## Informática Gráfica I

Curso 2024/2025

Facultad de Informática Universidad Complutense de Madrid

# Entrega I Apartados del 1 al 17 Fecha de entrega: 13 de febrero de 2025

### Instrucciones de la práctica

Para llevar a cabo este trabajo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- · Esta práctica se compone de varias escenas.
- Para realizar cada escena es necesario implementar una serie de pasos, en forma de apartados.
- El código que se desarrolle para cada escena deberá ser reutilizable por las escenas posteriores.
- Se tendrá especial atención a la calidad del código: inexistencia de fugas de memoria, código bien organizado, comentado y legible, se siguen los principios de la programación orientada a objetos, entre otros.

#### Rúbrica de evaluación

Criterio 1	Pesos
Escena 1	2.5
Escena 2	2.5
Escena 3	2.5
Calidad del código	1.5
Ausencia de fugas	1
Total	10.0
Opcional	+1
Defensa	-1.5

Apartado 1 .......

Localiza el comando que fija el color de fondo y cambia el color a (0.6, 0.7, 0.8).



### Apartado 2

En la clase Mesh, define el método:

static Mesh\* generateRegularPolygon(GLuint num, GLdouble r)

que genere los num vértices que forman el polígono regular inscrito en la circunferencia de radio r, sobre el plano Z=0, centrada en el origen. Utiliza la primitiva GL\_LINE\_LOOP. Recuerda que las ecuaciones de una circunferencia de centro  $C=(C_x,C_y)$  y radio R sobre el plano Z=0 son:

$$x = C_x + R \cdot \cos(\alpha)$$

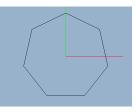
$$y = C_{v} + R \cdot \sin(\alpha)$$

Genera los vértices empezando por el que se encuentra en el eje Y ( $\alpha$ =90°) y, para los siguientes, aumenta el ángulo en 360°/num (ojo con la división). Usa las funciones trigonométricas cos(alpha) y sin(alpha) de **glm**, que requieren que el ángulo alpha esté en radianes, para lo que puedes usar el conversor de **glm** para radians(alpha), que pasa alfa grados a radianes.

## Apartado 3 .........

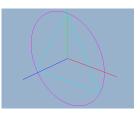
Define una clase SingleColorEntity que extienda Abs\_Entity con un atributo mColor de tipo glm: vec4 para dotar de color a una entidad sin tener que dar color a los vértices de su malla. Este atributo se podrá consultar y modificar con sendos métodos color y setColor. El constructor recibirá también el color inicial como argumento, que tendrá como valor por defecto el blanco (glm: vec4 color = 1). Además, este constructor seleccionará el shader simple. Por último, sobrescribe el método render() con una definición similar a la de EntityWithColors, pero que que cargue el color en la GPU con mShader->setUniform("color", mColor).

Define la clase RegularPolygon que hereda de SingleColorEntity y cuya malla se construye usando el método del apartado anterior. Incorpora un objeto de esta nueva clase a la escena. En la captura adjunta se muestra, a modo de ejemplo, un heptágono regular; pero debería ser válido para cualquier polígono.



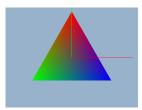
# Apartado 5

Añade a la escena un triángulo cian y una circunferencia magenta como objetos de la clase RegularPolygon, tal como se muestra en la figura.



#### Apartado 6 ......

Define la clase RGBTriangle que hereda de EntityWithColors y cuyos objetos se renderizan como el de la captura de la imagen. Observa que solo tienes que añadir colores apropiados a los vértices de una malla triangular de la clase RegularPolygon. Añade uno de estos triángulos a la escena.



### Apartado 7

Core Profile no admite glPolygonMode diferenciado para la cara delantera y trasera porque es un caso particular del *cullling*.

Utilizando *culling*, redefine el método render() para que el triángulo se rellene por la cara **FRONT** mientras que por la cara **BACK** se dibuja con líneas. Haz lo mismo, pero que las caras traseras se dibujen con puntos.

#### Apartado 8

Define el método:

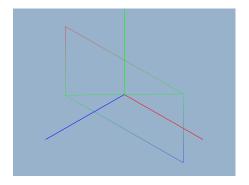
static Mesh\* generateRectangle(GLdouble w, GLdouble h)

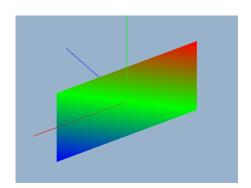
que genera los cuatro vértices del rectángulo centrado en el origen, sobre el plano Z=0, de ancho w y alto h. Utiliza la primitiva GL\_TRIANGLE\_STRIP.

Define el método:

static Mesh\* generateRGBRectangle(GLdouble w, GLdouble h)

que añade un color primario a cada vértice (un color se repite), como se muestra en las capturas. Define la clase RGBRectangle que hereda de EntityWithColors, y añade una entidad de esta clase a la escena. Utilizando *culling*, redefine su método render() para establecer que los triángulos se rellenen por la cara BACK y se muestren con líneas, por la cara FRONT.

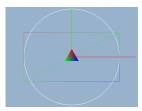




Refactoriza el código para que cada escena sea una subclase de la clase genérica Scene. Para ello, convierte en virtual el método init de Scene y define una clase Scene0 como subclase de Scene que defina su método init para la escena inicial. Ajusta la inicialización de IG1App para que construya una escena de tipo Scene0.

#### Apartado 10 .

Construye una escena bidimensional con un rectángulo como el del apartado 8 que contiene en su interior un pequeño triángulo RGB, como el del 6, al que rodea una circunferencia como la del apartado 5.



## Apartado 11 ......

Coloca el triángulo RGB de la escena  $\mathbf{1}$  en el punto  $(\mathbf{R}, \mathbf{0})$ , siendo R el radio de la circunferencia de esa escena.

#### Apartado 12

Añade a la clase Abs\_Entity un método virtual void update() {} que se usa para modificar la mModelMat de aquellas entidades que la cambien, por ejemplo, en animaciones. Añade a la clase Scene un método virtual void update() que haga que las entidades de gObjects se actualicen mediante su método update(). Define en IG1App el evento de la tecla 'u' para hacer que la escena se actualice con una llamada a su método update().

#### Apartado 13

Sobrescribe el método update() en la clase RGBTriangle de forma que el triángulo de esta clase de la escena 1, rote en horario sobre sí mismo a la par que lo hace en anti horario sobre la circunferencia.

## Apartado 14

Implementa la actualización continua de la escena invocando periódicamente el método update de IG1App. Para ello, declara en dicha clase una constante FRAME\_DURATION, una variable booleana mUpdateEnabled y una variable mNextUpdate de tipo double. En el bucle del método run, cuando mUpdateEnabled sea cierto, utiliza la función double glfwGetTime() para obtener el tiempo actual y llamar al método update cada FRAME\_DURATION segundos. En ese caso, en lugar de glfwWaitEvents habrá que usar

void glfwWaitEventsTimeout(double timeout);

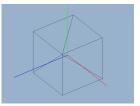
con el tiempo restante para llegar a mNextUpdate, que se irá actualizando oportunamente. Haz que mUpdateEnabled se active y desactive con el evento de teclado 'U'.

## Apartado 15 .....

Define el método:

static Mesh\* generateCube(GLdouble length)

que construye la malla de un cubo (hexaedro) con arista de tamaño length, centrado en el origen. Define la clase Cube que hereda de SingleColorEntity, y añade una entidad de esta clase a la escena. Renderízalo con las caras frontales en modo línea (con color negro) y las traseras, en modo punto, como en la captura adjunta.

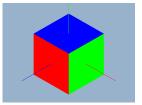


## Apartado 16 .....

Extiende la malla anterior con color en los vértices definiendo el método estático:

static Mesh\* generateRGBCubeTriangles(GLdouble length)

El color es el que se muestra en la captura. Define la clase RGBCube que hereda de EntityWithColors, y añade una entidad de esta clase a la escena.



# Apartado 17 ......

(Opcional) Programa el método update() de la clase RGBCube tal como se muestra en la grabación "demo de la escena 2".

# Entrega II Apartados del 18 al 37 Fecha de entrega: 13 de marzo de 2025

# Instrucciones de la práctica

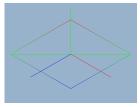
Para llevar a cabo este trabajo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Esta práctica se compone de una única escena con diversos elementos.
- Para realizar cada escena es necesario implementar una serie de pasos, en forma de apartados.
- El código que se desarrolle para cada escena deberá ser reutilizable por las escenas posteriores, includas en esta u otra práctica.
- Se tendrá especial atención a la calidad del código: inexistencia de fugas de memoria, código bien organizado, comentado y legible, se siguen los principios de la programación orientada a objetos, entre otros.

#### Rúbrica de evaluación

Criterio 1	Pesos
Suelo con textura	1.5
Caja con textura	1.5
Estrella doble con textura	1.5
Cristalera	1.5
Foto	1.5
Calidad del código	1.5
Ausencia de fugas	1
Total	10.0
Opcionales	+1
Defensa	-1.5

Define la entidad Ground como subclase de EntityWithColors cuyos objetos se renderizan como rectángulos centrados en el origen que descansan sobre el plano Y = 0. En la constructora, utiliza la malla generateRectangle() definida más arriba y establece la matriz de modelado para que el suelo se muestre siempre en posición horizontal.



## Apartado 19 .....

Define la entidad EntityWithTexture para renderizar objetos con textura. Ha de guardar un atributo protegido mTexture de tipo Texture\* con su textura y mModulate de tipo bool para indicar si se modulará la imagen con el color de los vértices (por defecto a false). El constructor seleccionará el shader texture y su método render tomará como referencia el de EntityWithColors, fijará el atributo uniforme modulate del shader y llamará a bind y unbind antes y después de renderizar la malla (solo si la textura es no nula).

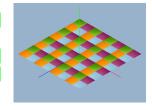
### Apartado 20

Define en la clase Mesh el método static Mesh\* generateRectangleTexCor(GLdouble w, GLdouble h) que añada coordenadas de textura al rectángulo para mostrar la imagen completa sobre él. Cambia la clase madre de Ground a EntityWithTexture, adapta su constructora y modifica su método render para que se muestre el suelo con la textura de la captura adjunta.



#### Apartado 21

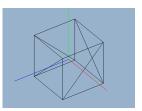
Generaliza el método del apartado anterior a static Mesh\* generaRectangleTexCor(GLdouble w, GLdouble h, GLuint rw, GLuint rh) para generar coordenadas de textura que embaldosen el suelo con la imagen, repitiéndola rw veces a lo ancho y rh veces a lo alto. En la captura, rw = rh = 4.



Define el método static Mesh\* generateBoxOutline(GLdouble length) que genera los vértices del contorno de un cubo, sin tapas, centrado en los tres ejes, con lado de tamaño longitud. Utiliza la primitiva GL\_TRIANGLE\_STRIP. Recuerda que el número de vértices, con esta primitiva, es 10: los 8 del cubo más 2 repetidos para cerrar el contorno.

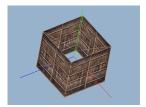
### Apartado 23 .....

Define la clase BoxOutline que hereda de SingleColorEntity y cuyos objetos se renderizan como cubos sin tapas, usando la malla del apartado anterior. En la captura se muestra el contorno de una caja, con las caras frontales y traseras en modo línea.



#### Apartado 24 ......

Añade coordenadas de textura a la malla del contorno de una caja, definiendo el método static Mesh\* generateBoxOutlineTexCor(GLdouble length), y cambia la clase madre de BoxOutline a EntityWithTexture. Haz que la escena contenga el contorno de una caja con la textura que se muestra en la captura adjunta, repetida por las caras del contorno.



#### Apartado 25

Modifica el método render() de la clase BoxOutline de forma que se pueda renderizar la caja con dos texturas, una para el exterior y otra para el interior. Añade para ello un atributo de tipo Texture\* (además del heredado) y utiliza apropiadamente el culling.

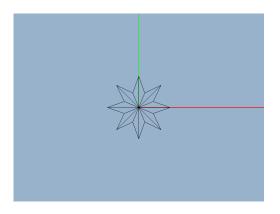


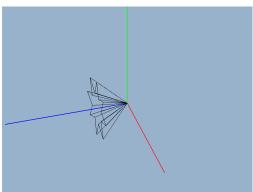
### Apartado 26 .....

Define el método:

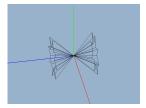
static Mesh\* generateStar3D(GLdouble re, GLuint np, GLdouble h)

que genera los vértices de una estrella de np puntas situadas en los puntos de una circunferencia de radio exterior re centrada en el plano Z=h, como la que se muestra en las capturas. Utiliza la primitiva GL\_TRIANGLE\_FAN tomando como primer vértice el origen (0,0,0). Los puntos internos se encuentran en una circunferencia de radio ri=re/2.





Define la clase Star3D que hereda (provisionalmente) de SingleColorEntity y cuyos objetos se renderizan en estre-llas como las mostradas. Sobrescribe el método render() en esta clase de forma que se muestren no una sino dos estrellas unidas por el origen, tal como se muestra en la captura.



# Apartado 28

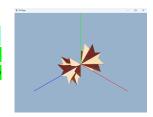
Define el método update() de la clase Star3D de forma que las dos estrellas enfrentadas roten coordinadamente sobre su eje Z a la vez que giran sobre su eje Y.

### Apartado 29

#### Define el método:

static Mesh\* generateStar3DTexCor(GLdouble re, GLuint np, GLdouble h)

que genera coordenadas de textura para la malla de una estrella. Cambia la clase madre de Star3D a EntityWithTexture y adapta el método render() para renderizar la estrella con textura tal como se muestra en la captura, con una estrella de 8 puntas.



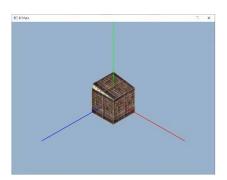
#### Apartado 30 ......

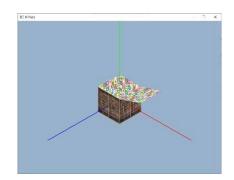
(Opcional) Define la clase Box mediante la malla de un contorno de caja junto con dos mallas de rectángulo más, una para la tapa y otra para el fondo. La renderización de una caja se muestra en la captura. Aunque no se ven, las caras interiores de la caja tienen todas la textura interior del contorno de una caja.



# Apartado 31 .....

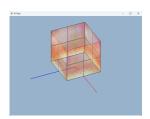
(Opcional) Define el método update() de la clase Box de forma que la tapa se abra 180° para después volver a cerrase y así sucesivamente.





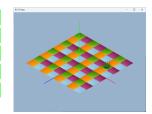
## Apartado 32 .....

Define la clase GlassParapet cuyos objetos se renderizan en contornos de caja con una textura traslúcida en todas sus caras, tal como se muestra en la captura adjunta.



#### Apartado 33

(Opcional) Define la clase Grass cuyos objetos se renderizan encima del suelo, en una esquina, mostrando la textura anterior (con fondo transparente), rotada y renderizada tres veces. Para tener en cuenta la transparencia, utiliza el shader de fragmentos texture\_alpha, que puedes cargar con Shader::get("texture:texture\_alpha").



### Apartado 34 ......

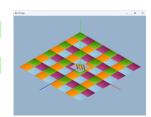
En la clase Texture, define un método

void loadColorBuffer(GLsizei width, GLsizei height, GLuint buffer=GL\_FRONT)

que cargue el buffer de color (frontal o trasero) dado por el tercer argumento, como una textura de dimensiones dadas por los parámetros primero y segundo.

# Apartado 35 ......

Define la clase Photo que hereda de EntityWithTexture y cuyos objetos se renderizan en un rectángulo centrado sobre el suelo, tal como se muestra en la captura adjunta. El rectángulo tiene adosada una textura obtenida de la imagen que carga el método del apartado anterior. Define el método update() de esta clase de forma que su atributo mTexture se actualice a la textura de este rectángulo.



# Apartado 36 .....

(Opcional) Implementa el evento de teclado F que guarda la imagen de la foto hecha como en el apartado anterior, como fichero . bmp.

#### Apartado 37

Define una escena que contenga un suelo, una caja con su tapa que se abre y se cierra, situada en una esquina del suelo, una estrella encima de la caja, una cristalera que rodea el suelo, unas hierbas y una foto. Evidentemente, no es obligatorio que aparezcan los apartados opcionales.