal3f(nx3,ny3,nz3);
glVertex3f(x3,y3,z3);
glEnd();
```

Luces

- Por defecto se pueden definir y utilizar 8 luces
- Existen varios parámetros, siendo los más importantes la posición y el color
- glLight{fd}{v}(LUZ,ATRIBUTO,VALOR)
  - LUZ
    - GL_LIGT0-GL_LIGHT7
    - Luz local $\rightarrow$ $(x, y, z, w \neq 0)$
    - Luz en el infinito $\rightarrow$ $(x, y, z, w = 0)$
  - ATRIBUTO
    - GL_POSITION
    - GL_AMBIENT
    - GL_DIFFUSE
    - GL_SPECULAR

Materiales

- Se describen las características reflectivas del material
- glMaterial{fd}{v}(LADO_CARA,COMPONENTE,VALOR)
  - LADO_CARA
    - GL_FRONT
    - GL_BACK
    - GL_FRONT_AND_BACK
  - COMPONENTE
    - GL_AMBIENT
    - GL_DIFFUSE
    - GL_SPECULAR
    - GL_SHININESS

Modos de suavizado

- Los modelos suelen estar representados por caras planas
  - Si el objeto es poligonal $\rightarrow$ correcto
  - Si el objeto es curvo $\rightarrow$ incorrecto
- Solución $\rightarrow$ suavizado
- A partir de la variación del color producir la sensación de que el objeto es curvo
  - glShadeModel(MODO)
    - GL_FLAT: suavizado plano (no suavizado)
    - GL_SMOOTH: con suavizado de Gouraud

Modelo de iluminación

- Se pueden modificar los parámetros del modelo de iluminación y cómo se realizan ciertos cálculos
- glMaterial{if}{v}(PARAMETRO,VALOR)
  - GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT
    - Intensidad de la componen global de luz ambiente
  - GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER
    - Cómo se calcula el ángulo de reflexión especular
  - GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE
    - Si se ilumina una o las dos caras de los polígonos
  - GL_LIGHT_MODEL_COLOR_CONTROL
    - Si la componente especular se calcula aparte de la ambiente y difusa

General

- Para que se efectuen los cálculos de iluminación
  - glEnable(GL_LIGHTING)
- glEnable(LUZ)
  - LUZ
    - GL_LIGHT0-GL_LIGHT7

Ejemplo

```
GLfloat Luz0[4]={1,1,1,0};
GLfloat Ambiente[4]={1,1,1,1};
GLfloat Blanco[4]={1,1,1,1};
GLfloat Color[4]={1,0,0,1};
GLfloat Color1[4]={0.5,0,0,1};

glLightModelfv(GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT,Ambiente);
glLightModeli(GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER,GL_TRUE);
glMaterialfv(GL_FRONT,GL_AMBIENT,(GLfloat *) &Color1));
glMaterialfv(GL_FRONT,GL_DIFFUSE,(GLfloat *) &Color);
glMaterialfv(GL_FRONT,GL_SPECULAR,(GLfloat *) &Blanco);
glMaterialf(GL_FRONT,GL_SHININESS,10);
glLightfv(GL_LIGHT0,GL_POSITION,Luz0);
glShadeModel(GL_SMOOTH);
glEnable(GL_LIGHTING);
glEnable(GL_LIGHT0);
...
```

General

- Las texturas son imagenes que se hacen corresponder con primitivas gráficas
- Hay texturas 1D, 2D y 3D
- El proceso para poder utilizar una textura consiste:
  - Cargar una imagen en un formato utilizable (RGB, RGBA, etc.)
  - Inicializar parámetros para usar la textura
  - Asignar la imagen a la textura de OpenGL
  - Habilitar el uso de la textura
  - Dibujar los objetos
    - Se deben definir unas coordenadas de textura para cada vértice

Parámetros

- glTexParameter{if}{v}(OBJETIVO,PARAMETRO,VALOR)
  - OBJETIVO
    - GL_TEXTURE_1D
    - GL_TEXTURE_2D
    - GL_TEXTURE_3D
    - ...
  - PARAMETRO
    - GL_TEXTURE_MIN_FILTER
    - GL_TEXTURE_MAG_FILTER
    - GL_TEXTURE_WRAP_S
    - GL_TEXTURE_WRAP_T
    - ...

Parámetros

- glTexEnv{if}{v}(OBJETIVO,PARAMETRO,VALOR)
  - OBJETIVO
    - GL_TEXTURE_ENV
    - GL_TEXTURE_FILTER_CONTROL
    - GL_POINT_SPRITE
  - PARAMETRO
    - GL_TEXTURE_ENV_MODE
    - GL_TEXTURE_LOD_BIAS
    - GL_COMBINE_RGB
    - ...
  - VALOR
    - GL_MODULATE
    - GL_DECAL
    - GL_BLEND
    - GL_REPLAC
    - ...

Asignación

- glTexImage2D(OBJETIVO, NIVEL, FORMATO_INTERNO, ANCHO, ALTO, BORDE, FORMATO, TIPO, PIXELES)
  - OBJETIVO
    - GL_TEXTURE_2D
  - NIVEL
    - Level of detail ≥ 0
  - FORMATO_INTERNO
    - GL_ALPHA
    - GL_RGB
    - GL_RGBA
    - GL_LUMINANCE
    - GL_LUMINANCE_ALPHA.
  - BORDE
    - Debe ser 0
  - FORMATO=FORMATO_INTERNO
  - TIPO
    - GL_UNSIGNED_BYTE
    - GL_UNSIGNED_SHORT_5_6_5
    - GL_UNSIGNED_SHORT_4_4_4_4
    - GL_UNSIGNED_SHORT_5_5_5_1

Ejemplo

```
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);

// parametros de aplicacion de la textura
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_DECAL);

// asignacion de la textura
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D,0,4,Ancho,Alto,0,GL_RGBA,GL_UNSIGNED_BYTE,&
     Textura);

glEnable(GL_TEXTURE_2D);
glBegin(GL_QUADS);
glTexCoord2f(0,0);
glVertex3f(0,0,0);
glTexCoord2f(1,0);
glVertex3f(10,0,0);
glTexCoord2f(1,1);
glVertex3f(10,10,0);
glTexCoord2f(0,1);
glVertex3f(0,10,0);
glEnd();
glDisable(GL_TEXTURE_2D);
```

General

- Hay diferentes procedimientos para realizar una selección:
  - Asignar un identificador a cada objeto o primitiva y observar a travers de una pequeña ventana cual es el que se dibuja más cercano al observador
  - Lanzar un rayo desde el observador que pase por el pixel indicado e intersecciones los objetos y primitivas de la escena
  - Asignar un identificador a cada objeto o primitiva en forma de color, dibujar la escena con el z-buffer activado y comprobar en la posición deseada el color-identificador que hay
- OpenGL usa la primera forma

Procedimiento

- El procedimiento general es el siguiente:
  1. Obtener las coordenadas de la posición que marca la selección
  2. Crear el buffer de datos
  3. Cambiar al modo selección
  4. Redefinir el volumen de visión de tal manera que haya una pequeña ventana alrededor de la marca de selección (puede ser 1 pixel)
  5. Dibujar la escena metiendo en la pila de nombres aquellos que nos interesan
  6. Salir del modo selección y lectura de vector de datos

Procedimiento

- Crear el buffer de datos:
  - OpenGL devuelve los datos de la selección en un buffer
  - Hay que crearlo previamente a entrar al modo selección
  - Es un vector de enteros

```
GLuint Selection_buffer[BUFFER_SIZE];
glSelectBuffer (BUFFER_SIZE,Selection_buffer);
```

Procedimiento

- Cambiar al modo selección:
  - OpenGL tiene tres modos de funcionamiento:
    - RENDER: Modo para dibujar (aptivado por defecto)
    - SELECT: Modo para seleccionar
    - FEEDBACK: Modo para obtener información geométrica de lo que se dibuja
  - Se cambia de modo con la instruccion $glRenderMode(MODO)$
  - MODO: GL_RENDER,GL_SELECT, GL_FEEDBACK

```
glRenderMode (GL_SELECT);
```

Procedimiento

- Redefinir el volumen de visión:
  - Consiste en redefinir el volumen de visión de tal manera que ocupe una zona pequeña alrededor de la posición marcada
  - Hay que hacer un paso de coordenadas de dispostivo a coordenadas de vista
  - Hay que conocer la relacion entre el tamaño de un pixel y la ventana
  - Se usa una función auxiliar que simplica el proceso:$gluPickMatrix(X, Y, ANCHO, ALTO, VIEWPORT)$
    - X: La coordenada x del dispositivo
    - Y: La coordenada y del dispositivo
    - ANCHO: Número de píxeles de ancho
    - ALTO: Número de píxeles de alto
    - VIEWPORT: Puntero a los datos del viewport
  - Para poder obtener los datos del viewport

```
GLint Viewport[4];
glGetIntegerv (GL_VIEWPORT, Viewport);
```

Procedimiento

- Dibujado de la escena:
  - para identificar a cada objeto o primitiva se usa una pila de identificadores
  - Esto identificadores son enteros
  - Las instrucciones sobre la pila de nombres son:

```
glInitNames(): Inicializa la pila de nombres
glLoadName(ID): Pone en el top de la pila a ID
glPushName(ID): Aumenta el top de la pila y pone a ID
glPopName(): Disminuye el top de la pila
```

Procedimiento

- Dibujado a nivel de objetos

```
glInitNames();

for (i=0;i<NUM_OBJETOS;i++){
  glLoadName(i);
  Draw_object(i);
}
```

- Dibujado a nivel de primitiva

```
glInitNames();

for (i=0;i<NUM_TRIANGLES;i++){
  glLoadName(i);
  Draw_triangle(i);
}
```

Procedimiento

- Dibujado con varios niveles

```
glInitNames();

for (i=0;i<NUM_OBJETOS;i++){
  glPushName(i);
  for (j=0;j<NUM_TRIANGLES;j++){
    glLoadName(j);
    Draw_triangle(j);
  }
  glPopName();
}
```

Procedimiento

- Ejemplo completo

```
void pick(unsigned int x, unsigned int y, unsigned int Width, unsigned
     int Height)
{
  GLuint Selection_buffer[BUFFER_SIZE];
  GLint Hits, Viewport[4];

  glGetIntegerv (GL_VIEWPORT, Viewport);
  glSelectBuffer (BUFFER_SIZE, Selection_buffer);

  glRenderMode (GL_SELECT);
  glInitNames();
  glMatrixMode (GL_PROJECTION);
  glLoadIdentity ();
  gluPickMatrix ( x, Viewport[3] - y, Width, Height, Viewport);
  glFrustum(Min_x,Max_y,Min_y,Max_y,Front_plane,Back_plane);
  draw ();
  Hits = glRenderMode (GL_RENDER);
  glMatrixMode (GL_PROJECTION);
  glLoadIdentity();
  glFrustum(Min_x,Max_y,Min_y,Max_y,Front_plane,Back_plane);
  ...
  Obtener informacion
}
```

Obtener los datos

- Para identificar los objetos y/o primitivas seleccionadas hay que interpretar los datos devueltos en el vector.
- Por cada selección se incluye la siguiente información
  - Número de nombres en la pila cuando se hace la selección
  - Valor mínimo de la profundidad (entero)
  - Valor máximo de la profundidad (entero)
  - Identificadores (habrá tantos como indique el primer valor

Obtener los datos

- Para identificar los objetos y/o primitivas seleccionadas hay que interpretar los datos devueltos en el vector.
- Por cada selección se incluye la siguiente información
  - Número de nombres en la pila cuando se hace la selección
  - Valor mínimo de la profundidad (entero)
  - Valor máximo de la profundidad (entero)
  - Identificadores (habrá tantos como indique el primer valor)