

---

# **Programación de Móviles**

***Publicación 1.0***

**Oscar Gomez**

28 de April de 2015



<b>1. Análisis de tecnologías para aplicaciones en dispositivos móviles:</b>	<b>3</b>
1.1. Puntos iniciales . . . . .	3
1.2. Sistemas operativos para dispositivos móviles. Características. . . . .	3
1.3. Limitaciones . . . . .	4
1.4. Entornos integrados de trabajo. . . . .	5
1.5. Android Studio . . . . .	5
1.6. Eclipse . . . . .	5
1.7. La línea de comandos . . . . .	6
1.8. El primer proyecto . . . . .	6
1.9. Descargando plataformas . . . . .	7
1.10. Creando emuladores . . . . .	10
1.11. Arrancando el programa . . . . .	13
1.12. Módulos para el desarrollo de aplicaciones móviles. . . . .	14
1.13. Emuladores. . . . .	14
1.14. Ciclo de vida . . . . .	15
1.15. Configuraciones y perfiles . . . . .	15
1.16. Tamaños y densidades . . . . .	15
1.17. Directorios . . . . .	16
1.18. Imágenes . . . . .	16
1.19. Ejercicios . . . . .	17
1.20. Solución Ejercicio 1 . . . . .	17
1.21. Directorios . . . . .	21
1.22. Tipos de recursos . . . . .	22
1.23. Indicando recursos alternativos . . . . .	22
1.24. Ejercicio . . . . .	25
1.25. Tamaños y densidades . . . . .	25
1.26. Accediendo a los recursos . . . . .	25
1.27. Gestión de cambios durante la ejecución . . . . .	26
1.28. Reteniendo objetos en memoria . . . . .	27
1.29. Gestionando el cambio . . . . .	27
1.30. Ejercicios . . . . .	27
1.31. Solución ejercicio . . . . .	28
1.32. Solución ejercicio . . . . .	28
1.33. Modificación de aplicaciones existentes. . . . .	29

1.34.	Ejercicio final . . . . .	29
1.35.	Fechas del examen . . . . .	29
<b>2.</b>	<b>Programación de aplicaciones para dispositivos móviles</b>	<b>31</b>
2.1.	Herramientas y fases de construcción. . . . .	31
2.2.	<uses-permission> . . . . .	33
2.3.	Interfaces de usuario. Clases asociadas. . . . .	33
2.4.	Sobre el diseño de interfaces . . . . .	35
2.5.	Actividades . . . . .	38
2.6.	Construcción de actividades . . . . .	39
2.7.	Ejemplo: llamadas entre actividades . . . . .	40
2.8.	Ejercicio . . . . .	43
2.9.	Ejercicio . . . . .	46
2.10.	Bases de datos y almacenamiento. . . . .	46
2.11.	Ejercicio . . . . .	50
2.12.	Bases de datos . . . . .	50
2.13.	Ejercicio: ampliación de la BD . . . . .	53
2.14.	Solución a la ampliación de la BD . . . . .	53
2.15.	Servicios en dispositivos móviles. . . . .	58
2.16.	Proveedores de contenido. . . . .	58
2.17.	Ejercicio: proveedor de diccionario . . . . .	59
2.18.	Gestión de recursos y notificaciones. . . . .	61
2.19.	Técnicas de animación y sonido. . . . .	61
2.20.	Imágenes y fotos . . . . .	62
2.21.	Vídeos . . . . .	66
2.22.	Localización . . . . .	67
2.23.	Contexto gráfico. Imágenes. . . . .	67
2.24.	Eventos del teclado. . . . .	71
2.25.	Descubrimiento de servicios. . . . .	71
2.26.	Persistencia. . . . .	71
2.27.	Modelo de hilos. . . . .	71
2.28.	Comunicaciones: clases asociadas. Tipos de conexiones. . . . .	74
2.29.	Gestión de la comunicación inalámbrica. . . . .	74
2.30.	Seguridad y permisos. . . . .	74
2.31.	Envío y recepción de mensajes texto. . . . .	74
2.32.	Envío y recepción de mensajería multimedia. Sincronización de contenido. . . . .	74
2.33.	Manejo de conexiones HTTP y HTTPS. . . . .	74
2.34.	Empaquetado y despliegue de aplicaciones para dispositivos móviles. . . . .	74
2.35.	Centros de distribución de aplicaciones. . . . .	74
2.36.	Documentación de aplicaciones de dispositivos móviles. . . . .	74
<b>3.</b>	<b>Utilización de librerías multimedia integradas</b>	<b>75</b>
3.1.	Conceptos sobre aplicaciones multimedia. . . . .	75
3.2.	Arquitectura del API utilizado. . . . .	75
3.3.	Fuentes de datos multimedia. Clases. . . . .	75
3.4.	Datos basados en el tiempo. . . . .	75
3.5.	Procesamiento de objetos multimedia. Clases. Estados, métodos y eventos. . . . .	75
3.6.	Reproducción de objetos multimedia. Clases. Estados, métodos y eventos. . . . .	75

3.7.	Depuración y documentación de los programas. . . . .	75
<b>4.</b>	<b>Análisis de motores de juegos:</b>	<b>77</b>
4.1.	Introducción: la biblioteca Gdx . . . . .	77
4.2.	Animación 2D y 3D. . . . .	77
4.3.	Arquitectura del juego. Componentes. . . . .	78
4.4.	Hojas de sprites . . . . .	81
4.5.	Animaciones . . . . .	82
4.6.	Enemigos . . . . .	83
4.7.	Ejercicio: movimiento de enemigos . . . . .	84
4.8.	Movimiento del protagonista . . . . .	84
4.9.	Ampliación: baldosas y obstáculos . . . . .	90
<b>5.</b>	<b>OpenGL: fundamentos</b>	<b>101</b>
5.1.	Introducción a OpenGL . . . . .	101
5.2.	Probando los programas OpenGL . . . . .	101
5.3.	Inicializando OpenGL . . . . .	102
5.4.	Clases necesarias . . . . .	102
5.5.	Un ejemplo básico: borrar la pantalla . . . . .	103
<b>6.</b>	<b>OpenGL: vértices y shaders</b>	<b>107</b>
6.1.	Introducción . . . . .	107
6.2.	Ejes de coordenadas . . . . .	107
6.3.	Enviando los datos a OpenGL . . . . .	111
6.4.	El flujo de OpenGL . . . . .	112
<b>7.</b>	<b>OpenGL: compilado</b>	<b>115</b>
7.1.	Introducción . . . . .	115
7.2.	Cargando shaders . . . . .	115
7.3.	Compilando shaders . . . . .	116
7.4.	Enlazando shaders . . . . .	117
7.5.	Validación de un programa . . . . .	117
7.6.	Conexiones finales . . . . .	118
7.7.	Dibujando . . . . .	119
7.8.	Resultado final . . . . .	120
<b>8.</b>	<b>OpenGL: sombreado</b>	<b>127</b>
8.1.	Introducción . . . . .	127
8.2.	Suavizado de colores . . . . .	127
<b>9.</b>	<b>OpenGL: perspectiva</b>	<b>133</b>
9.1.	Introducción . . . . .	133
9.2.	La proporcionalidad . . . . .	133
9.3.	Conceptos básicos de álgebra . . . . .	134
9.4.	Definiendo una proyección ortográfica . . . . .	135
9.5.	Añadiendo la proyección ortográfica . . . . .	136



Índice:





---

## Análisis de tecnologías para aplicaciones en dispositivos móviles:

---

### 1.1 Puntos iniciales

- En primer lugar, en <http://10.8.0.253> se puede encontrar un servidor.
- Los apuntes también se podrán encontrar a diario en <http://oscarmaestre.github.io>
- Existen fotocopias con la programación, criterios, etc... en la mesa del profesor. En cualquier caso, están colgadas en la página del centro <http://www.iesmaestredecaltava.es> (buscar el apartado “Presentaciones”)
- Si se desea acceder a algún fichero individual de los apuntes puede hacerse en las página siguiente
  - <https://github.com/OscarMaestre/Moviles>
  - <https://github.com/OscarMaestre/ServiciosYProcesos>

### 1.2 Sistemas operativos para dispositivos móviles. Características.

El desarrollo para la telefonía móvil es un campo que se encuentra en plena expansión. El número de teléfonos no deja de crecer y las necesidades de programación de los mismos tampoco. En ese sentido existen diversas plataformas de desarrollo a tener en cuenta al empezar a programar.

- Android: es el más numeroso de lejos. La mayor parte del mercado usa esta plataforma. El hecho de que Google ofrezca *completamente gratis* el sistema operativo para los fabricantes y el entorno para los programadores lo ha hecho crecer hasta desbancar a su competidor. Google solo se ocupa de la venta de apps y ese es su nicho de beneficios.
- iOS: Utiliza una filosofía completamente distinta que es controlar todo el proceso desde el desarrollo hasta la distribución de aplicaciones. Ese control se hace por medio del pago de licencias y de la unicidad de la distribución.

- Windows Phone: es el sistema de Microsoft que ha lanzado más o menos recientemente y que aún está por ver si consigue una cuota de mercado significativa o no.
- FirefoxOS: se centra principalmente en mercados emergentes (con el objetivo a largo plazo de ganar cuota de mercado) su filosofía es la misma del software libre.
- Bada: Es la plataforma de Samsung creada exclusivamente para sus teléfonos. Es muy poco usada fuera de Corea del Sur.
- Symbian: surge de un antiguo sistema creado para las PDA, está prácticamente descatalogado en el desarrollo para telefonía móvil.
- Tizen: una plataforma relativamente nueva. Al igual que Android es gratis y además tiene el respaldo de Intel.
- Jolla: surge en los países nórdicos con una filosofía similar al software libre pero con la salvedad de que, de momento, solo se ejecuta en sus teléfonos (que son de gama alta)

En cuanto a la tecnología hay diferencias sustanciales entre ellas:

- Android: pensado principalmente para ser programado en Java (aunque se puede llegar a usar C++ con un kit aparte).
- iOS: usa Objective-C que lo separa mucho del resto de plataformas. El entorno exige el pago de una licencia, el SO exige una licencia y el poner aplicaciones a la venta exige otra.
- Windows Phone: usa Visual Studio que es una herramienta muy potente y usa la plataforma .NET.
- FirefoxOS: usa HTML y Javascript.
- Symbian y otros también permiten el uso de HTML y JS.
- Tizen permite dos opciones: C++ o HTML/JS
- Jolla/Sailfish: usa C++.
- Bada usa C++.

En este curso se usará Android con Java como lenguaje de desarrollo.

## 1.3 Limitaciones

Programar un teléfono móvil implica preparar nuestro programa para situaciones que no son de importancia en los ordenadores de escritorio o que incluso no existen.

- Desconexión: un teléfono puede perder el fluido eléctrico sin aviso o perder la conexión de red de forma repentina.
- Seguridad: un teléfono puede ser accesible desde cualquier punto del planeta lo que puede poner en grave riesgo la privacidad del usuario.
- Memoria: la cantidad de memoria de estos dispositivos es mucho más reducida que los equipos de escritorio.

- Consumo batería: la cantidad de código que se ejecuta implica disminuir la cantidad de batería del usuario.
- Almacenamiento: la cantidad de espacio para almacenar ficheros en estos dispositivos es muy variable y a veces prácticamente inexistente.

## 1.4 Entornos integrados de trabajo.

En este apartado vamos a hablar de los distintos entornos que se pueden usar para programar teléfonos móviles.

- Eclipse.
- XCode para iOS.
- Android Studio.
- NetBeans.
- Visual Studio (para Windows Phone).
- ¿Visual Kaffe?
- Línea de comandos.
- Appcelerator.

## 1.5 Android Studio

Android Studio es el entorno oficial de programación de Google. Como tal, es probablemente la herramienta del futuro si bien tiene diversas desventajas.

- Aún está en fase beta y según los documentos de instalación aún puede cambiar mucho sin previo aviso.
- Requiere una máquina más potente que los otros: de no ser así el proceso de edición-compilación-ejecución se vuelve demasiado lento.

## 1.6 Eclipse

Eclipse ha sido desde los comienzos la herramienta ofrecida por Google para programar en Android. De hecho, en su página se ofrece el “Android Developer Tools Bundle” que contiene absolutamente todo lo necesario para trabajar.

---

**Truco:** Aún así, después de descargarlo, aún tendremos que bajar e instalar la(s) plataforma(s) Android para las cuales queramos programar, lo que en sitios con una línea de baja velocidad aún requerirá un tiempo apreciable.

---

En este manual será la herramienta que se utilizará para los ejemplos.

### 1.7 La línea de comandos

La línea de comandos es el entorno más ligero. Además ofrece grandes ventajas en cuanto a la automatización de tareas, y de hecho Google ofrece el kit de desarrollo adaptado a la línea de comandos. El inconveniente principal es que algunos desarrolladores no están muy acostumbrados a ella.

### 1.8 El primer proyecto

Cuando se instala el Android Developer Bundle y se arranca Eclipse podremos utilizar un pequeño asistente para crear la primera aplicación. Para ello, en el menú `File-New` elegiremos la opción `Android Application Project`, mostrándonos una ventana que debería ser parecida a la siguiente figura.



Figura 1.1: Datos iniciales de la aplicación Android

En ella deberemos prestar atención a los siguientes elementos:

- *Minimum required SDK* : es la versión de Android mínima que necesitará en su móvil/tablet quien desee instalar la aplicación. Si se tiene la tentación de poner la versión 1.0 se debe tener en cuenta que también se dispondrán de menos clases y métodos para construir la app. La versión 8 (Android 2.1) es un valor razonable a día de hoy.
- *Target SDK* : es la versión de Android para la cual hemos optimizado la aplicación. En todo este manual se usará la versión 19 de Android (o Android 4.4)
- *Compile with* : Android tiene varias versiones y podemos utilizar una versión posterior para optimizar una aplicación orientada a un Android más antiguo. Sin embargo, normalmente no lo haremos y usaremos la misma versión que en el Target SDK, es decir, la 19.
- *Theme* : las aplicaciones pueden tener diversos temas o “skins”. Google ofrece algunos estilos predeterminados, pero no haremos especial hincapié en el diseño, solo en la programación. Usaremos el estilo por defecto “Holo Light”.

Después de haber rellenado estos datos podremos ver algo como esto:



Figura 1.2: Opciones específicas del proyecto

Aquí podremos indicar si queremos crear una biblioteca en lugar de una aplicación, si deseamos que se cree una actividad en blanco y si queremos ponerlo en el directorio de trabajo predeterminado. Se dejarán las opciones por defecto.

## 1.9 Descargando plataformas

Una vez hecho esto se debería instalar alguna versión del kit de desarrollo Android para empezar a programar. Para ello, se debe arrancar el gestor de plataformas Android mediante el menú de Eclipse Window->SDK Manager

El SDK Manager hace unas cuantas recomendaciones bastante prácticas: normalmente intentará instalar la última versión de Android más algunas herramientas útiles.



Figura 1.3: Personalizando el icono

Esta ventana permite elegir algunas opciones sobre el icono de la aplicación:



Figura 1.4: Tipo de actividad

Aquí se puede elegir qué tipo de actividad se desea. En general, usaremos una actividad en blanco.

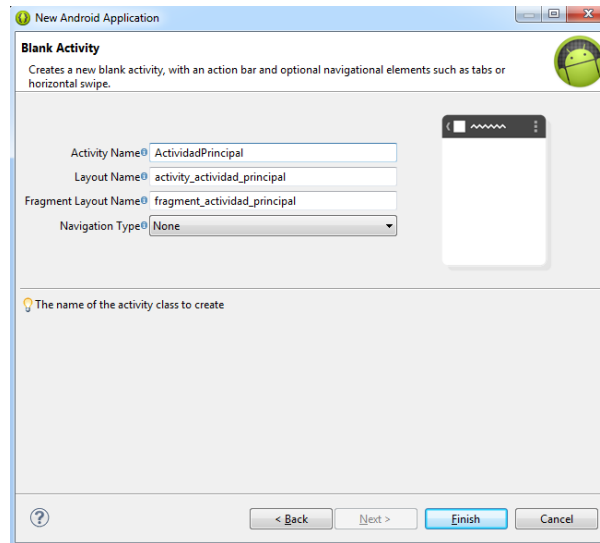


Figura 1.5: Datos de la actividad

En este último paso se indicará el nombre de la clase que contendrá la actividad principal de la aplicación. Usaremos el nombre `ActividadPrincipal` y terminaremos el asistente.

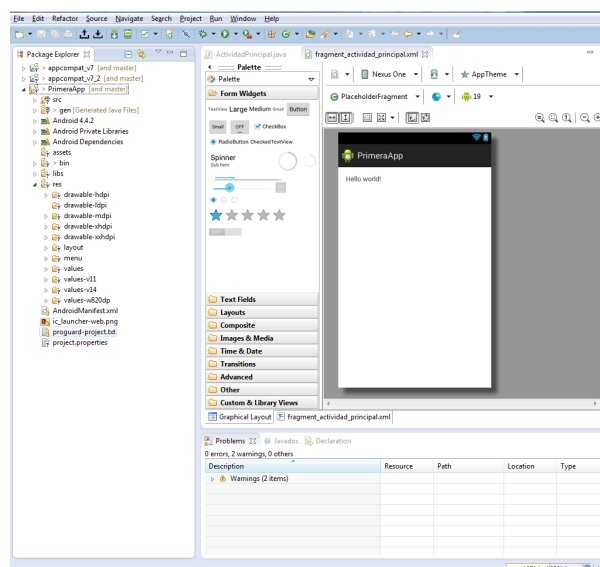


Figura 1.6: Un proyecto vacío de Android

El asistente terminará y se nos mostrará el entorno de Eclipse.

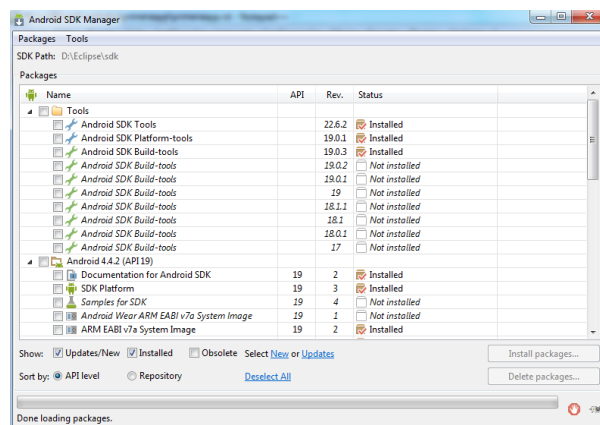


Figura 1.7: Administrador de plataformas Android

**Advertencia:** Una de las herramientas que se descargará es *Intel x86 Emulator Accelerator* o HAXM. Esta herramienta de Intel permite acelerar la ejecución del emulador de Android en microprocesadores Intel que tengan activada en su BIOS la opción de aceleración. Puede ser necesario habilitar esta opción en la BIOS (probablemente en alguna opción con el nombre `Enable Intel VT-x` o similar). El uso de HAXM es **MUY RECOMENDABLE**. Por otro lado, el SDK Manager descarga, pero no descomprime ni instala HAXM. Se debe buscar el ZIP en el directorio de instalación y ejecutarlo.

En líneas generales se necesitarán:

- Todos los archivos de la última plataforma
- El driver USB, que permitirá ejecutar nuestros programas en un móvil/tablet conectado por USB al equipo
- El driver HAXM
- La biblioteca de soporte de Android: permite que programas con una versión moderna se ejecuten en algunas plataformas más antiguas, entre otras cosas.
- Las *build-tools* o herramientas de compilación.
- Las *platform-tools* o herramientas específicas de la plataforma.
- Las *Android tools*, herramientas específicas de Android

## 1.10 Creando emuladores

Cuando se haya completado el paso anterior, se podrán crear *Android Virtual Devices* o AVDs o emuladores. Se pueden crear dispositivos con diferentes características como se muestra a continuación.

En primer lugar, se debe elegir la opción Window-Android Virtual Device Manager, con lo que se verá una herramienta que permite crear emuladores.





Figura 1.8: El Android Virtual Device Manager



Figura 1.9: Creando dispositivos

Una vez arrancado se podrá crear un nuevo dispositivo con el botón *New*. Se recomienda mantener estas opciones.

## 1.11 Arrancando el programa

Una vez que se tiene el emulador creado, se puede arrancar con el botón Start, y después arrancar el proyecto vacío Android de Eclipse. Para ello, una posibilidad es hacer click con el botón derecho en el proyecto que vemos a la izquierda de Eclipse y elegir el menú Run As-Android Application. Debería arrancarse la aplicación en el emulador y ver el resultado.

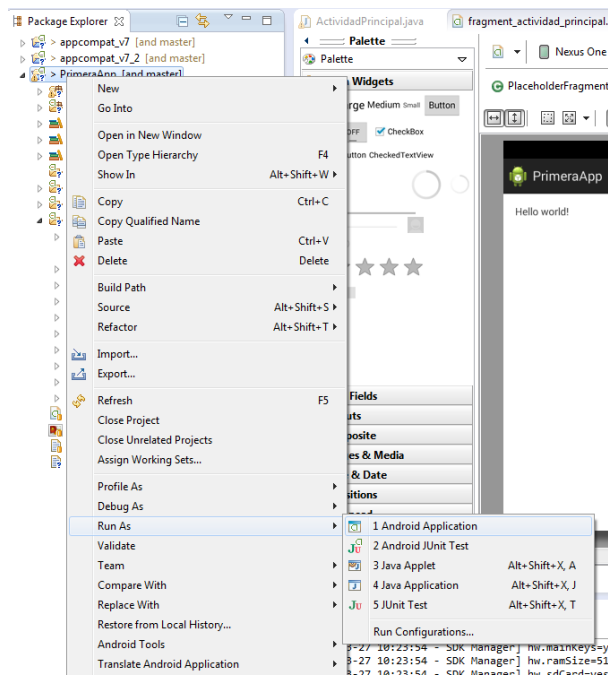


Figura 1.10: Ejecutando el primer proyecto

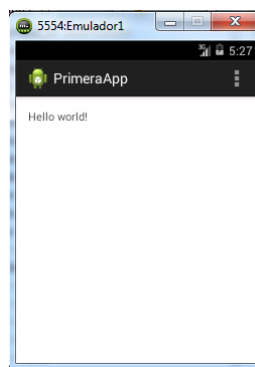


Figura 1.11: Emulador ejecutando la primera app

## 1.12 Módulos para el desarrollo de aplicaciones móviles.

En este curso, realmente solo necesitaremos Java para crear apps. Sin embargo, existen un montón de bibliotecas que permiten acelerar el desarrollo para diversos lenguajes y distintas tareas. Solo por nombrar algunos mencionaremos:

- Unity para desarrollar juegos.
- JQuery para Javascript.
- Bibliotecas para tareas muy específicas como la seguridad SSL y similares.

## 1.13 Emuladores.

A la hora de probar un app suele ser posible utilizar un emulador cargado en el sistema operativo que facilite la tarea de depurar la aplicación.

En Android, Google proporciona un sistema completo de emulación basado en máquinas virtuales (no usa VirtualBox sino un programa similar llamado QEMU).

El sistema de emulación permite crear dispositivos de características muy variadas para probar nuestra app en distintos entornos. Google denomina a estos dispositivos Android Virtual Devices (o AVDs)

- Se puede modificar el tamaño y la resolución.
- La memoria RAM y espacio en tarjeta SD.
- Se puede poner o quitar cámara.
- Existen dispositivos predefinidos por Google que permiten crear emuladores muy rápidamente.
- También se pueden clonar dispositivos para hacer solo una modificación de forma rápida.
- Una característica de interés es que *si se dispone de una tarjeta gráfica con aceleración* se puede activar una casilla llamada “Host GPU” que permite acelerar la emulación.
- Se puede obligar al emulador a que “recuerde” el estado en que se quedó para así continuar donde nos hubiésemos quedado el último día. Esta opción se llama instantánea o *snapshot*.

Si el equipo de escritorio es un Intel se puede instalar el Hardware Accelerated eXecution Manager o HAXM que permite acelerar la emulación. En el directorio `sdk/extras/intel` se puede encontrar un archivo ZIP que contiene un EXE que instala el HAXM. Se recomienda encarecidamente instalarlo en casa y, si es necesario, habilitar la tecnología VT en la BIOS.



Figura 1.12: Pasos en la ejecución de una app (imagen tomada de Google).

## 1.14 Ciclo de vida

## 1.15 Configuraciones y perfiles

## 1.16 Tamaños y densidades

Como ya se ha mencionado, la plataforma Android establece diversas categorías de dispositivo en función del tamaño y la densidad/resolución:

- En tamaños se distingue entre *small*, *normal*, *large* y *xlarge*.
- En densidades se distingue entre *ldpi*, *mdpi*, *hdpi* y *xhdpi*.

**Advertencia:** Un cambio en la orientación del dispositivo **también se considera un cambio en el tamaño del dispositivo**.

	Low density (120), <i>ldpi</i>	Medium density (160), <i>mdpi</i>	High density (240), <i>hdpi</i>	Extra high density (320), <i>xhdpi</i>
<i>Small screen</i>	QVGA (240x320)		480x640	
<i>Normal screen</i>	WQVGA400 (240x400) WQVGA432 (240x432)	HVGA (320x480)	WVGA800 (480x800) WVGA854 (480x854) 600x1024	640x960
<i>Large screen</i>	WVGA800** (480x800) WVGA854** (480x854)	WVGA800* (480x800) WVGA854* (480x854) 600x1024		
<i>Extra Large screen</i>	1024x600	WXGA (1280x800) <sup>†</sup> 1024x768 1280x768	1536x1152 1920x1152 1920x1200	2048x1536 2560x1536 2560x1600

Figura 1.13: Tamaños de pantalla (imagen tomada de Google)

### 1.17 Directorios

Para que nuestra aplicación ofrezca soporte a todas estas variantes tan solo se deben utilizar distintos directorios `layout` dentro del subdirectorio `res`. Así, si queremos crear una configuración de interfaz diferente para pantallas grandes podemos crear un subdirectorio `res/layout-large` que contenga un interfaz diferente optimizada para pantallas grandes.

Como puede verse, la clave consiste en utilizar directorios `layout-xxx` donde `xxx` pueden ser una serie de sufijos.

- `res/layout` es el directorio que se usará para el interfaz por defecto que asume orientación vertical.
- `res/layout-large` para pantallas grandes.
- `res/layout-xlarge` para pantallas muy grandes.
- `res/layout-large-land` para pantallas muy grandes giradas para estar en horizontal (landscape).

### 1.18 Imágenes

Cuando se tiene la previsión de que la aplicación se va a ejecutar en muchos dispositivos diferentes se deben crear diferentes versiones de las imágenes usadas.

Lo ideal es disponer de las imágenes en formato vectorial y utilizar las siguientes escalas:

- Para resoluciones *mdpi*, la imagen a escala 1.
- Para *ldpi*, la imagen a escala 0.75
- Para *hdpi*, se escala a 1.5
- Para *xhdpi*, la escala debe ser 2.
- Y así sucesivamente.

Normalmente ya no es necesario poner nada para *ldpi* por dos motivos.

1. En la actualidad suponen un porcentaje muy pequeño de los dispositivos.
2. Android puede hacer la escala automáticamente.

Aunque en este manual se habla en general de Android 4 conviene no perder de vista las plataformas anteriores. Google mantiene una pequeña tabla con [los porcentajes de uso de las diversas versiones de Android](#) ya que crear nuestra aplicación *exclusivamente para cierta versión y las posteriores* hará que nos autoexcluyamos de una porción del mercado que puede ser muy significativa.



Figura 1.14: Porcentajes de uso de Android (tomada de Google el 4-4-2014)

## 1.19 Ejercicios

1. Crea una aplicación que se vea de tres formas distintas en función de que la pantalla sea normal, grande o muy grande
2. Haz que la aplicación anterior muestre datos sobre la plataforma sobre la que se está ejecutando. (Pista, deberás implementar *forzosamente* un método `protected void onStart()`)

Para resolver estos ejercicios necesitarás leer los apartados siguientes sobre directorios y recursos.

## 1.20 Solución Ejercicio 1

### 1.20.1 Enunciado

*Crea una aplicación que se vea de tres formas distintas en función de que la pantalla sea normal, grande o muy grande .*

Para poder ver los resultados deberemos tener en primer lugar tres emuladores, que tengan, los tamaños que necesitamos.

### 1.20.2 Implementación

Una vez creados los AVDs crearemos el proyecto, en el cual Eclipse nos creará automáticamente el directorio `res/layout`. Crearemos dos directorios más:

	Low density (120), <i>ldpi</i>	Medium density (160), <i>mdpi</i>	High density (240), <i>hdpi</i>	Extra high density (320), <i>xhdpi</i>
Small screen	QVGA (240x320)		480x640	
Normal screen	WQVGA400 (240x400) WQVGA432 (240x432)	HVGA (320x480)	WVGA800 (480x800) WVGA854 (480x854) 600x1024	640x960
Large screen	WVGA800** (480x800) WVGA854** (480x854)	WVGA800* (480x800) WVGA854* (480x854) 600x1024		
Extra Large screen	1024x600	WXGA (1280x800) <sup>†</sup> 1024x768 1280x768	1536x1152 1920x1152 1920x1200	2048x1536 2560x1536 2560x1600

Figura 1.15: Tamaños de pantalla reconocidos (imagen tomada de Google)

1. `res/layout-large` donde pondremos los ficheros con la interfaz definido para pantallas grandes.
2. `res/layout-xlarge` para pantallas muy grandes. Si no se tiene memoria suficiente es posible que un emulador con estas características tarde mucho en arrancar e incluso que sufra “cuelgues”.

Crearemos un interfaz cualquiera como por ejemplo este:

```
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
    android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
    tools:context="com.example.adaptable.ActividadPrincipal$PlaceholderFrag"

    <TextView
        android:id="@+id/textView1"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_alignParentBottom="true"
        android:layout_alignParentRight="true"
        android:text="@string/textoPlataformas" />

</RelativeLayout>
```

Como se puede apreciar, solo contiene un cuadro de texto que debe aparecer **en la esquina inferior derecha** del dispositivo.

Una vez hecho esto, pondremos en los otros directorios alguna variación de este fichero, como por ejemplo estas dos:

```
<RelativeLayout xmlns:android=
"http://schemas.android.com/apk/res/android"
```



```
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
tools:context=
"com.example.adapptable.ActividadPrincipal$PlaceholderFragment" >
```

#### <TextView

```
    android:id="@+id/textView1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:layout_centerVertical="true"
    android:text="@string/textoPlataformas" />
<!--El cuadro debe aparecer
en el centro de la pantalla-->
```

#### </RelativeLayout>

#### <RelativeLayout xmlns:android=

```
"http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
tools:context=
"com.example.adapptable.ActividadPrincipal$PlaceholderFragment" >
```

#### <TextView

```
    android:id="@+id/textView1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_alignParentTop="true"
    android:layout_centerHorizontal="true"
    android:text="@string/textoPlataformas" />
<!--El cuadro debe aparecer
centrado en la parte superior-->
```

#### </RelativeLayout>

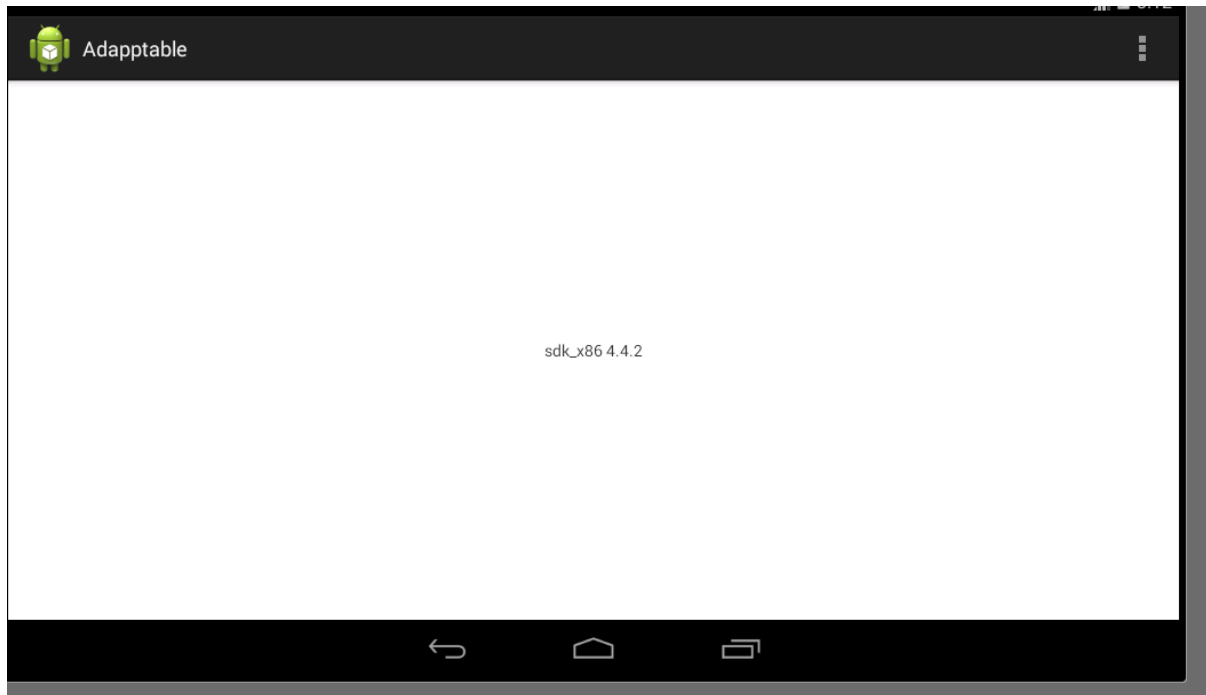


Figura 1.16: Vista de la aplicación en una tablet.



Figura 1.17: Vista de la aplicación en un móvil.

## 1.21 Directorios

Como ya se ha introducido anteriormente ciertos elementos que pueden cambiar no deberían estar dentro del código, sino en *recursos* (es decir, en ficheros externos que puedan cargarse en tiempo de ejecución). Un ejemplo muy elemental son las cadenas: si queremos ofrecer soporte a varios idiomas, es mejor tener todas las cadenas en un fichero, de forma que si queremos traducir la aplicación, bastará con traducir dicho fichero y hacer que la aplicación cargue distintos ficheros en función el idioma.



Figura 1.18: Un mismo código fuente, distintas cadenas (Imagen de [shokunin](#) ).

Veamos un ejemplo muy simple. Supongamos que la aplicación saluda al usuario en el momento del arranque. Podríamos usar este código Java.

```
public class Actividad{
    private final String saludo="Hola";
}
```

Sin embargo, al hacerlo así, la traducción de la aplicación se vuelve muy compleja. Sin embargo, podemos almacenar las cadenas en un fichero de recursos como `strings.xml` de esta forma.

```
<string id="saludo">Hola</string>
```

Si ahora en el código Java cargamos la cadena (en pseudocódigo)...

```
public void saludar() {
    String saludo=R.string.saludo;
}
```

...ahora la traducción es muy sencilla, ya que basta con tener otro fichero en la aplicación con las cadenas en inglés:

```
<string id="saludo">Hello</string>
```

*Y no habrá que tocar nada del código Java.* De hecho, Android compilar los recursos para que sean fácilmente accesibles desde código Java. En este capítulo se analiza como usar los

recursos.

## 1.22 Tipos de recursos

Todos los recursos se definen en forma de XML y *deben* ir dentro de uno de estos subdirectorios que hay dentro de `res`:

- `res/anim`: contiene los ficheros XML que especifican animaciones. Se verá más sobre animaciones más adelante.
- `res/anim`: aquí se pondrán unos tipos especiales de animación llamadas “tween animation” que permiten a Android generar la animación a partir de información tal como “punto inicial”, “punto final” y “duración de la animación”.
- `res/color`: define los colores de nuestra aplicación.
- `res/drawable`: para especificar los archivos de imagen usados (en formatos `.png`, `.9.png`, `.jpg` y `.gif`)
- `res/layout`: para indicar la colocación de recursos en pantalla en los distintos tamaños de pantalla.
- `res/menu`: define los menús de aplicación.
- `res/raw`: recursos almacenados en formato binario. Pueden cargarse con `Resources.openRawResource()`
- `res/values`: ficheros XML que contienen valores simples como números, cadenas o incluso colores. Aunque en realidad aquí se pueden usar los nombres de fichero que queramos la costumbre es usar estos nombres:
  - `arrays.xml`: permite crear vectores de recursos.
  - `colors.xml`: para colores.
  - `dimens.xml`: para especificar tamaños.
  - `strings.xml`: para cadenas.
  - `styles.xml`: para estilos
- `res/xml`: aquí se almacena cualquier otro fichero XML que se desee. Los ficheros en este directorio pueden cargarse usando `Resources.getXML()`

Existe una última posibilidad para almacenar recursos, que es usar el directorio `assets` (no es `res/assets`) sin embargo, Android no compila dichos recursos automáticamente. Deben cargarse con la clase `AssetsManager`.

## 1.23 Indicando recursos alternativos

Por ejemplo, ya sabemos que el archivo `res/values/strings.xml` contiene las cadenas que se mostrarán por defecto. Si esas cadenas están en español y deseamos indicar que se

carguen otras cadenas para el idioma inglés se deben indicar modificadores para el directorio values.

- `res/values-en/strings.xml` indicaría el fichero de cadenas para el idioma inglés.
- `res/values-fr/strings.xml` para francés.
- Se puede usar cualquier [código ISO 639-1](#) para indicar el idioma.

Los modificadores se pueden añadir a cualquier subdirectorio de los vistos antes, además se pueden poner varios a la vez pero siempre respetando este orden:

1. MCC (Mobile Country Code o código de país) y MNC (Mobile Network Code o código de red). Pueden consultarse las distintas redes y países en [Wikipedia](#) . Por ejemplo para indicar un recurso específico de un teléfono Android usado en territorio español se usaría `mcc214` y para indicar específicamente un recurso en un Android que accede desde Movistar se usaría `mcc214-mnc07`.
2. Idioma y región: se usa un código de país ISO 639-1 que puede o no ir seguido de una “r” y un código de región. Así el modificador “en” indica idioma inglés y “fr” francés, pero “fr-rFR” indica francés de Francia y “fr-rCA” francés de Canadá. Pueden consultarse los códigos de país en [Wikipedia](#)
3. Dirección de lectura: `ldrtl` para cuando el idioma del dispositivo se lee de derecha a izquierda (right-to-left) y `ldltr` para lectura de izquierda a derecha. Obsérvese que ya podríamos indicar un fichero `res/values-mcc214-fr-rCA/strings.xml` para indicar los textos que debe usar un teléfono Android con su idioma puesto a francés (de Canadá) que sin embargo usa una red española. Sin embargo `res/values-fr-mcc214/strings.xml` estaría mal ya que aunque el idioma y el territorio son correctos los hemos puesto al revés (sería `res/values-mcc214-fr`)
4. Anchura mínima del dispositivo: se usa `swNdp` donde N es el número mínimo de puntos que debe tener la anchura de la pantalla. También puede indicarse este valor en el `AndroidManifest.xml` con el atributo `android:requiresSmallestWidthDp`. Si indicamos varios directorios, Android escogerá siempre el valor de N más pequeño y cercano a la anchura del dispositivo **independientemente de si la pantalla se gira o no**. Algunos valores típicos son:
  - `sw320dp`: para pantallas de 240x320 (ldpi), de 320x480 (mdpi) o de 480x800 (hdpi)
  - `sw480dp`: para 480x800 (mdpi)
  - `sw600dp`: para 600x1024 (mdpi)
5. Anchura disponible: el sufijo `wNdp` indica la anchura que la aplicación necesita **teniendo en cuenta si la pantalla se gira** (esta es la diferencia con respecto al anterior).
6. Altura disponible: el sufijo `hNdp` indica la altura que la aplicación necesita.
7. Tamaño de pantalla: pueden usarse los sufijos siguientes:
  - `small` de aproximadamente 320x426
  - `normal` aproximadamente 320x470

- `large` de unos 480x640
  - `xlarge` con un tamaño de 720x960 (normalmente tablets)
8. Aspecto de la pantalla: `long` para pantallas WQVGA, WVGA, FWVGA y `notlong` para QVGA, HVGA, and VGA. No tiene nada que ver con la orientación de la pantalla.
9. Orientación de la pantalla: `port` (portrait) para cuando la pantalla está en vertical y `land` (landscape) para cuando está en horizontal.
10. Modo del interfaz de usuario:
- `car` cuando el dispositivo está en un coche.
  - `desk` en un escritorio
  - `television`
  - `appliance` el dispositivo es una herramienta y no tiene pantalla.
11. Modo nocturno: `night` y `notnight` dependiendo de si el dispositivo está en modo nocturno o no.
12. Densidad de pixeles: (la escala entre los principales tamaños es 3:4:6:8)
- `ldpi`: pantallas de baja densidad, aproximadamente 120dpi.
  - `mdpi`: densidad media, unos 160dpi.
  - `hdpi`: alta densidad, unos 240dpi.
  - `xhdpi`: densidad “extra-alta”, unos 320dpi.
  - `nodpi`: Usado para recursos para los que no queremos que Android haga el escalado.
  - `tvdpi`: unos 213 (entre `mdpi` y `hdpi`)
13. Tipo de pantalla: `finger` para dispositivos táctiles y `notouch` para los demás.
14. Disponibilidad de teclado:
- `keysexposed`: hay teclado hardware.
  - `keyshidden`: hay teclado hardware pero no está disponible y además *no hay teclado software*.
  - `keysoft`: hay teclado software.
15. Método de entrada: `nokeys` cuando no hay teclado hardware, `qwerty` si hay un teclado hardware y `12key` para teclados hardware de 12 teclas.
16. Disponibilidad de teclas de navegación:
- `nonav`: no se puede navegar con teclas.
  - `dpad`: hay un pad direccional.
  - `trackball`: hay un trackball.
  - `wheel`: hay un ratón con rueda (poco habitual).
17. Versión de la plataforma Android: `v3`, `v4`, `v9` etc...

## 1.24 Ejercicio

¿Como debería llamarse un directorio que contuviera recursos específicos para un teléfono en portugués que esté usándose en Francia con el operador Bouygues Telecom y que fuera un dispositivo de una resolución hdpi?

Respuesta: hay que ir nombrando el directorio con los sufijos correctos en el orden correcto. En este caso sería `values-mcc208-mnc20-pt-hdpi`.

## 1.25 Tamaños y densidades

En la tabla siguiente, tomada de la documentación oficial de Google pueden verse los tamaños y densidades aproximados de los distintos tipos de pantalla que podemos encontrar.

	Low density (120), <i>ldpi</i>	Medium density (160), <i>mdpi</i>	High density (240), <i>hdpi</i>	Extra high density (320), <i>xhdpi</i>
<i>Small screen</i>	QVGA (240x320)		480x640	
<i>Normal screen</i>	WQVGA400 (240x400) WQVGA432 (240x432)	HVGA (320x480)	WVGA800 (480x800) WVGA854 (480x854) 600x1024	640x960
<i>Large screen</i>	WVGA800** (480x800) WVGA854** (480x854)	WVGA800* (480x800) WVGA854* (480x854) 600x1024		
<i>Extra Large screen</i>	1024x600	WXGA (1280x800) <sup>†</sup> 1024x768 1280x768	1536x1152 1920x1152 1920x1200	2048x1536 2560x1536 2560x1600

Figura 1.19: Tamaños de pantalla reconocidos (imagen tomada de Google)

## 1.26 Accediendo a los recursos

Cuando se crea un recurso puede accederse al mismo por medio de la clase especial `R` la cual es creada por la herramienta `aapt`. Dicha herramienta toma todos los recursos y crea distintas subclases para facilitar el uso de dichos recursos. Las clases creadas son:

- `R.drawable`: para acceder a archivos de imagen.
- `R.id`: para acceder al id de un control.
- `R.layout`: para cargar disposiciones de controles.
- `R.string`: para acceder a cadenas.

Aí, por ejemplo si un archivo de imagen ubicado en `res/drawable/icono.png` quiere ponerse de fondo en algún control se usará la sentencia:

```
control.setBackgroundDrawableResource(  
    R.drawable.icono);
```

Por otro lado, si deseamos usar un recurso XML en otro archivo XML se puede hacer usando la siguiente estructura:

1. Empezar siempre por @
2. Si se desea acceder a un recurso en otro paquete poner el nombre seguido de :, como com.ejemplo:.
3. Despues se indica el tipo de recurso, string, drawable...
4. Despues se indica el nombre del recurso.

Supongamos que tenemos un fichero genérico con distintas definiciones de recursos como este:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>  
<resources>  
    <color name="color_corporativo">#f00</color>  
    <string name="saludo">Hola</string>  
</resources>
```

Y que deseamos usar este color y este texto en interfaz. El XML sería así:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>  
<EditText  
    xmlns:android=  
        "http://schemas.android.com/apk/res/android"  
    android:layout_width="fill_parent"  
    android:layout_height="fill_parent"  
    android:textColor="@color/color_corporativo"  
    android:text="@string/saludo" />
```

Por último mencionar que Android dispone de muchos otros recursos a los cuales se puede acceder usando el prefijo android. Así, por ejemplo, Android define un interfaz para elementos en una lista que podemos usar con este código (obsérvese que Android llama a este interfaz `simple_list_item_1`):

```
setListAdapter(  
    new ArrayAdapter<String>(  
        this,  
        android.R.layout.simple_list_item_1,  
        vector  
    )  
);
```

## 1.27 Gestión de cambios durante la ejecución

Android puede decidir reiniciar nuestra app por diversos motivos:

- El usuario ha cambiado el idioma.



- La pantalla ha rotado por ejemplo de vertical a horizontal.
- Se ha conectado un teclado
- Etc...

En estos casos, Android llamará a nuestro método `onDestroy` y después a `onCreate`. Sin embargo, un usuario podría llegar a perder trabajo, por lo cual una actividad puede usar si lo desea dos métodos que Android llamará.

- `onSaveInstanceState`: podemos implementarlo para guardar el trabajo que haya hecho.
- `onRestoreInstanceState`: Android puede usarlo para restaurar el estado.

Sin embargo, ¿qué ocurre si esto implica grabar y cargar grandes cantidades de datos?: podría ocurrir que la aplicación se ralentizara, dando una pobre experiencia de usuario. En este caso hay dos opciones:

1. Retener un objeto en memoria durante la reinicialización.
2. Gestionar el cambio por nosotros mismos tomando el control de Android.

En cualquier caso, Android suele recordar automáticamente los elementos de la interfaz de usuario, por lo que lo que llamamos “reiniciar” la actividad en realidad no es un reinicio absoluto.

## 1.28 Reteniendo objetos en memoria

El método `onCreate` de una actividad siempre acepta un objeto `Bundle` en el que puede estar el estado anterior de nuestra actividad. Sin embargo, este objeto no está diseñado para almacenar grandes cantidades de datos.

Por todo ello, la clase `Fragment` permite ejecutar `setRetainInstance(true)` en el método `onCreate` y así evitar la destrucción y re-creación de la actividad.

## 1.29 Gestionando el cambio

Se puede implementar el método “`onConfigurationChanged()`” para gestionar los cambios por nosotros mismos.

**Peligro:** Implementar este método debería ser *la última opción* ya que tendremos que reaplicar todos los cambios por nosotros mismos (cargar cadenas, interfaces, etc...)

## 1.30 Ejercicios

1. ¿Qué diferencia hay entre `sw320dp` y `w320dp`?

2. Si una imagen mide 30x30 en el tamaño `ldpi`, ¿cuanto medirá en `mdpi`, `hdpi` y `xhdpi`?

## 1.31 Solución ejercicio

### 1.31.1 Enunciado

*Si una imagen mide 30x30 en el tamaño “`ldpi`”, ¿cuanto medirá en “`mdpi`”, “`hdpi`” y “`xhdpi`”?*

### 1.31.2 Solución

Dado que la escala es 3:4:6:8 el tamaño será:

- 40x40 en `mdpi`.
- 60x60 en `hdpi`.
- 80x80 en `xhdpi`.
- Como plus, en las televisiones, el escalado es  $1.33 * \text{mdpi}$  por lo que una televisión el tamaño sería 54.2x54.2 ( $40 * 1.33$ )

## 1.32 Solución ejercicio

### 1.32.1 Enunciado

*¿Qué diferencia hay entre “`sw480dp`” y “`w480dp`”?*

### 1.32.2 Solución

La diferencia es que el primero exige que el dispositivo tenga una anchura mínima de 480 puntos. En el caso de un dispositivo de 320 de alto por 480 de ancho, la aplicación funcionará. Si el dispositivo se gira, con lo que tendría 480 de alto por 320 de ancho, seguirá funcionando, ya que quizá el programador haya preparado el interfaz para auto-adaptarse a una anchura más pequeña.

Sin embargo, `w480dp` funcionaría correctamente si el dispositivo está en una posición de 320 de alto por 480 de ancho, pero *no aceptará* el giro que deje el terminal en un tamaño de 320 de ancho por 480 de alto.

## 1.33 Modificación de aplicaciones existentes.

Cuando hay que modificar una aplicación existente se pueden tener dos situaciones:

1. Se dispone del código fuente: en ese caso se debería empezar por analizar el diagrama UML de la aplicación, el modelo E/R y toda la documentación de la que disponga el proyecto. Después se debe leer el código por encima analizando primero el código de la interfaz (los ficheros XML de los directorios layout). A continuación se puede ejecutar en el simulador y analizar los logs y después se puede empezar a ampliar/corregir la aplicación yendo método a método, e implementando las pruebas de unidad que se necesiten.
2. No se dispone del código fuente: de entrada en un proyecto de tamaño mediano puede que ya sea imposible hacer ninguna modificación. Sin embargo, Java ofrece un “descompilador” que intenta reconstruir el código fuente a partir del fichero de aplicación.

## 1.34 Ejercicio final

### 1.34.1 Enunciado

*Examina la documentación de Google sobre Android y analiza la aplicación de ejemplo.*

### 1.34.2 Solución

La aplicación de ejemplo sobre Fragments utiliza los fragmentos para construir una aplicación lectora de noticias. La idea general es tener dos fragmentos, uno donde se puede elegir el título de la noticia y otro donde se muestre la noticia completa.

Usando Fragments se pueden diseñar dos interfaces de usuario:

- En uno de ellos, adaptado a tablets, los dos fragmentos aparecen a la vez en pantalla: cuando en uno se selecciona la noticia, en la misma pantalla se ve el texto de dicha noticia.
- En el otro interfaz, adaptado a móviles, se muestra una sola actividad con solo un fragmento. Cuando se selecciona una noticia *la actividad principal de selección desaparece* y queda oculta por la actividad que contiene el fragmento que muestra noticias. Esta solución es muy razonable al no poder mostrar tantas cosas en una pantalla tan pequeña.

También merece la pena comentar el concepto de *backstack*. El *backstack* es la pila de actividades a través de la cual podemos retroceder usando el botón “Atrás” de Android. Podemos tomar el control de dicha *pila* para decidir si *apilamos* las noticias, o una noticia sustituye a otra.

## 1.35 Fechas del examen

Miércoles 15 de octubre 3 últimas horas (de 12‘00 a 14‘45)



---

## Programación de aplicaciones para dispositivos móviles

---

### 2.1 Herramientas y fases de construcción.

La principal herramienta para programar aplicaciones Android es Eclipse aunque hoy en día está empezando a ser reemplazada por Android Studio.

En primer lugar se debe hacer un análisis de los permisos que deberá necesitar nuestra aplicación.

Todos los permisos que requiera nuestra aplicación se indican en el principal fichero del proyecto: `AndroidManifest.xml`

El archivo `AndroidManifest.xml` es un archivo imprescindible en cualquier aplicación Android, debe tener siempre ese nombre y debe estar en el directorio raíz del proyecto. Este fichero sirve para lo siguiente:

- Identifica el paquete Java de la aplicación, que se usará como identificador único de la misma.
- Describe los componentes de la aplicación: actividades, servicios, etc...
- Determina qué procesos alojarán componentes de la aplicación.
- Declara los permisos que debe tener la aplicación para acceder al hardware o al software del sistema.
- Declara los permisos que otros componentes deben tener para interactuar con los componentes de nuestra aplicación.
- Identifica las clases `Instrumentation` que se usarán para monitorizar el rendimiento. Normalmente esto solo se hace mientras estamos en pruebas, después se elimina.
- Indica la versión mínima de Android que se necesita para ejecutar nuestra app.
- Indica las bibliotecas con las que enlaza nuestro programa.

Un `AndroidManifest.xml` tiene esta estructura:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

```
<manifest>
```

```
    <uses-permission />
    <permission />
    <permission-tree />
    <permission-group />
    <instrumentation />
    <uses-sdk />
    <uses-configuration />
    <uses-feature />
    <supports-screens />
    <compatible-screens />
    <supports-gl-texture />
```

```
    <application>
```

```
        <activity>
            <intent-filter>
                <action />
                <category />
                <data />
            </intent-filter>
            <meta-data />
        </activity>

        <activity-alias>
            <intent-filter> . . . </intent-filter>
            <meta-data />
        </activity-alias>

        <service>
            <intent-filter> . . . </intent-filter>
            <meta-data/>
        </service>

        <receiver>
            <intent-filter> . . . </intent-filter>
            <meta-data />
        </receiver>

        <provider>
            <grant-uri-permission />
            <meta-data />
            <path-permission />
        </provider>

        <uses-library />
```

```
    </application>
```

```
</manifest>
```

## 2.2 <uses-permission>

Indica que la app necesita que se le conceda un cierto permiso para poder ser instalada y ejecutada. El permiso se indica en el atributo `android:name` con un valor como `android.permission.CAMERA`.

También puede llevar un atributo `android:maxSdkVersion` con el que se indica la versión máxima de Android donde es necesario pedir el permiso. Se usa en los casos en los que un permiso deja de existir. Eclipse suele rellenar este valor con la misma versión que usamos para el desarrollo.

Un posible valor:

```
<uses-permission
    android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"
    android:maxSdkVersion="18" />
```

Después de construir el `AndroidManifest.xml` se debería realizar un boceto de como va a ser el interfaz. Aunque se indique de esta forma, el `AndroidManifest.xml` puede volver a modificarse en el futuro. Hay aplicaciones que permiten elaborar el “wireframe” de nuestro interfaz, pero Eclipse también puede ayudar mucho en esta tarea.

## 2.3 Interfaces de usuario. Clases asociadas.

### 2.3.1 Ejercicio

Usando el diseñador de Eclipse construye un interfaz como el siguiente. Recuerda editar los ID de los controles (para poder tener en el código nombres más fáciles de recordar) y pon nuevos textos a los controles (para que la aplicación sea fácil de traducir)

La aplicación calcula una pensión de una forma muy sencilla: si se ha cotizado durante el mínimo de años exigidos por la ley, se tiene una pensión equivalente al 90 % del sueldo actual. Si no ha sido así se tiene una pensión del 75 % del sueldo actual.

Aunque es una funcionalidad que todavía no se va a implementar, la app podrá enviar un SMS con el resultado (y un anuncio de nuestra empresa) a otro número. Esto implica hacer que la aplicación exija pedir ese permiso en el `AndroidManifest.xml`.

### 2.3.2 Código Java

El código Java sería algo así (faltan unas líneas)



Figura 2.1: Interfaz de la aplicación



```
public void calcularPension(View controlPulsado) {
    EditText control;
    control=(EditText)
        this.findViewById(R.id.txtSueldoActual);

    Editable cadPension=control.getEditableText();
    if (cadPension.toString().equals("")) return ;
    Double sueldoActual;
    sueldoActual=
        Double.parseDouble(cadPension.toString());

    ToggleButton togMinimo;
    togMinimo=(ToggleButton)
        this.findViewById(R.id.togMinimo);
    Double pensionResultado;
    if (togMinimo.isChecked()){
        pensionResultado=sueldoActual*0.9;
    }
    else {
        pensionResultado=sueldoActual*0.75;
    }

    EditText txtPensionResultado;
    txtPensionResultado=(EditText)
        this.findViewById(R.id.txtPensionResultado);
    txtPensionResultado.setText(pensionResultado.toString());
}
```

## 2.4 Sobre el diseño de interfaces

Cuando se diseña un interfaz lo normal es ir insertando los controles en “layouts” que a su vez van dentro de otros. El objetivo es poder modificar un bloque de controles sin afectar a los demás.

Todo control Android puede manipularse de dos formas:

- Indicando su tamaño en los parámetros `width` y `height`. Se podría indicar el tamaño en puntos (mala idea porque el control no se redimensiona automáticamente) pero también se pueden indicar otras dos posibilidades:
  - `wrap_content`: significa más o menos “adáptate al mínimo posible”.
  - `match_parent`: “agrándate y adáptate al tamaño de tu contenedor padre”.
- Indicando qué proporción ocupa con respecto a sus controles del mismo contenedor. Esto se hace modificando el atributo `weight` y poniendo luego el `width` o el `height` a `0dp`.

### 2.4.1 Ejercicio

Crear una aplicación que permita al usuario practicar el cálculo mental con operaciones sencillas (sumas y restas) con números pequeños (de 1 a 99). Cuando el usuario introduce un resultado se le dice si acierta o no y se genera una nueva operación al azar.

```
package com.ies.calculus;

import java.util.Random;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.Menu;
import android.view.MenuItem;
import android.view.View;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;

public class ActividadPrincipal extends AppCompatActivity {
    int num1;
    int num2;
    String operacion;
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_actividad_principal);
        generarOperacion();
    }

    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is
        getMenuInflater().inflate(R.menu.actividad_principal, menu);
        return true;
    }

    @Override
    public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
        // Handle action bar item clicks here. The action bar will
        // automatically handle clicks on the Home/Up button, so long
        // as you specify a parent activity in AndroidManifest.xml.
        int id = item.getItemId();
        if (id == R.id.action_settings) {
            return true;
        }
        return super.onOptionsItemSelected(item);
    }
}
```

```

private void escribirNumeroEnTextView(
    int num, int id) {
    TextView tv=(TextView)
        this.findViewById(id);
    tv.setText(""+num);
}
private void generarOperacion() {
    Random generador=new Random();
    num1=generador.nextInt(100);
    num2=generador.nextInt(100);
    escribirNumeroEnTextView(
        num1, R.id.tvOperando1);
    escribirNumeroEnTextView(
        num2, R.id.tvOperando2);
    //Para generar la op. matemática
    //escogeremos un valor al azar de un vector
    String[] ops={"+", "-"};

    int posAzar=generador.nextInt(ops.length);
    operacion=ops[posAzar];
    TextView tvOperando=
        (TextView) this.findViewById(R.id.tvOperador);
    tvOperando.setText(operacion);
}
public void comprobar(View control) {
    EditText txtResultado=(EditText)
        this.findViewById(R.id.txtResultado);
    String resultado=txtResultado.getText().toString();
    TextView tvMensajes=(TextView)
        this.findViewById(R.id.tvMensajes);
    if (resultado.equals("")) {
        tvMensajes.setText("Resultado incorrecto");
        generarOperacion();
        return ;
    }
    int resultCalculado=0;
    switch (operacion.charAt(0)) {
        case '+':{
            resultCalculado=num1+num2;
            break;
        }
        case '-':{
            resultCalculado=num1-num2;
            break;
        }
    }
    int resultadoIntroducido=
        Integer.parseInt(resultado);
    if (resultadoIntroducido==resultCalculado) {
        tvMensajes.setText(";Correcto!");
    } else {

```

```
        tvMensajes.setText(";MAL!");  
    }  
    txtResultado.setText("");  
    generarOperacion();  
}  
}
```

### 2.4.2 Resumen de los contenedores Android

En la imagen siguiente puede apreciarse la variedad de contenedores que ofrece Android:



Figura 2.2: Contenedores Android

## 2.5 Actividades

Una actividad es un programa diseñado no solo para llamar a otros programas sino que también puede ofrecer sus servicios en Android para que otros programas les llamen a ellos.

El objetivo básico es comprender la forma de comunicar actividades en Android.

### 2.5.1 Actividad receptora de información

Una actividad típica debería estar preparada para recibir parámetros de una forma similar a esta:

```
public static String parametroNombre=  
    "com.ies.actividades1.nombrePersona";  
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    this setContentView(R.layout.actividad_mostrar_nombres);  
}
```

```
Intent intentPasado=this.getIntent();
String nombrePasado=
    intentPasado.getStringExtra(
        ActividadMostrarNombres.parametroNombre
    );

TextView txtNombreAMostrar;
txtNombreAMostrar=
    (TextView) this.findViewById(R.id.txtNombreMostrado);
txtNombreAMostrar.setText(nombrePasado);
}
```

## 2.5.2 Actividad llamadora

Una actividad que desee invocar a otro necesitará “pasar parámetros” de una forma similar a esta:

```
public void pasarNombre(View control){
    EditText txtNombre;
    txtNombre=(EditText) findViewById(R.id.txtNombre);
    String nombre=txtNombre.getText().toString();
    Intent iMostrarNombre;
    //Indicamos quien es el llamador e
    //indicamos
    iMostrarNombre=new Intent(
        this, ActividadMostrarNombres.class);
    iMostrarNombre.putExtra
        (ActividadMostrarNombres.parametroNombre
         , nombre);

    //Se lanza el intent
    this.startActivity(iMostrarNombre);
}
```

## 2.6 Construcción de actividades

Para crear una actividad desde cero necesitamos hacer dos cosas

1. Crear el interfaz XML (Eclipse puede que no añada un `id` a dicho interfaz, si no lo ha hecho añadirlo a mano)
2. Crear una clase Java que herede de `Activity`. Dicha clase Java necesita que añadamos algo: el `onCreate` contendrá ahora el código que procesa el `Intent` que nos pasen y también usaremos `setContentView` para cargar un fichero de interfaz o *layout*.

Dentro de la actividad suele ser buena política definir los nombres de los parámetros utilizando como prefijo el nombre del paquete:

```
public class
    ActividadCalculadora extends Activity {

    public static String nombreNum1=
        "com.ies.actividades2.num1";
    public static String nombreNum2=
        "com.ies.actividades2.num2";
    public static String nombreOp=
        "com.ies.actividades2.op";

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        // TODO Auto-generated method stub
        super.onCreate(savedInstanceState);
    }
}
```

## 2.7 Ejemplo: Llamadas entre actividades

Supongamos que deseamos tener una actividad que acepta recibir dos números y un operando. Tras la recepción se efectuará la operación matemática y se mostrará el resultado en un interfaz distinto de la actividad llamadora.



Figura 2.3: Aplicación con dos actividades

## 2.7.1 Actividad calculadora

Esta actividad carga el interfaz XML y después procesa el Intent para determinar qué operación debe ejecutar.

También define el nombre de los parámetros en **constantes** que tanto el llamador como ella pueden usar (y así evitar el cortar y pegar).

```
public class ActividadCalculadora extends Activity {

    public static String nombreNum1=
        "com.ies.actividades2.num1";
    public static String nombreNum2=
        "com.ies.actividades2.num2";
    public static String nombreOp=
        "com.ies.actividades2.op";

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        // TODO Auto-generated method stub
        super.onCreate(savedInstanceState);
        this setContentView(R.layout.actividad_secundaria);
        Intent intento=this getIntent();
        float num1=
            intento.getFloatExtra(
                ActividadCalculadora.nombreNum1,
                0.0f);
        float num2=intento.getFloatExtra(
            ActividadCalculadora.nombreNum2,
            0.0f);
        String op=
            intento.getStringExtra(
                ActividadCalculadora.nombreOp);

        float resultado=this.calcular(num1, op, num2);

        String cadResultado=
            num1+op+num2+"="+resultado;
        TextView tvResultado;
        tvResultado=(TextView) findViewById(R.id.tvResultado);
        tvResultado.setText(cadResultado);
    }

    public float calcular(float n1, String op, float n2){
        float resultado=0.0f;

        if (op.equals("+")){
            return n1+n2;
        }
        if (op.equals("-")){
            return n1-n2;
        }
    }
}
```

```
    }  
    return resultado;  
}  
}
```

### 2.7.2 Actividad llamadora

```
public class ActividadPrincipal extends ActionBarActivity {  
  
    @Override  
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
        super.onCreate(savedInstanceState);  
        setContentView(R.layout.activity_actividad_principal);  
    }  
  
    @Override  
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {  
        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is  
        getMenuInflater().inflate(R.menu.actividad_principal, menu);  
        return true;  
    }  
  
    @Override  
    public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {  
        // Handle action bar item clicks here. The action bar will  
        // automatically handle clicks on the Home/Up button, so long  
        // as you specify a parent activity in AndroidManifest.xml.  
        int id = item.getItemId();  
        if (id == R.id.action_settings) {  
            return true;  
        }  
        return super.onOptionsItemSelected(item);  
    }  
  
    /* Dado un id de recurso este método nos  
     * devuelve el texto que hay dentro  
     */  
    public float getNumero(int id) {  
        EditText control;  
        control=(EditText) findViewById(id);  
        String cadena=control.getText().toString();  
        float f=Float.parseFloat(cadena);  
        return f;  
    }  
    public void lanzarActCalculadora(  
        float f1, float f2, String op
```



```

        ){
Intent intento=new Intent(this, ActividadCalculadora.class);
intento.putExtra(
        ActividadCalculadora.nombreNum1,
        f1);
intento.putExtra(
        ActividadCalculadora.nombreNum2,
        f2);
intento.putExtra(
        ActividadCalculadora.nombreOp,
        op);
this.startActivity(intento);
}
public void calcular(View control){
    RadioButton rbSuma;
    rbSuma=(RadioButton) findViewById(R.id.radSuma);
    if (rbSuma.isChecked()){
        float f1=this.getNumero(R.id.txtNum1);
        float f2=this.getNumero(R.id.txtNum2);
        lanzarActCalculadora(f1,f2,"+");
    }
}
}

```

### 2.7.3 Modificación del AndroidManifest.xml

Se debe añadir esta actividad en el AndroidManifest.xml

```

<activity
        android:name=".ActividadCalculadora">
</activity>

```

## 2.8 Ejercicio

Crear una aplicación con dos actividades donde una de ellas permita introducir un texto y un número y la otra reciba ambos valores. La segunda truncará los  $n$  primeros caracteres de la cadena y los mostrará en pantalla.

### 2.8.1 Actividad inicial

```

public class ActPeticionTexto extends ActionBarActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_act_peticion_texto);
    }
}

```



Figura 2.4: Ejemplo de funcionamiento del truncado

```

    }

    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is
        getMenuInflater().inflate(R.menu.act_peticion_texto, menu);
        return true;
    }

    @Override
    public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
        // Handle action bar item clicks here. The action bar will
        // automatically handle clicks on the Home/Up button, so long
        // as you specify a parent activity in AndroidManifest.xml.
        int id = item.getItemId();
        if (id == R.id.action_settings) {
            return true;
        }
        return super.onOptionsItemSelected(item);
    }

    private String getCadena(int id) {
        EditText controlTexto=
            (EditText) this.findViewById(id);
        return controlTexto.getText().toString();
    }

    public void truncar(View control){

```

```

Intent intento=new Intent (this,ActividadTruncadora.class);
String textoEscrito=
    getCadena (R.id.txtTexto);
String textoNumCaracteres=
    getCadena (R.id.txtNumero);
int numCaracteres=Integer.parseInt (
    textoNumCaracteres);
intento.putExtra (
    ActividadTruncadora.nombreCadena,
    textoEscrito);
intento.putExtra (
    ActividadTruncadora.nombreNumCaracteres,
    numCaracteres);
this.startActivity(intento);
    }
}

```

## 2.8.2 Actividad truncadora

```

public class ActividadTruncadora extends Activity {
    public static String nombreCadena=
        "com.ies.truncado.nombreCadena";
    public static String nombreNumCaracteres=
        "com.ies.truncado.nombreNumCaracteres";

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        // TODO Auto-generated method stub
        super.onCreate(savedInstanceState);
        this setContentView(R.layout.act_truncado);
        Intent intRecibido=this getIntent();
        String cad=intRecibido.getStringExtra (
            ActividadTruncadora.nombreCadena
        );
        int numCaracteres=        intRecibido.getIntExtra (
            ActividadTruncadora.nombreNumCaracteres,
            0);

        String cadTruncada=this.truncar(cad, numCaracteres);
        Log.d("Truncado", "Resultado:"+cadTruncada);
        TextView tvTextoTruncado=
            (TextView) this.findViewById(R.id.tvResultado);
        tvTextoTruncado.setText (cadTruncada);
    }

    /* Recorta los num primeros caracteres*/
    private String truncar (String cad, int num){
        /* Si el usuario intenta poner
        * un valor más grande que la propia
        * longitud de la cadena, reducimos el numero

```

```
    */  
    if (num>cad.length()) {  
        num=cad.length();  
    }  
    return cad.substring(0, num);  
}  
}
```

## 2.9 Ejercicio

Crear una aplicación que permita simular un juego de apuestas a la ruleta.

El usuario puede apostar de 1 a 100 euros y parte con un saldo inicial ficticio de 1000 euros.

La ruleta tiene 37 números (del uno al 36 más el 0, que será un caso especial) y el usuario puede apostar de dos formas:

- Puede apostar a par o impar: si apuesta por ejemplo 2 euros a “Par” y sale por ejemplo, el 18, ganará un 50 % más, es decir los dos euros se multiplican por 0.5 y ganará un euro. Si pierde, pierde los dos euros.
- Puede apostar a que el número está en la primera docena (del 1 al 12) en la segunda docena (del 13 al 24) o en la tercera docena (del 25 al 36). Si por ejemplo apostamos 3 euros a la primera docena y sale por ejemplo el 7 multiplicamos por 0.66 los 3 euros y obtendremos 2 euros de beneficio. Si perdemos perdemos los 3 euros que apostamos.
- El 0 significa que la banca gana. No importa si la apuesta se hizo a “Par” o a “Primera docena”. Perderemos todo lo que apostamos.

## 2.10 Bases de datos y almacenamiento.

Android ofrece 5 posibilidades a la hora de almacenar datos:

- Preferencias.
- Almacenamiento interno.
- Almacenamiento externo.
- Bases de datos SQLite.
- Almacenamiento en la nube.

### 2.10.1 Preferencias compartidas

Dentro de las preferencias se puede almacenar cualquier tipo de datos básicos: String, int, floats, ints y longs. Dentro de nuestra actividad podemos usar dos tipos de preferencias

- Preferencias compartidas: lo usaremos cuando queramos manejar muchos ficheros de preferencias, debiendo indicar siempre un nombre de fichero.
- Preferencias únicas. Si solo queremos un fichero de preferencias para la actividad no tendremos que indicar ningún nombre de fichero.

Para escribir valores usaremos el objeto `SharedPreferences` de esta forma

```
public class Actividad1 extends Activity{
    private static String ficheroPrefs="misPrefs.prf";
    private MODO_FICHERO=MODE_PRIVATE
    protected void onCreate(Bundle estado){
        SharedPreferences prefs=getSharedPreferences(
            ficheroPrefs, MODO_FICHERO);
        SharedPreferences.Editor editor=
            prefs.edit();
        editor.putString("nombreUsuario", "pepe");
        /* ;NO HAY QUE OLVIDAR EL COMMIT!*/
        editor.commit();
    }
}
```

Un fichero se puede crear de varias maneras:

- `MODE_PRIVATE`
- `MODE_WORLD_READABLE`
- `MODE_WORLD_WRITABLE`
- `MODE_MULTI_PROCESS`: Lo usaremos cuando queramos indicar que muchos ficheros van a cambiar a la vez el fichero en forma `MODE_PRIVATE` | `MODE_MULTI_PROCESS`.

Por ejemplo, supongamos una aplicación que desea guardar un texto como el nombre de usuario que está almacenado en un control `EditText`. El código para almacenar sería algo así:

```
String ficheroPrefs="nombre_usuario";
String claveUltimoUsuario="ultimo_usuario";

public void guardar(View control){
    EditText txtNombre=
        (EditText) findViewById(R.id.txtNombre);
    String cadena=
        txtNombre.getText().toString();
    SharedPreferences gestorPrefs;

    gestorPrefs=this.getSharedPreferences(
        ficheroPrefs, MODE_PRIVATE);

    SharedPreferences.Editor editor;
    editor=gestorPrefs.edit();

    editor.putString(claveUltimoUsuario,
```

```
        cadena);  
  
    /* Si no hay commit, no se cierra  
    * la transacción->No se almacenará  
    */  
    editor.commit();  
    Log.d("Almacen:", "Cadena almacenada");  
}
```

### 2.10.2 Almacenamiento interno

Los ficheros creados aquí son privados a nuestra aplicación. Ni siquiera el usuario puede acceder a ellos (salvo en caso de teléfonos *rooteados* )

Para almacenar haremos algo como esto:

```
String fichero = "saludo.txt";  
String mensaje = "Hola mundo";  
FileOutputStream fos=openFileOutput(fichero, MODE_PRIVATE);  
fos.write(mensaje.getBytes());  
fos.close();
```

### 2.10.3 Almacenamiento externo

Implica solicitar permisos como `READ_EXTERNAL_STORAGE` o `WRITE_EXTERNAL_STORAGE`.

El almacenamiento puede estar o no disponible, se debería comprobar con algo como:

```
String estado =  
    Environment.getExternalStorageState();  
if (Environment.MEDIA_MOUNTED.equals(state)) {  
    /* Podemos escribir y además leer*/  
    return SE_PUEDE_ESCRIBIR;  
}  
if (Environment.MEDIA_MOUNTED.equals(estado) ||  
Environment.MEDIA_MOUNTED_READ_ONLY.equals(state)) {  
    return SOLO_SE_PUEDE_LEER;  
}  
/* Si llegamos aquí no se puede hacer nada*/  
return NO_SE_PUEDE_HACER_NADA;
```

Como vemos, la clave está en la clase `Environment` que nos ofrece diversos métodos y constantes para acceder a directorios de la tarjeta.

Por ejemplo, el código siguiente ilustra como conseguir crear un subdirectorio en el directorio estándar de imágenes:

public static String	DIRECTORY_ALARMS	Standard directory in which to place any audio files that should be in the list of alarms that the user can select (not as regular music).
public static String	DIRECTORY_DCIM	The traditional location for pictures and videos when mounting the device as a camera.
public static String	DIRECTORY_DOCUMENTS	Standard directory in which to place documents that have been created by the user.
public static String	DIRECTORY_DOWNLOADS	Standard directory in which to place files that have been downloaded by the user.
public static String	DIRECTORY_MOVIES	Standard directory in which to place movies that are available to the user.
public static String	DIRECTORY_MUSIC	Standard directory in which to place any audio files that should be in the regular list of music for the user.
public static String	DIRECTORY_NOTIFICATIONS	Standard directory in which to place any audio files that should be in the list of notifications that the user can select (not as regular music).
public static String	DIRECTORY_PICTURES	Standard directory in which to place pictures that are available to the user.
public static String	DIRECTORY_PODCASTS	Standard directory in which to place any audio files that should be in the list of podcasts that the user can select (not as regular music).
public static String	DIRECTORY_RINGTONES	Standard directory in which to place any audio files that should be in the list of ringtones that the user can select (not as regular music).

Figura 2.5: Directorios estándar

```
String miDir="mis_imgs";
File file =
    new File (
        Environment.getExternalStoragePublicDirectory
            (Environment.DIRECTORY_PICTURES),
            miDir
    );
if (!file.mkdirs()) {
    Log.e("Error", "No se pudo crear "+miDir);
}
```

## 2.11 Ejercicio

En los juegos de apuestas, todo jugador siempre desea saber el punto en el que debió dar marcha atrás, sin embargo, no siempre es fácil recordar cual fue.

Para facilitar esto se desea modificar el programa de simulación de la ruleta para que se vaya almacenando todo el historial de apuestas en un fichero llamado `historial.txt`.

En dicho historial deberíamos ir viendo el saldo, el tipo de apuesta que hizo el usuario (si fue a par, si fue a la segunda docena...), el número que salió al apostar y el estado en que quedó el saldo. Estas operaciones deben almacenarse cada vez que el usuario hace una apuesta del tipo que sea.

## 2.12 Bases de datos

En Android es perfectamente posible utilizar bases de datos relacionales con prácticamente todas sus características: tablas, claves primarias y ajenas, consultas, etc... El corazón de este sistema es *SQLite* <<http://sqlite.org>> un gestor de bases de datos pensado para dispositivos reducidos y con versiones para prácticamente todas las plataformas.

Para operar con bases de datos la documentación oficial de Google aconseja utilizar *clases contrato*. En dichas clases se almacenarán los nombres de las tablas, campos y demás, con el fin de facilitar el mantenimiento. Aunque no es obligatorio es muy aconsejable implementar el interfaz `BaseColumns`. De hecho hay muchos casos en los que Android espera clases que implementen dicho interfaz.

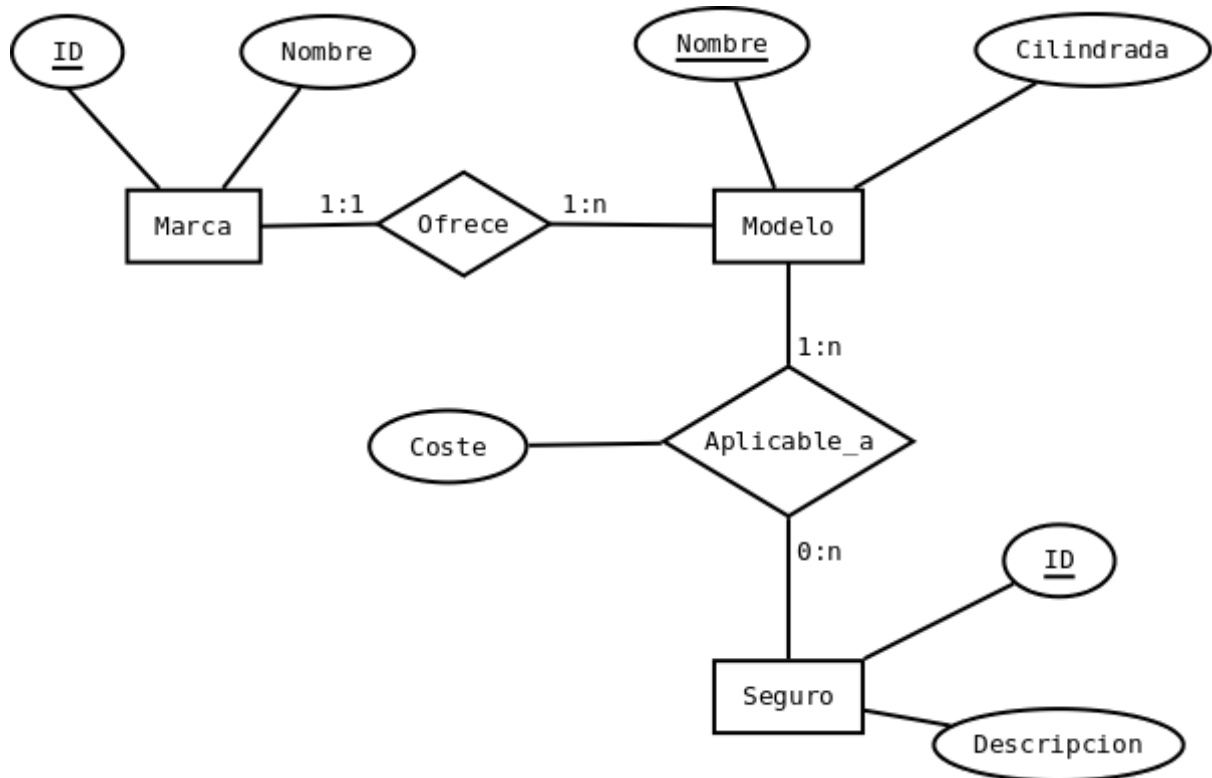
Supongamos que deseamos almacenar información técnica sobre modelos de automóvil y los costes asociados de un seguro: supongamos que hay coches de muchas marcas y modelos, y que para cada uno de ellos se puede contratar un seguro de uno de estos tipos (aunque se desea poder tener más tipos de seguro en el futuro):

- Seguro obligatorio.
- Seguro lunas+incendio sin franquicia.
- Seguro lunas+incendio con franquicia.
- Seguro todo riesgo.



No todos los seguros se ofrecen para todos los coches y de hecho podría haber coches para los cuales la compañía no ofrece ningún seguro. No todos los tipos de seguro tienen el mismo coste para todos los coches. Todo seguro tiene una validez medida en días y siempre es la misma para un cierto tipo de seguro. Por ejemplo, todos los seguros obligatorios tienen una validez de 365 días y todos los “todo riesgo” de 90. Los seguros del tipo “lunas+incendio” tienen todos una validez de 180 días.

Toda marca tiene un nombre y un código único, todo modelo tiene un nombre único y una cilindrada. Todo seguro tiene un código único y una descripción.



Con esto el SQL que necesitaríamos por ejemplo para la tabla Marcas sería algo así:

```

create table marcas
(
    id integer primary key,
    nombre varchar(40)
);

insert into marca values (1, "Ford");
insert into marca values (2, "Renault");
    
```

Y la clase contrato Java asociada a esta entidad sería:

```

public class MarcasContrato implements BaseColumns {
    public static final String
        NOMBRE_TABLA="marcas";
    public static final String
        NOMBRE_COL_ID="id";
    public static final String
    
```

```
        NOMBRE_COL_NOMBRE="nombre";  
    }
```

### 2.12.1 Bases de datos SQLite

Supongamos que deseamos crear una base de datos sobre seguros de coches. Un primer elemento necesario sería una tabla donde se almacenen las marcas (cada una llevará un ID).

```
create table marcas (  
    id        integer primary key,  
    marca     char(30)  
);  
  
insert into marcas values (1, 'Ford');  
insert into marcas values (2, 'Renault');
```

Para manejar la creación y procesado de esta base de datos Android ofrece la clase `SQLiteOpenHelper` de la cual se puede heredar de esta manera:

```
public class BD extends SQLiteOpenHelper {  
  
    private String sqlCreacion=  
        "create table marcas(id integer primary key," +  
        "nombre varchar(40));\n" ;  
    private String insert1="insert into marca values (1, \"Ford\")";  
    private String insert2="insert into marca values (2, \"Renault\")";  
    public BD(Context context, String name,  
        CursorFactory factory, int version) {  
        super(context, name, factory, version);  
    }  
  
    @Override  
    public void onCreate(SQLiteDatabase db) {  
        db.execSQL(sqlCreacion);  
        db.execSQL(insert1);  
        db.execSQL(insert2);  
    }  
}
```

Y podemos crear un objeto de la clase `BD` simplemente instanciándolo

**Advertencia:** Cuando se hacen pruebas en el simulador es posible que el fichero de base de datos no aparezca hasta que no intentemos leer o escribir datos de él. Aparte de eso, el fichero suele estar en el directorio `/data/data/<paquete>` pero las ubicaciones pueden cambiar.

## 2.12.2 Datos y cursores

Un objeto del tipo `SQLiteOpenHelper` nos puede devolver un objeto `SQLiteDatabase` que tiene los métodos necesarios para acceder a cursores, hacer consultas y recorrer los datos. El código siguiente muestra un ejemplo:

```
BD gestorBD=new BD(this, "seguros.db", null, 1);
SQLiteDatabase bd=gestorBD.getReadableDatabase();
Cursor cursor=bd.rawQuery("select id, nombre from marcas", null);
cursor.moveToFirst();
int posID=cursor.getColumnIndex(MarcasContrato.NOMBRE_COL_ID);
int posNombreMarca=
    cursor.getColumnIndex(MarcasContrato.NOMBRE_COL_NOMBRE);
while (!cursor.isAfterLast()) {
    String numero=cursor.getString(posID);
    String marca=cursor.getString(posNombreMarca);
    Log.d("Marca:", numero+": "+marca);
    cursor.moveToNext();
}
cursor.close();
```

## 2.13 Ejercicio: ampliación de la BD

Ampliar la base de datos para que exista una tabla “Modelos” que incluya un par de modelos de cada marca (tiene que haber claves ajenas).

- Marca: Ford, Modelo: Focus
- Marca: Ford, Modelo: Mondeo
- Marca: Renault, Modelo: Megane
- Marca: Renault, Modelo: Kangoo

Hacer un programa que recupere todos los modelos de coche junto con sus marcas y los muestre en pantalla.

## 2.14 Solución a la ampliación de la BD

En primer lugar, habría que crear el SQL que permita tener la segunda tabla con la clave ajena:

```
create table marcas
(
    id integer primary key,
    nombre varchar(40)
);

insert into marcas values (1, "Ford");
insert into marcas values (2, "Renault");
```

```
create table modelos
(
    id_modelo integer primary key,
    id_marca integer,
    nombre varchar(40),
    foreign key (id_marca) references marcas (id)
);
insert into modelos values (1, 1, 'Focus');
insert into modelos values (2, 1, 'Mondeo');
insert into modelos values (3, 2, 'Megane');
insert into modelos values (4, 2, 'Kangoo');
```

En lugar de insertar todo el código SQL **se puede crear el archivo de base de datos en un ordenador** e insertarlo en el proyecto despues, por desgracia Android no ofrece un soporte cómodo para hacer esto, ya que una vez instalada la app tenemos que copiar el fichero de base de datos al terminal para despues abrirlo.

### 2.14.1 Creación dinámica del interfaz

Un problema fundamental en este ejercicio es que no sabemos a priori cuantos controles poner en la aplicación: **el interfaz se tiene que crear dinámicamente**

Supongamos que simplemente deseamos crear un ListView en el que se muestren simplemente los modelos de coche. Se pueden utilizar un par de clases útiles para conseguir lo que queramos de la forma siguiente:

- Metemos los nombres en un vector de Strings.
- Crearemos un fichero de layout para indicar como se mostrará cada modelo. Este layout debe tener un TextView (Android encontrará automáticamente el TextView y en él insertará cada nombre de modelo).
- Usamos la clase ArrayAdapter, que “convierte” cada elemento de nuestro *array* en un elemento del ListView. Le indicaremos el fichero de layout que debe crearse *para cada modelo individual*.
- Indicamos al ListView que use ese ArrayAdapter.

Para conseguir que la clase BD nos devuelve un vector de Strings le podemos añadir el siguiente método:

```
public String[] getArrayModelos() {
    String[] vectorResultado;
    SQLiteDatabase bd=this.getReadableDatabase();
    Cursor cursor=bd.rawQuery("select nombre from modelos", null);
    vectorResultado=new String[cursor.getCount()];
    cursor.moveToFirst();
    int pos=0;
    while (!cursor.isAfterLast()) {
        vectorResultado[pos]=cursor.getString(0);
        Log.d("D", cursor.getString(0));
    }
}
```

```

        cursor.moveToNext();
        pos++;
    }
    return vectorResultado;
}

```

Y para que ahora la Actividad cree el interfaz dinámicamente podemos hacer algo como esto:

```

protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_actividad_principal);

    /* Recuperamos los modelos */
    String[] modelosCoche=gestorBD.getArrayModelos();
    /* Cada modelo de coche se insertará en el fichero
     * de layout que tiene un textview donde
     * se pondrá el nombre del modelo */
    ArrayAdapter<String> adaptador=
        new ArrayAdapter<String>(this,
                                R.layout.modelo, R.id.tvNombreModelo,
                                modelosCoche);

    /* El Listview de nuestro interfaz cargará
     * los datos a partir de ese adaptador */
    ListView lvModelos=(ListView) this.findViewById(R.id.lvModelos);
    lvModelos.setAdapter(adaptador);
}

```

## 2.14.2 Respondiendo al evento click

Un problema que ocurre es que aunque alguien haga click en algún modelo no ocurre nada. Para conseguir que la actividad procese el evento podemos hacer que la actividad implemente el interfaz `AdapterView.OnItemClickListener`.

**Advertencia:** Al hacer esto debemos asegurarnos de poner a false el atributo `Focusable` de los controles. En concreto deberemos ir al fichero de layout que sirve de plantilla para cada control y si por ejemplo hay un `EditText` (que podría apoderarse del evento click) modificar su `Focusable` como hemos dicho. Se debe hacer esto para todos los controles.

```

protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_actividad_principal);

    /* Recuperamos los modelos */
    String[] modelosCoche=gestorBD.getArrayModelos();
    /* Cada modelo de coche se insertará en el fichero
     * de layout que tiene un textview donde
     * se pondrá el nombre del modelo */
    ArrayAdapter<String> adaptador=

```

```
        new ArrayAdapter<this,
                        R.layout.modelo, R.id.tvNombreModelo,
                        modelosCoche>;
        /* El Listview de nuestro interfaz cargará
        * los datos a partir de ese adaptador */
        ListView lvModelos=(ListView) this.findViewById(R.id.lvModelos);
        lvModelos.setAdapter(adaptador);
        /* Activar la gestión de eventos*/
        lvModelos.setOnItemClickListener(this);
    }
    public void onItemClick(AdapterView<?> padre, View control, int posicion,
                            long id) {
        Toast.makeText(this, "Click en "+posicion, Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }
}
```

Esto se muestra en el emulador de esta forma



### 2.14.3 Creación dinámica de controles avanzada

El `ArrayAdapter` es útil pero solo sirve cuando manejamos cadenas, lo cual es un dato simple. Sin embargo, si queremos representar algo más complejo (por ejemplo, el nombre de modelo y el código de modelo) se necesita una clase más avanzada, que además pueda recuperar datos directamente de un `Cursor`: la clase `SimpleCursorAdapter`

Esta clase espera que pasemos cuatro cosas: \* La clase padre: normalmente `this` \* Un vector con los nombres de las columnas que vamos a extraer de la consulta. \* Un vector con los `id` de recursos de controles donde se va a meter el valor de cada columna. \* Flags que puedan modificar el comportamiento de la clase (normalmente usaremos 0).

El problema principal es que esta clase **espera que nuestro cursor tenga algún campo llamado `_id`** que actúe como identificador así que tendremos que reescribir nuestro SQL y pasarlo de esto .. code-block:: sql

```
select id_modelo, nombre from modelos
```

a esto

```
select id_modelo as _id, nombre from modelos
```

Así que ahora un método que podría rellenar controles dinámicamente sería este:

```
public void rellenarControles() {
    SQLiteDatabase bd=gestorBD.getReadableDatabase();
    Cursor cursor=bd.rawQuery("select id_modelo as _id, nombre from modelos", null);
    String[] nombresColumnas={
        BaseColumns._ID,
        ModelosContrato.NOMBRE_COL_NOMBRE
    };
    int[] idTextViews={
        R.id.tvIdModelo,
        R.id.tvModelo
    };
    SimpleCursorAdapter adaptador=
        new SimpleCursorAdapter(this,
                                R.layout.modelos_avanzados, cursor,
                                nombresColumnas, idTextViews, 0);
    ListView lvModelos=(ListView) this.findViewById(R.id.lvModelos);
    lvModelos.setAdapter(adaptador);
    lvModelos.setOnItemClickListener(this);
}
```

**Advertencia:** El código para cargar datos o crear controles puede ser lento y podría llegar a bloquear el interfaz. Es recomendable delegar todo el código que pueda ser lento a una `AsyncTask`

## 2.15 Servicios en dispositivos móviles.

## 2.16 Proveedores de contenido.

Para poder echar un vistazo a un proveedor de contenidos muy utilizado, el de los contactos necesitaremos crear algunos contactos de prueba. Para leer desde proveedores de contenidos puede ser necesario activar permisos en el `AndroidManifest.xml`. Por ejemplo, para poder leer contactos es necesario el permiso `READ_CONTACTS`

### 2.16.1 Fundamentos

Un proveedor de contenidos es una clase Java que permite acceder a datos **como si esos datos estuvieran en una tabla** (aunque no estén). Para acceder a estos datos *se necesita la URI correcta* que habrá que buscar en la documentación.

Una URI es más o menos como una tabla. Se podrán acceder a sus datos haciendo “consultas”, cuyos resultados podremos recorrer con un cursores y extraer los campos que deseemos.

### 2.16.2 Un ejemplo

La siguiente clase accede a diversa información de contactos. La URI de contactos es algo como “content://com.android.contacts/data”.

Sin embargo, poner la URI directamente como un String es muy arriesgado, ya que la URI puede cambiar. Para evitar esto Android ofrece clases con constantes que permiten que nuestro código acceda a URIs sin que tengamos que preocuparnos por problemas futuros debidos a cambios en la URI. En Android la URI para los contactos es `ContactsContract.Data.CONTENT_URI`.

Esta “tabla” tiene diversos campos, que podemos extraer mediante sus “nombres de contrato”, es decir constantes que nos protegen contra posibles cambios de nombre de campo que pueda haber en el futuro.

Un problema que ocurre a menudo es que la estructura de los proveedores de contenido puede ser muy extraña. Por ejemplo, a nivel interno, Android ofrece en esta tabla de datos filas para cada trozo de información de un contacto. Es decir, si hay un contacto llamado “Pepe Perez” con teléfono “555-123456”, **veremos dos filas**, una para cada trozo.

Al recorrer la tabla de datos podemos examinar la columna `MIMETYPE`, que nos dirá lo que hay almacenado en `DATA1`, la columna que contiene la información relevante. En realidad hay alias que ofrecen nombres más significativos que `DATA1`, pero aún así no se debe olvidar consultar el `MIMETYPE`.

El ejemplo siguiente extrae todos los “trozos de datos” y nos muestra solo los email.

```
public class GestorContactos {
    Uri uriContactos;
    public GestorContactos(ContentResolver cr){
```



```

uriContactos=
    ContactsContract.Data.CONTENT_URI;
Log.d("DEBUG", "Gestor contactos construido");
Log.d("DEBUG", "La URI es:" +
    uriContactos.toString());

String[] campos={
    ContactsContract.Data.DISPLAY_NAME
};
Cursor cursor=
    cr.query(uriContactos, campos,
        null, null, null);

int numDatos=cursor.getCount();
Log.d("DEBUG", "Num datos:" +
    numDatos);
cursor.moveToFirst();
while (!cursor.isAfterLast()) {
    int posData1=
        cursor.getColumnIndex(
            ContactsContract.Data.DA

    int posTipo=
        cursor.getColumnIndex(
            ContactsContract.Data.MI
        );

    String tipo=
        cursor.getString(posTipo);

    if (
        tipo.equals(ContactsContract.CommonDataKinds.Ema
    {
        String data1=cursor.getString(posData1);
        Log.d("DEBUG",
            "El data 1/email:"+data1);
    }
    cursor.moveToNext();
}
}
}

```

Otra forma de acceder a la información es la siguiente:

## 2.17 Ejercicio: proveedor de diccionario

Sabiendo que Android ofrece un proveedor para el diccionario del usuario, añadir algunas palabras a dicho diccionario.

## 2.17.1 Solución al diccionario

En realidad la clase `UserDictionary.Words` ofrece un método `addWord` que resuelve esta tarea. Sin embargo, probaremos a hacerlo manejando directamente el proveedor de contenidos. En concreto, para poder insertar valores se tiene que hacer uso de otra clase llamada `ContentValues`, dentro de la cual se pondrá la información que se desea almacenar en el proveedor.

La clase `UserDictionary.Words` requiere pasar lo siguiente:

- La palabra a incluir en el diccionario.
- La frecuencia con la que pensamos que aparece, siendo 1 el valor “muy poco probable que aparezca” y el 255 el “aparece con mucha frecuencia”.
- A partir de la versión 16 de Android el programador puede, si lo desea, pasar un “atajo” es decir, una abreviatura que Android luego puede expandir automáticamente.

El código siguiente ilustra como insertar un valor:

```
public class GestorDiccionario {
    ContentResolver cr;
    Uri uriDiccionario;
    public GestorDiccionario(ContentResolver cr){
        this.cr=cr;
        uriDiccionario=android.provider.UserDictionary.Words.CONTENT_URI;
        Log.d("DEBUG", "La URI es:"+uriDiccionario.toString());
    }
    public void insertarPalabra(String palabra, String atajo){
        /* Este objeto "empaqueta" los valores que queremos
        * insertar en una URI
        */
        ContentValues objetoValores=new ContentValues();
        /* La frecuencia puede ir de 1 a 255 (siendo el 255 "muy frecuente"
        * En principio suponemos que nuestra palabra es poco frecuente
        */
        objetoValores.put(UserDictionary.Words.FREQUENCY, 1);
        objetoValores.put(UserDictionary.Words.WORD, palabra);
        /* Los atajos solo se pueden insertar a partir
        * de la version 16 de Android
        */
        if (Build.VERSION.SDK_INT>=16)
        {
            objetoValores.put(UserDictionary.Words.SHORTCUT, atajo);
        }
        cr.insert(uriDiccionario, objetoValores);
    }
}
```

## 2.18 Gestión de recursos y notificaciones.

## 2.19 Técnicas de animación y sonido.

A partir de su versión 3 (API 11) Android ofrece una enorme variedad de posibilidades para animar elementos. Aunque se puede hacer desde código, el método recomendado es usar XML. Una animación definida en XML puede aplicarse a cualquier elemento.

Una animación puede ser de tres tipos:

1. Animación de un valor: elemento `<animator>`
2. Animación de un objeto: elemento `<objectAnimator>`
3. Agrupamiento de animaciones de valor o de objeto: elemento `<set>`

La animación de un valor es tan simple como esto en Java:

```
ValueAnimator animacion = ValueAnimator.ofInt(100,200)
animacion.setDuration(1000);
animacion.start();
```

O en XML:

```
<animator android:valueFrom="100"
    android:valueTo="200"
    android:duration="1000">
</animator>
```

Las animaciones XML se almacenarán en el directorio `res/animator/<nombre_archivo>.xml`. Un problema es que la animación de un valor no hace nada: **hay que implementar listeners**. Si nuestra clase implementa el interfaz `ValueAnimator.AnimatorUpdateListener` y de él implementa el método `onAnimationUpdate(ValueAnimator animacion)`, este método se ejecutará automáticamente cada vez que toque “mostrar un nuevo cuadro de animación”. Este problema se resuelve con los `ObjectAnimator`

### 2.19.1 Ejercicio: contador

Implementa un programa que tenga un botón y un cuadro de texto con un número. Cuando el usuario haga click en el botón el contador irá de 0 a 100. Usa animaciones de valores con XML.

La solución pasa por dar los siguientes pasos:

1. Crear el XML que defina la animación.
2. En algún punto del código “inflarla” (crear un objeto a partir del XML) e indicar un objeto que reciba las actualizaciones en la animación (un objeto que implemente el interfaz `AnimatorUpdateListener`).
3. Indicar en una clase el `implements AnimatorUpdateListener`

4. Implementar el método `onAnimationUpdate`.

Fabriquemos el XML

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<animator
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:valueFrom="0"
    android:valueTo="100"
    android:valueType="intType"
    android:duration="1500"
    >
</animator>
```

La animación se “infla” así:

```
public void animarNumero(View control){
    Toast mensaje=Toast.makeText(this,
                                "Boton pulsado", Toast.LENGTH_SHORT);
    mensaje.show();
    if (Build.VERSION.SDK_INT>=11){
        ValueAnimator animador=
            (ValueAnimator)
                AnimatorInflater.loadAnimator
                    (
                        this, R.animator.animador_contador
                    );
        animador.addUpdateListener(this);
        animador.start();
    }
}
```

Al comienzo de nuestra clase pondremos .. code-block:: java

```
implements AnimatorUpdateListener
```

E implementaremos el método siguiente:

```
public void onAnimationUpdate(
    ValueAnimator animador) {
    Integer valorActual=(Integer)
        animador.getAnimatedValue();
    txtNumero.setText(
        valorActual.toString()
    );
}
```

## 2.20 Imagenes y fotos

En primer lugar, para usar la cámara deberemos añadir esto al `AndroidManifest.xml`. Si estamos probando nuestros programas con un emulador también debemos asegurarnos de

que el emulador tiene una, aunque sea emulada. También es posible que el emulador exija disponer de una tarjeta SD, por lo que pondremos una (y también daremos el permiso WRITE\_EXTERNAL\_STORAGE). El código para el AndroidManifest.xml es este.

```
<uses-feature android:name="android.hardware.camera"
              android:required="true" />
<uses-sdk...>
```

Esto hará que la aplicación solo se pueda utilizar en dispositivos que tengan cámara (la mayoría). Dado que Android permite “reutilizar” trabajo mediante los Intent lo que haremos será lanzar la aplicación de cámara, la cual nos devolverá una imagen. El objetivo final es insertar la imagen tomada dentro de un control ImageView, que permite cargar gráficos.

El código es más o menos el siguiente:

```
Uri uriAlmacenado;
public void tomarFoto(View control) throws IOException{
    int CODIGO_PETICION_FOTO=10;

    /* Actividad que pretendemos lanzar*/
    Intent intento=new Intent(MediaStore.ACTION_IMAGE_CAPTURE);
    /* Obtenemos un "gestor de paquetes" que
     * nos pueda decir si hay software de
     * captura de fotos
     */
    PackageManager gestorPaquetes=
        this.getPackageManager();
    if (intento.resolveActivity(gestorPaquetes)==null){
        /* !No hay software de captura!*/
        return ;
    }
    /* Averiguamos el directorio donde guardar las fotos*/
    File directorio=
        Environment.getExternalStoragePublicDirectory(
            Environment.DIRECTORY_PICTURES);

    /* Si ya existía lo sobreescribiremos*/
    String nombreArchivo="fotodeprueba";
    ficheroTemp=File.createTempFile(
        nombreArchivo, ".jpg",
        directorio);

    String ruta="file:"+ficheroTemp.getAbsolutePath();
    uriAlmacenado=Uri.fromFile(ficheroTemp);
    intento.putExtra(
        MediaStore.EXTRA_OUTPUT,
        Uri.fromFile(ficheroTemp)
    );
    /* Si llegamos aquí es porque se puede
     * tomar una foto. Lanzamos la actividad */
    this.startActivityForResult(
        intento, CODIGO_PETICION_FOTO);
}
```

```
@Override
protected void onActivityResult(int codigo_pet,
    int codigo_resultado, Intent intento) {
    if ((codigo_pet==10) && (codigo_resultado==RESULT_OK) ){
        ImageView controlImagen;
        controlImagen=(ImageView) findViewById(R.id.imgFotoTomada);

        String ruta=uriAlmacenado.getPath();
        Bitmap imagen=BitmapFactory.decodeFile(ruta);
        controlImagen.setImageBitmap(imagen);
        Toast.makeText(this, "Imagen tomada", Toast.LENGTH_SHORT).show()
    }
    ficheroTemp.delete();
}
```

**public void tomarFoto(View control) throws IOException{**

int CODIGO\_PETICION\_FOTO=10;

/\* Actividad que pretendemos lanzar\*/ Intent intento=new Intent(MediaStore.ACTION\_IMAGE\_CAPTURE); /\* Obtenemos un “gestor de paquetes” que

- nos pueda decir si hay software de

- captura de fotos

\*/

**PackageManager gestorPaquetes= this.getPackageManager();**

**if (intento.resolveActivity(gestorPaquetes)==null){** /\* !No hay software de captura!\*/ return ;

} /\* Averiguamos el directorio donde guardar las fotos\*/ File directorio=

**Environment.getExternalStoragePublicDirectory(**  
**Environment.DIRECTORY\_PICTURES);**

/\* Si ya existía lo sobrescribiremos\*/ String nombreArchivo=”fotodeprueba”; ficheroTemp=File.createTempFile(

nombreArchivo,”.jpg”, directorio);

String ruta=”file:”+ficheroTemp.getAbsolutePath(); uriAlmacenado=Uri.fromFile(ficheroTemp); intento.putExtra(

MediaStore.EXTRA\_OUTPUT, Uri.fromFile(ficheroTemp)

); /\* Si llegamos aquí es porque se puede

- tomar una foto. Lanzamos la actividad \*/

**this.startActivityForResult( intento,**  
**GO\_PETICION\_FOTO);**

**CODI-**

```

    }

    @Override protected void onActivityResult(int codigo_pet,
        int codigo_resultado, Intent intento) {

        if ((codigo_pet==10) && (codigo_resultado==RESULT_OK) ){
            ImageView controlImagen; controlImagen=(ImageView)
            findViewById(R.id.imgFotoTomada);

            String ruta=uriAlmacenado.getPath();    Bitmap ima-
            gen=BitmapFactory.decodeFile(ruta);        controlIma-
            gen.setImageBitmap(imagen); Toast.makeText(this, "Imagen
            tomada", Toast.LENGTH_SHORT).show();

            } ficheroTemp.delete();
        }
    }
}

```

Es importante saber lo siguiente:

- El fichero siempre tiene el mismo nombre, así que nos arriesgamos a sobrescribir el fichero. De todas formas no es algo demasiado importante, ya que el fichero se guarda automáticamente en la galería. Sin embargo, si deseamos crear varios ficheros seguidos habría que utilizar algún sistema para no tener siempre el mismo nombre (tal vez algo como “foto1”, “foto2”, etc...)
- El emulador falla a menudo: es recomendable crear uno desde cero que tenga la cámara (emulada al menos) y que tenga una tarjeta SD.
- No hay que olvidar activar los permisos.
- Es responsabilidad del programador saber cuáles son sus archivos (tal vez apuntando sus nombres en una base de datos).
- Cargar imágenes consume mucha memoria y a veces demasiada, lo que puede dar lugar a excepciones. Se puede mejorar mucho el consumo cargando una imagen escalada. Averigua como hacerlo (Pista: usa `BitmapOptions`).

## 2.20.1 Solución al escalado

Por desgracia al cargar una imagen es muy posible que obtengamos un error, ya que las imágenes suelen consumir muchísima memoria. Por ello, antes de cargar una imagen usaremos objetos del tipo `BitmapFactory.Options` en la cual haremos un *preprocesado*.

Este preprocesado consistirá en averiguar el tamaño de la imagen y compararlo con el tamaño del control donde queremos insertar la imagen. Como normalmente el control será mucho más pequeño solicitaremos a Android que cargue una imagen **a escala** lo que reduce muchísimo el consumo de RAM.

El código es más o menos el siguiente:

```
private Bitmap cargarImagen(String rutaFoto) {
    Bitmap imagen=null;
    BitmapFactory.Options opciones;
    opciones=new BitmapFactory.Options();
    /* Activamos el cálculo del tamaño para
     * poder trabajar antes de cargar
     */
    opciones.inJustDecodeBounds=true;
    /* Esto todavía no carga la imagen*/
    BitmapFactory.decodeFile(rutaFoto, opciones);
    /* Averiguamos la anchura y altura*/
    int altura=opciones.outHeight;
    int anchura=opciones.outWidth;
    String mensaje="Ancho:"+anchura+
        " altura:"+altura;
    ImageView img=(ImageView)
        this.findViewById(R.id.imageView1);
    /* Calculamos una escala de reducción (ojo, esto es muy aproximado)*/
    int escala=Math.round(
        anchura/img.getWidth()
    );
    /* Y ahora sí cargamos la imagen*/
    opciones.inSampleSize=escala;
    opciones.inJustDecodeBounds=false;
    imagen=BitmapFactory.decodeFile(
        rutaFoto, opciones);
    img.setImageBitmap(imagen);
    return imagen;
}
```

## 2.21 Vídeos

El proceso de captura de vídeos es bastante parecido. Un nuevo control que usaremos en este punto es `VideoView` que permite mostrar vídeo en pantalla. Además, los vídeos van por defecto a la galería por lo que no es necesario indicar tantos parámetros como con las fotos. El código sería más o menos así:

```
public void capturarVideo(View control){
    Intent intento=new Intent
        (MediaStore.ACTION_VIDEO_CAPTURE);
    startActivityForResult(intento, 20);
}

@Override
protected void onActivityResult(int peticion,
    int respuesta, Intent intento) {
    // TODO Auto-generated method stub
    if (peticion==20){
```



```
        if (respuesta==RESULT_OK) {
            Uri video=intento.getData();
            VideoView vid=
                (VideoView) findViewById(R.id.vidMuestra);
            vid.setVideoURI(video);
            vid.start();
        }
    }
}
```

## 2.22 Localización

A la hora de usar servicios de localización, Android ofrece dos posibilidades:

1. Cálculo de localización basado en la red: la posición puede ser menos exacta, pero se consume mucha menos batería.
2. Cálculo basado en las coordenadas GPS: es mucho más preciso pero la batería se agota más rápidamente.

La clave para acceder al servicio está en lo siguiente:

- Objeto `LocationManager`, se obtiene llamando a `getSystemService`
- Interfaz `LocationListener`: es el que deben respetar los objetos que esperen ser avisados de cambios en la posición.
- Proveedores disponibles: el terminal puede tener la posibilidad de acceder a coordenadas

## 2.23 Contexto gráfico. Imágenes.

### 2.23.1 ¿Qué es OpenGL?

- Android 1.0 solo soportaba OpenGL 1.0.
- Android 2.2 (API 11) soportaba OpenGL 2.0.
- Android 4.3 (API 18) soportaba OpenGL 3.0.
- Android 5.0 (API 21) soporta OpenGL 3.1.

Para poder usar OpenGL el hardware debe proporcionar soporte, por lo que no todos los Android 4.4 (por ejemplo) permitirán usar gráficos OpenGL.

### 2.23.2 Usando OpenGL

En primer lugar se debe añadir al `AndroidManifest` esta línea, (por ejemplo, justo encima de `<application>`):

```
<uses-feature android:glEsVersion="0x00020000" android:required="true" />
```

En segundo lugar vamos a necesitar dos objetos

1. En algún punto del interfaz se debe añadir un objeto de la clase `GLSurfaceView`. Los gráficos se dibujarán en este objeto. A este objeto lo llamaremos “Superficie”.
2. Se debe programar una clase que herede de `GLSurfaceView.Renderer`. Esta clase será la encargada de dibujar en la superficie definida antes. A este objeto lo llamaremos “Renderer”.

Empecemos por crear una clase Java como la que mostramos aquí. Esta será nuestra superficie:

```
import android.content.Context;
import android.opengl.GLSurfaceView;
import android.util.AttributeSet;

public class VistaGL extends GLSurfaceView {
    public VistaGL(Context context, AttributeSet attrs) {
        super(context);
    }
}
```

Ahora creamos el objeto encargado de realizar los dibujos:

```
import javax.microedition.khronos.egl.EGLConfig;
import javax.microedition.khronos.opengles.GL10;

import android.opengl.GLES20;
import android.opengl.GLSurfaceView;

public class Dibujador implements GLSurfaceView.Renderer {
    @Override
    public void onSurfaceCreated(GL10 gl, EGLConfig config) {
    }
    @Override
    public void onSurfaceChanged(GL10 gl, int ancho, int alto) {
    }
    @Override
    public void onDrawFrame(GL10 gl) {
    }
}
```

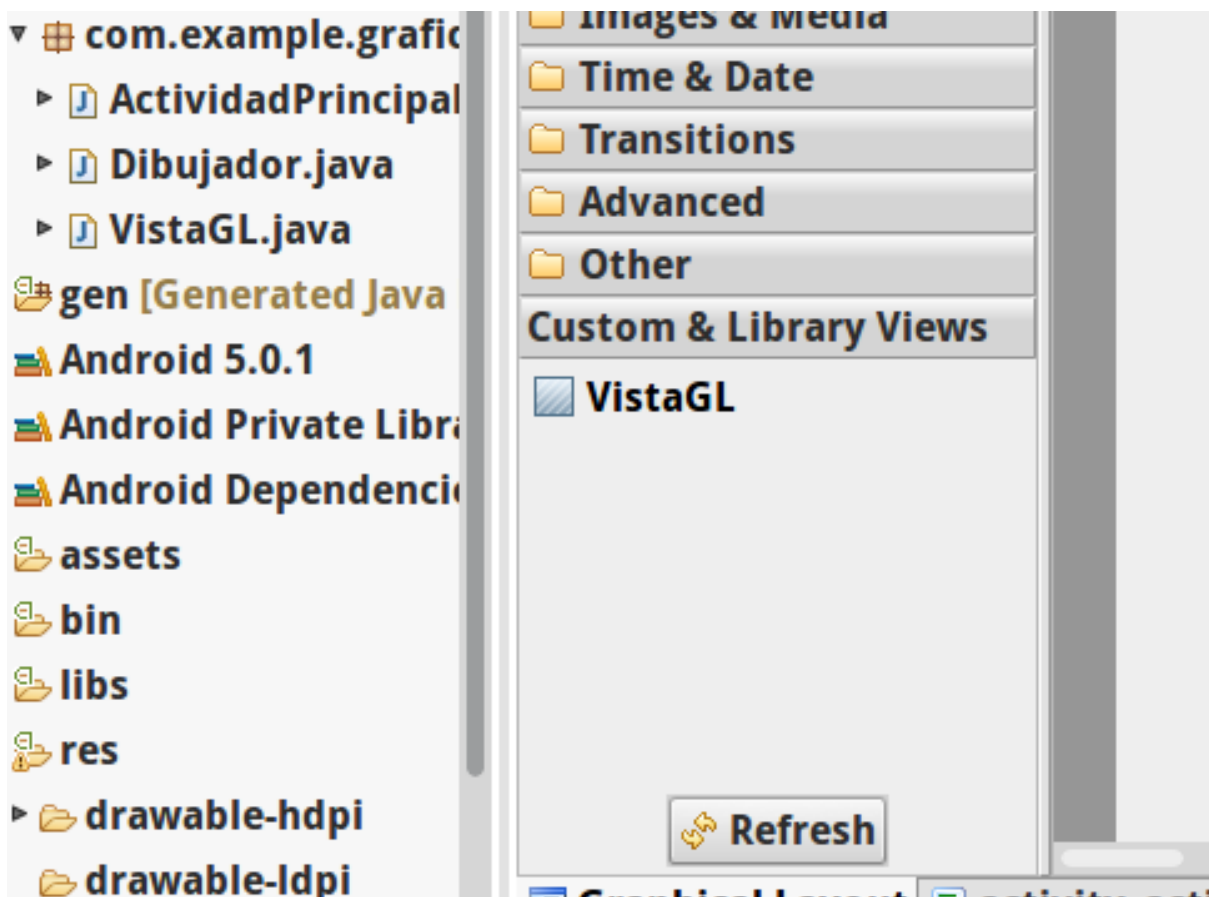
Toda clase que implemente el interfaz `GLSurfaceView.Renderer` tiene que implementar esos tres métodos:

1. El método `onSurfaceCreated` se ejecutará una sola vez, al crear la superficie.
2. El método `onSurfaceChange` se ejecutará cuando haya algún cambio en la geometría de la superficie (habitualmente si rotamos la pantalla).
3. El método `onDrawFrame` se ejecuta continuamente (será aquí donde implementemos cambios en el dibujo, animaciones etc...)

Ahora hay que indicar a la superficie qué objeto se va a encargar de hacer los dibujos. Modificamos el código de la superficie:

```
public class VistaGL extends GLSurfaceView {
    Dibujador dibujador;
    public VistaGL(Context context, AttributeSet attrs) {
        super(context);
        dibujador=new Dibujador();
        this.setRenderer(dibujador);
    }
}
```

Aún no hemos añadido nada al interfaz de nuestra aplicación. Nuestra clase `VistaGL` puede añadirse como si fuera un control más, solo tenemos que revisar Eclipse y veremos que nuestra clase es seleccionable y se puede añadir, como si fuera un objeto predeterminado. Si no está pulsaremos el botón “Refresh”.



### 2.23.3 Dibujando algo

Nuestro “Dibujador” de momento va a hacer bastante poco. Se limitará a “borrar” la “pantalla” (nuestra vista) y rellenarla con un color cualquiera.

Los colores se crean mezclando cantidades de rojo, verde y azul en cantidades que van desde 0.0f (nada de ese color) hasta 1.0f (el máximo de ese color). También hay que indicar como

de transparente va a ser ese color, lo que se denomina “canal alfa” y va desde 0.0f (no es transparente) hasta 1.0f (completamente transparente).

El patrón de trabajo será el siguiente:

1. Cuando se cree la superficie, la borramos rellenando con un color que será el “color de fondo”.
2. Cuando la superficie se redibuje, redibujamos de acuerdo a las coordenadas que se nos indiquen. Normalmente se redibuja a partir de la coordenada (0,0), no dibujaremos nada desplazado.
3. Cuando toque dibujar un nuevo frame, indicaremos que se redibuje lo que hubiera en el buffer (que es el color de borrado inicial).

```
public class Dibujador implements GLSurfaceView.Renderer {  
    @Override  
    public void onSurfaceCreated(GL10 gl, EGLConfig config) {  
        GLES20.glClearColor(0.5f, 0.5f, 0.5f, 0.0f);  
    }  
    @Override  
    public void onSurfaceChanged(GL10 gl, int ancho, int alto) {  
        GLES20.glViewport(0,0, ancho, alto);  
    }  
    @Override  
    public void onDrawFrame(GL10 gl) {  
  
    }  
}
```

### 2.23.4 Conceptos matemáticos

Un eje de coordenadas típico sería así (imagen tomada del [sitio web Open.gl](http://www.open.gl) )

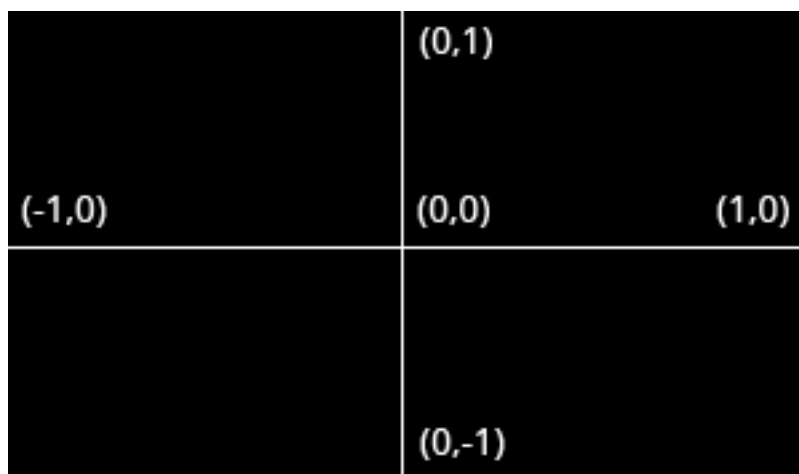


Figura 2.6: Ejes de coordenadas

Si quisiéramos dibujar un triángulo podríamos hacerlo de esta forma:

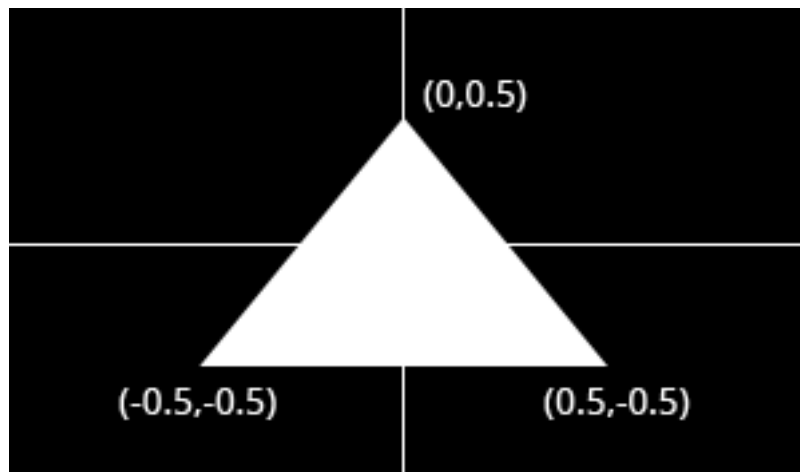


Figura 2.7: Un triángulo dibujado

Dado que en OpenGL *todo es un triángulo* podemos pedirle al sistema que nos dibuje un triángulo como el indicado. Para ello, hay que indicar las coordenadas de cada vértice. Sin embargo, OpenGL trabaja con un sistema de coordenadas en 3D, por lo que habrá que tener en cuenta también la coordenada Z. El siguiente dibujo ayuda a ilustrar como funciona:

Por desgracia, aparte de la geometría, OpenGL es un sistema enormemente complejo, donde dibujar una figura requiere dar varios pasos. El siguiente dibujo (tomado de <http://www.open.gl>) ilustra el funcionamiento:

Es decir, que dibujar un gráfico completo puede implicar estos pasos

1. Indicar los vértices
2. Indicar las líneas que lo componen.
3. Indicar

## 2.24 Eventos del teclado.

## 2.25 Descubrimiento de servicios.

## 2.26 Persistencia.

## 2.27 Modelo de hilos.

Tenemos varias clases para trabajar en segundo plano \* `AsyncTask`: se usa si el hilo en segundo plano necesita modificar el interfaz de usuario. \* `Interfaz Runnable`: usada cuando no hay que modificar el interfaz de usuario.

Si se necesita trabajar con tareas temporizadas, es decir que se ejecuten cada x milisegundos se puede usar la clase `TimerTask` y heredar de ella.

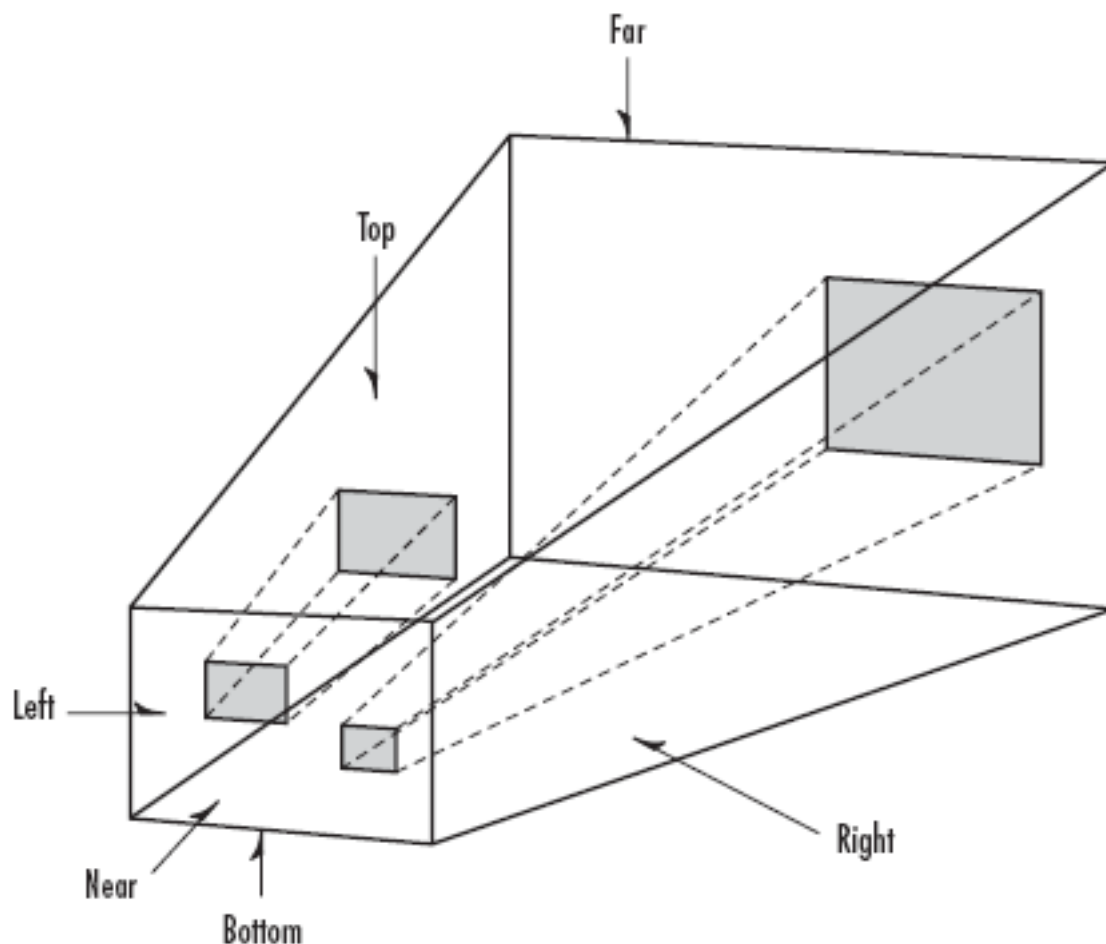


Figura 2.8: La perspectiva en 3D

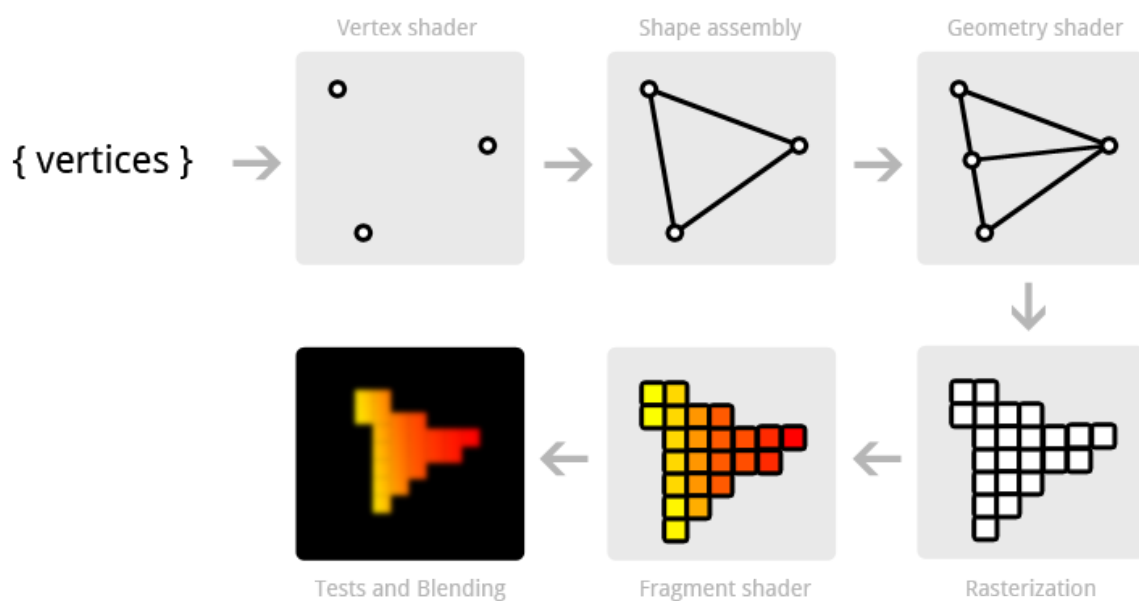


Figura 2.9: Un cauce OpenGL

Por desgracia si se ejecutan tareas periódicamente puede que sin querer las lancemos demasiado deprisa y las tareas se acumulen porque el sistema operativo no da abasto a dar servicio a los hilos. En ese caso, la aplicación se colgará en poco tiempo.

Problema: ¿como conseguir que un proceso se ejecute continuamente, manejando distintos datos entre una ejecución y otra y sin caer en la trampa de lanzar demasiados procesos?

Objeción: ¿por qué no usar un `while (true)` con un `sleep` dentro del bucle?. Los bucles `while(true)` obligan al procesador a trabajar para procesar el bucle (aunque sabemos que a veces estará detenido). Técnicamente la solución funcionaría pero gastamos la batería del usuario sin necesidad.

La solución no tendrá demasiada precisión temporal pero al menos logrará ejecutar tareas continuamente creando solamente un hilo nuevo cada vez. Por ejemplo, supongamos que necesitamos descargar un dato de un sitio web con una periodicidad aproximada de 5000 milisegundos. El código siguiente ilustra el “truco”:

```

/* Este objeto permite programar el inicio
de una tarea*/
Handler gestorTareas=new Handler();
/* Este hilo se dedicará a descargar el
dato y no sabemos si tardará 1 segundo ahora
y 20 al siguiente, o si tardará 2 ahora y 1
la próxima vez*/
HiloDescarga h=
    new HiloDescarga(
        "http://...",
        gestorTareas);
/* La tarea se ejecutará por primera
vez en 5000 milisegundos..*/
gestorTareas.postDelayed(h, 5000);
public class HiloDescarga
    implements Runnable {
        Handler gestorTareas;
        public HiloDescarga(
            String url,
            Handler gestorTareas){
            this.gestorTareas=gestorTareas;
        }
        @Override
        public void run() {
            /* Hacer algo que puede tardar mucho*/
            Log.d("Depurando",
                "Tardando....");
            gestorTareas.postDelayed(
                this, 5000);
        }
    }

```

**2.28 Comunicaciones: clases asociadas. Tipos de conexiones.**

**2.29 Gestión de la comunicación inalámbrica.**

**2.30 Seguridad y permisos.**

**2.31 Envío y recepción de mensajes texto.**

**2.32 Envío y recepción de mensajería multimedia. Sincronización de contenido.**

**2.33 Manejo de conexiones HTTP y HTTPS.**

**2.34 Empaquetado y despliegue de aplicaciones para dispositivos móviles.**

**2.35 Centros de distribución de aplicaciones.**

**2.36 Documentación de aplicaciones de dispositivos móviles.**



---

## Utilización de librerías multimedia integradas

---

**3.1 Conceptos sobre aplicaciones multimedia.**

**3.2 Arquitectura del API utilizado.**

**3.3 Fuentes de datos multimedia. Clases.**

**3.4 Datos basados en el tiempo.**

**3.5 Procesamiento de objetos multimedia. Clases. Estados, métodos y eventos.**

**3.6 Reproducción de objetos multimedia. Clases. Estados, métodos y eventos.**

**3.7 Depuración y documentación de los programas.**



---

## Análisis de motores de juegos:

---

### 4.1 Introducción: la biblioteca Gdx

En la actualidad existen diversos frameworks y bibliotecas para crear juegos, como por ejemplo

- AndEngine
- Unity
- DirectX
- OpenGL

En este curso se usará la biblioteca **LibGDX** para desarrollar pequeños juegos para plataformas Android.

### 4.2 Animación 2D y 3D.

El concepto de animación es bastante sencillo, ya que la idea base se reduce a mostrar un gráfico en pantalla, borrarlo y volver a dibujarlo en una posición ligeramente distinta. Si se hace a la velocidad suficiente se logra transmitir la sensación de movimiento. A estos gráficos animados se les denomina *sprites*. Normalmente la animación implica varias cosas

- Se debe tener presente el tiempo: normalmente un gráfico animado evoluciona a lo largo del tiempo.
- Una cosa es el gráfico mostrado en pantalla y otro el rectángulo que lo encierra. Normalmente, los motores gráficos separan dichos conceptos y nos ofrecen una abstracción del tipo “Rectángulo” que incorpora método como “chocaCon(otroRectángulo)” que nos permiten *detectar colisiones*.
- Puede ser necesario almacenar muchos rectángulos que representen muchos objetos a mostrar en pantalla. Se debe utilizar una clase que permita recorrer rápidamente todos los posibles elementos a dibujar así como eliminarlos sin suponer una gran penalización de tiempo. La clase Java `Array` nos permitirá hacer esto. La clase `Array` se recorre mediante objetos `Iterator`.

- Un juego puede ejecutarse en dispositivos de distinta resolución. Sería útil disponer de un “mundo virtual” que tenga un tamaño que nos convenga y que luego la biblioteca se encargue de recalcular las coordenadas (LibGdx lo permite.)

## 4.3 Arquitectura del juego. Componentes.

### 4.3.1 Creación del proyecto

En LibGDX se crea el proyecto inicial mediante la herramienta `gdx-setup.jar`. Este programa crea un proyecto vacío de tipo Gradle que después podremos importar en Eclipse. Cabe destacar que LibGDX permite crear juegos multiplataforma, aunque aquí se trabajará solo con proyecto Android.

### 4.3.2 Recursos

Todos los recursos del juego (animaciones, sonidos), deben almacenarse en el directorio `assets` del proyecto. Después los gráficos se crearán mediante un constructor y los sonidos/músicas con un método

```
/* Carga de un gráfico */
Texture graficos=new Texture(Gdx.files.internal("sprites.png"));
/* Carga de un sonido o música */
Sound sonidoGota= Gdx.audio.newSound(Gdx.files.internal("gota.wav"));
Music musicaFondo=Gdx.audio.newMusic(Gdx.files.internal("musica.mp3"));
```

### 4.3.3 Camara

La cámara permite establecer un “tamaño de mundo virtual”, que es muy cómodo de manejar, ya que con ayuda de otra clase llamada `SpriteBatch` permite auto-adaptar el tamaño de los gráficos a la resolución real del dispositivo. La cámara usada en LibGDX se pone en marcha así:

```
sonidoGota= Gdx.audio.newSound(Gdx.files.internal("gota.wav"));
...
camara=new OrthographicCamera();
/*La y positiva no apunta hacia abajo
y el "mundo" mide 800x480*/
camara.setToOrtho(false, 800, 480);
```

### 4.3.4 Sonidos y música

Un sonido puede hacerse escuchar con el método `play()`. Una música puede ponerse en segundo plano sonando todo el tiempo con el método `setLooping(true)` y ejecutando después el método `play`.

### 4.3.5 Interacción con el usuario

Cuando el usuario toca la pantalla se tiene que procesar la posición donde toca, ya que si se está usando un “mundo virtual”, las coordenadas tienen que “volver a convertirse a coordenadas del mundo real”. Un método típico es actuar así:

```
if (Gdx.input.isTouched()) {
    /* Traduciendo a coordenadas "reales" */
    posicion=new Vector3();
    posicion.set(Gdx.input.getX(), Gdx.input.getY(), 0);
    camara.unproject(posicion);
}
```

### 4.3.6 Ejemplo completo

```
public class MyGdxGame extends ApplicationAdapter {
    SpriteBatch batch;
    Rectangle rCubo;
    Rectangle rGota;
    Texture imagenCubo, imagenGota;
    OrthographicCamera camara;
    Array<Rectangle> gotas;
    Vector3 posTocada;
    int ANCHURA=800;
    int ALTURA=480;
    Sound sonidoGota;
    long instanteUltimaGota=0;
    Music ruidoLluvia;
    Random generadorNumeros=new Random();

    public void generarGota() {
        int x=generadorNumeros.nextInt(800);
        int y=480;
        Rectangle rGota=new Rectangle();
        rGota.x=x;
        rGota.y=y;
        rGota.width=32;
        rGota.height=32;
        gotas.add(rGota);
    }

    public void create () {
        gotas=new Array<Rectangle>();
        sonidoGota=Gdx.audio.newSound(
            Gdx.files.internal("sonidogota.wav")
        );
        ruidoLluvia=Gdx.audio.newMusic(
            Gdx.files.internal("sonidolluvia.mp3")
        );
    }
}
```

```
        rCubo=new Rectangle();
        rCubo.x=200;
        rCubo.y=20;
        rCubo.width=32;
        rCubo.height=32;
        rGota=new Rectangle();
        rGota.x=300;
        rGota.y=440;
        rGota.width=32;
        rGota.height=32;
        ruidoLluvia.play();
        ruidoLluvia.setLooping(true);
        batch = new SpriteBatch();
        imagenCubo=new Texture(
            Gdx.files.internal("imagencubo.png")
        );
        imagenGota=new Texture(
            Gdx.files.internal("imagengota.png")
        );
        camara=new OrthographicCamera();
        camara.setToOrtho(false, ANCHURA, ALTURA);
        batch.setProjectionMatrix(camara.combined);
    }

    public void actualizarPosicionGotas() {
        Iterator<Rectangle> puntero=gotas.iterator();
        while (puntero.hasNext()) {
            Rectangle elemento=puntero.next();
            elemento.y=elemento.y-
                (200*Gdx.graphics.getDeltaTime());
            batch.draw(imagenGota,
                elemento.x, elemento.y);
            if (elemento.y<0) {
                puntero.remove();
            }
            if (elemento.overlaps(rCubo)) {
                sonidoGota.play();
                puntero.remove();
            }
        }
    }

    @Override
    public void render () {
        Gdx.gl.glClearColor(0.5f, 0.5f, 0.8f, 1);
        Gdx.gl.glClear(GL20.GL_COLOR_BUFFER_BIT);
        batch.begin();
        batch.draw(imagenCubo, rCubo.x, rCubo.y);
        actualizarPosicionGotas();
        batch.end();

        /* Si han pasado más de 500ms
```

```

        * desde la generación de la última
        * gota, generamos una nueva
        * y nos apuntamos el instante actual
        */
    long tiempoActual=TimeUtils.millis();
    long diferencia=tiempoActual-instanteUltimaGota;
    if ( diferencia>500 ) {
        this.generarGota();
        this.instanteUltimaGota=TimeUtils.millis();
    }

    if (Gdx.input.isTouched()) {
        posTocada=new Vector3();
        posTocada.x=Gdx.input.getX();
        posTocada.y=Gdx.input.getY();
        Vector3 posCorregida=
                                camara.unproject (posTocada);
        rCubo.x=posCorregida.x;
        if (rCubo.x>(ANCHURA-32)) {
            rCubo.x=(ANCHURA-32);
        }
    }
}
}

```

## 4.4 Hojas de sprites

La carga de ficheros individuales es un proceso muy lento para el móvil/tablet, por lo que suele ser mucho más efectivo cargar un solo fichero con todos los gráficos y luego “trocearlo” en memoria. Este proceso implica usar objetos TextureRegion mas o menos de esta forma:

```

public class Laberinto extends ApplicationAdapter {
    SpriteBatch batch;
    Texture ficheroHoja;
    TextureRegion hojaSprites;
    TextureRegion trozos[][];
    OrthographicCamera camara;
    @Override
    public void create () {
        camara=new OrthographicCamera();
        camara.setToOrtho(false, 800, 480);
        batch = new SpriteBatch();
        batch.setProjectionMatrix(camara.combined);
        ficheroHoja=new Texture(
                                Gdx.files.internal("hojasprites.png")
        );
        hojaSprites=new TextureRegion();
    }
}

```

```
        hojaSprites.setRegion(ficheroHoja);
        trozos=hojaSprites.split(32, 32);
    }
    public void dibujarFondoCésped() {
        for (int x=32; x<800-32; x=x+32) {
            for (int y=32; y<480-32; y=y+32) {
                batch.draw(trozos[2][6], x, y);
            }
        }
    }
    public void dibujarBordePiedra() {
        for (int x=0; x<800; x=x+32) {
            batch.draw(trozos[3][6], x, 0);
        }
    }
    @Override
    public void render () {
        Gdx.gl.glClearColor(1, 0, 0, 1);
        Gdx.gl.glClear(GL20.GL_COLOR_BUFFER_BIT);
        batch.begin();
        dibujarBordePiedra();
        dibujarFondoCésped();
        batch.end();
    }
}
```

## 4.5 Animaciones

Usando la clase `Animation` podemos crear animaciones. La clase `Animation` necesita dos cosas para ser construida:

- El tiempo que pasará entre frame y frame.
- Un vector de elementos `TextureRegion` que la animación irá reproduciendo.

A continuación se muestra como crear las animaciones de un juego sencillo:

```
public void crearAnimaciones() {
    TextureRegion[] cuadrosImagenAba=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenAba[0]=trozos[0][0];
    cuadrosImagenAba[1]=trozos[0][1];
    cuadrosImagenAba[2]=trozos[0][2];
    animAba=new Animation(
        intervaloAnimaciones,cuadrosImagenAba);
    TextureRegion[] cuadrosImagenIzq=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenIzq[0]=trozos[1][0];
    cuadrosImagenIzq[1]=trozos[1][1];
    cuadrosImagenIzq[2]=trozos[1][2];
}
```



```

animIzq=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenIzq);
TextureRegion[] cuadrosImagenDer=
    new TextureRegion[3];
cuadrosImagenDer[0]=trozos[2][0];
cuadrosImagenDer[1]=trozos[2][1];
cuadrosImagenDer[2]=trozos[2][2];
animDer=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenDer);
TextureRegion[] cuadrosImagenArr=
    new TextureRegion[3];
cuadrosImagenArr[0]=trozos[3][0];
cuadrosImagenArr[1]=trozos[3][1];
cuadrosImagenArr[2]=trozos[3][2];
animArr=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenArr);
}

```

## 4.6 Enemigos

Todos los enemigos de un juego suelen actuar de acuerdo a tres posibles comportamientos

- Movimientos cíclicos. Pueden ser más o menos complejos y/o fáciles de adivinar por el jugador.
- Enemigos perfectos, que persiguen al jugador a la perfección complicando muchísimo la dificultad del juego.
- Enemigos “lo bastante inteligentes”, como para hacer el juego atractivo sin caer en la dificultad excesiva.

En este curso manejaremos enemigos cíclicos. Supongamos un enemigo que traza un rectángulo siguiendo un trazado derecha-arriba-izquierda-abajo.

El código siguiente ilustra como crear este movimiento:

```

public class Enemigo {
    public int direccion;
    public final int ARRIBA=0;
    public final int ABAJO=1;
    public final int IZQUIERDA=2;
    public final int DERECHA=3;
    public int x_actual, y_actual;
    private int x0, y0, x1, y1;
    public Enemigo(int x0, int y0, int x1, int y1){
        this.x0=x0; this.y0=y0;
        this.x1=x1; this.y1=y1;
        this.x_actual=x0;
        this.y_actual=y0;
        this.direccion=DERECHA;
    }
}

```

```

    }
    public void avanzar() {
        if (this.direccion==DERECHA) {
            this.x_actual+=1;
            if (this.x_actual==this.x1) {
                this.direccion=ARRIBA;
            }
        }
        if (this.direccion==ARRIBA) {
            this.y_actual+=1;
            if (this.y_actual==this.y1) {
                this.direccion=IZQUIERDA;
            }
        }
        if (this.direccion==IZQUIERDA) {
            this.x_actual-=1;
            if (this.x_actual==this.x0) {
                this.direccion=ABAJO;
            }
        }
        if (this.direccion==ABAJO) {
            this.y_actual-=1;
            if (this.y_actual==this.y0) {
                this.direccion=DERECHA;
            }
        }
    }
}

```

## 4.7 Ejercicio: movimiento de enemigos

Crear enemigos que puedan moverse en L y en triángulo. Crear un juego en el que haya varios enemigos donde cada uno se mueva realizando distintos recorridos.

## 4.8 Movimiento del protagonista

La siguiente clase ilustra como puede moverse el protagonista de nuestro juego:

```

public class Protagonista {
    private float x_actual=0;
    private float y_actual=0;
    private float x_objetivo=0;
    private float y_objetivo=0;
    private float incr_x=0;
    private float incr_y=0;
    boolean enMovimiento=false;
    private int X_ES_EJE_MAYOR=0;
}

```

```

private int Y_ES_EJE_MAYOR=1;
public void moverseHacia(Vector3 pos){
    x_objetivo= pos.x;
    y_objetivo= pos.y;
    enMovimiento=true;
    calcularIncrementos();
}
public void calcularIncrementos(){
    float dif_x=(x_actual-x_objetivo);
    float dif_y=(y_actual-y_objetivo);
    float abs_dif_x=Math.abs(dif_x);
    float abs_dif_y=Math.abs(dif_y);
    if (abs_dif_x>abs_dif_y){
        if (dif_x>0){
            incr_x=1;
        } else {
            incr_x=-1;
        }
        incr_y=(y_actual-y_objetivo)
                / (x_actual-x_objetivo);
    } else {
        if (dif_y>0){
            incr_y=1;
        } else {
            incr_y=-1;
        }
        incr_x=(x_actual-x_objetivo)
                / (y_actual-y_objetivo);
    }
}
public int getX(){
    return (int) this.x_actual;
}
public int getY(){
    return (int) this.y_actual;
}
public void avanzar(){
    if (enMovimiento==false) return ;
    if ( (x_actual==x_objetivo) &&
        y_actual==y_objetivo) {
        enMovimiento=false;
        return ;
    }
    x_actual=x_actual+incr_x;
    if (x_actual>=x_objetivo){
        incr_x=0;
    }
    y_actual=y_actual+incr_y;
    if (y_actual>=y_objetivo){
        incr_y=0;
    }
}

```

```
    }  
}
```

En realidad este protagonista “traza una curva”, lo cual no es un movimiento muy correcto. Para poder mover correctamente el protagonista se necesitan varias cosas:

- Se necesita saber si el `incr_x` o el `incr_y` serán positivos o negativos.
- Se necesita calcular cuanto vale cada incremento **POR SEPARADO** si uno de ellos vale 1, el otro valdrá una fracción (como 0.33). Esto implica que si el muñeco avanza un paso en las x da solo un tercio de paso en las y.

Esta clase ilustra un movimiento mucho mejor.

```
public class Protagonista {  
    private float x_actual=0;  
    private float y_actual=0;  
    private float x_objetivo=0;  
    private float y_objetivo=0;  
    private float incr_x=0;  
    private float incr_y=0;  
    boolean enMovimiento=false;  
    private int X_ES_EJE_MAYOR=0;  
    private int Y_ES_EJE_MAYOR=1;  
    public void moverseHacia(Vector3 pos) {  
        x_objetivo= pos.x;  
        y_objetivo= pos.y;  
        enMovimiento=true;  
        calcularIncrementos();  
    }  
    public void calcularIncrementos() {  
        int signo_x=0, signo_y=0;  
        if (x_objetivo<x_actual) {  
            signo_x=-1;  
        } else {  
            signo_x=1;  
        }  
        if (y_objetivo<y_actual) {  
            signo_y=-1;  
        } else {  
            signo_y=1;  
        }  
        double dif_x=Math.abs(x_actual-x_objetivo);  
        double dif_y=Math.abs(y_actual-y_objetivo);  
        if (dif_x>dif_y) {  
            incr_x=1*signo_x;  
            incr_y=(float) ((dif_y/dif_x)*signo_y);  
        } else {  
            incr_y=1*signo_y;  
            incr_x=(float) ((dif_x/dif_y)*signo_x);  
        }  
    }  
}
```

```

public int getX(){
    return (int) this.x_actual;
}
public int getY(){
    return (int) this.y_actual;
}
public void avanzar(){
    if (enMovimiento==false) return ;
    float dif_x=Math.abs(x_actual-x_objetivo);
    float dif_y=Math.abs(y_actual-y_objetivo);
    if ( (dif_x<=0.5) && (dif_y<=0.5) ){
        enMovimiento=false;
        return ;
    }
    x_actual=x_actual+incr_x;
    y_actual=y_actual+incr_y;
}
}

```

Esta clase Laberinto.java contiene el código principal del juego tal y como lo tenemos:

```

public class Laberinto extends ApplicationAdapter {
    SpriteBatch batch;
    Texture ficheroHoja;
    TextureRegion hojaSprites;
    TextureRegion trozos[][];
    OrthographicCamera camara;
    Animation animAba, animArr, animIzq, animDer;
    float intervaloAnimaciones=0.1f;
    float tiempoTranscurrido;
    Enemigo enemigo;
    Protagonista protagonista;
    Vector3 posTocada, posFinal;
    @Override
    public void create () {
        protagonista=new Protagonista();
        posTocada=new Vector3();
        posFinal=new Vector3();
        camara=new OrthographicCamera();
        camara.setToOrtho(false, 800, 480);
        batch = new SpriteBatch();
        batch.setProjectionMatrix(camara.combined);
        ficheroHoja=new Texture(
            Gdx.files.internal("hojasprites.png")
        );
        hojaSprites=new TextureRegion();
        hojaSprites.setRegion(ficheroHoja);
        trozos=hojaSprites.split(32, 32);
        crearAnimaciones();
        crearEnemigos();
    }
}

```

```
public void crearEnemigos() {
    enemigo=new Enemigo(100,100, 350,350);
}
public void crearAnimaciones() {
    TextureRegion[] cuadrosImagenAba=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenAba[0]=trozos[0][0];
    cuadrosImagenAba[1]=trozos[0][1];
    cuadrosImagenAba[2]=trozos[0][2];
    animAba=new Animation(
        intervaloAnimaciones,cuadrosImagenAba);
    TextureRegion[] cuadrosImagenIzq=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenIzq[0]=trozos[1][0];
    cuadrosImagenIzq[1]=trozos[1][1];
    cuadrosImagenIzq[2]=trozos[1][2];
    animIzq=new Animation(
        intervaloAnimaciones,cuadrosImagenIzq);
    TextureRegion[] cuadrosImagenDer=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenDer[0]=trozos[2][0];
    cuadrosImagenDer[1]=trozos[2][1];
    cuadrosImagenDer[2]=trozos[2][2];
    animDer=new Animation(
        intervaloAnimaciones,cuadrosImagenDer);
    TextureRegion[] cuadrosImagenArr=
        new TextureRegion[3];
    cuadrosImagenArr[0]=trozos[3][0];
    cuadrosImagenArr[1]=trozos[3][1];
    cuadrosImagenArr[2]=trozos[3][2];
    animArr=new Animation(
        intervaloAnimaciones,cuadrosImagenArr);

}
public void dibujarFondoCesped() {
    for (int x=32; x<800-32; x=x+32) {
        for (int y=32; y<480-32; y=y+32) {
            batch.draw(trozos[2][6], x, y);
        }
    }
}
public void dibujarBordePiedra() {
    for (int x=0; x<800; x=x+32) {
        batch.draw(trozos[3][6], x, 0);
        batch.draw(trozos[3][6], x, 480-32);
    }
    for (int y=0; y<480;y=y+32) {
        batch.draw(trozos[3][6],0,y);
        batch.draw(trozos[3][6],800-32,y);
    }
}
```

```

    }

    public void dibujarHorizontal(TextureRegion img,
        int x0, int y0, int xfinal, int yfinal, int incr_x){
        for (int x=x0; x<xfinal; x=x+incr_x){
            batch.draw(img, x, y0);
        }
    }

    public void dibujarVertical(TextureRegion img,
        int x0, int y0, int xfinal, int yfinal, int incr_y){
        for (int y=y0; y<yfinal; y=y+incr_y){
            batch.draw(img, x0, y);
        }
    }

    public void dibujarEnemigos(float tiempo){
        enemigo.avanzar();
        TextureRegion cuadro=null;
        if (enemigo.direccion==enemigo.DERECHA){
            cuadro=animDer.getKeyFrame(tiempo, true);
        }
        if (enemigo.direccion==enemigo.IZQUIERDA){
            cuadro=animIzq.getKeyFrame(tiempo, true);
        }
        if (enemigo.direccion==enemigo.ABAJO){
            cuadro=animAba.getKeyFrame(tiempo, true);
        }
        if (enemigo.direccion==enemigo.ARRIBA){
            cuadro=animArr.getKeyFrame(tiempo, true);
        }
        batch.draw(cuadro,
            enemigo.x_actual, enemigo.y_actual);
    }

    public void dibujarProtagonista(){
        protagonista.avanzar();
        batch.draw(
            trozos[0][4],
            protagonista.getX(),
            protagonista.getY() );
    }

    @Override
    public void render () {
        tiempoTranscurrido+=
            Gdx.graphics.getDeltaTime();
        Gdx.gl.glClearColor(1, 0, 0, 1);
        Gdx.gl.glClear(GL20.GL_COLOR_BUFFER_BIT);
        batch.begin();
        dibujarBordePiedra();
        dibujarFondoCesped();
        dibujarHorizontal(trozos[1][6], 64,64, 640,64, 32);
        dibujarVertical(trozos[1][6], 64,64, 64,320, 32);
        dibujarEnemigos(tiempoTranscurrido);
    }

```

```
dibujarProtagonista();
batch.end();

if (Gdx.input.isTouched()) {
    posTocada=new Vector3();
    posTocada.x=Gdx.input.getX();
    posTocada.y=Gdx.input.getY();
    posFinal=camara.unproject(posTocada);
    protagonista.moveHacia(posFinal);
}
}
```

## 4.9 Ampliación: baldosas y obstáculos

En nuestro juego necesitamos tener obstáculos que impidan al jugador moverse y baldosas, las cuales al ser pisadas desaparecen. El objetivo del protagonista es pisar todas las baldosas para avanzar en el juego.

### 4.9.1 Clase Laberinto

```
public class Laberinto extends ApplicationAdapter {
    private final int ANCHO=800;
    private final int ALTO=480;
    SpriteBatch batch;
    Texture ficheroHoja;
    TextureRegion hojaSprites;
    TextureRegion trozos[][];
    Escenario escenario;
    OrthographicCamera camara;
    Animation animAba, animArr, animIzq, animDer;
    float intervaloAnimaciones=0.1f;
    float tiempoTranscurrido;
    Enemigo enemigo;
    Protagonista protagonista;
    Vector3 posTocada, posFinal;
    @Override
    public void create () {
        protagonista=new Protagonista(32,32);
        posTocada=new Vector3();
        posFinal=new Vector3();
        camara=new OrthographicCamera();
        camara.setToOrtho(false, 800, 480);
        batch = new SpriteBatch();
        batch.setProjectionMatrix(camara.combined);
        ficheroHoja=new Texture(
            Gdx.files.internal("hojasprites.png")
        );
    }
}
```



```

);
hojaSprites=new TextureRegion();
hojaSprites.setRegion(ficheroHoja);
trozos=hojaSprites.split(32, 32);
crearAnimaciones();
crearEnemigos();
crearEscenario();
}
public void crearEscenario(){
    escenario=new Escenario();
    /* Se añade el cesp ed*/
    for (int x=0; x<ANCHO; x=x+32){
        for (int y=0;y<ALTO; y=y+32){
            Rectangle r=new Rectangle();
            r.x=x;
            r.y=y;
            r.height=32;
            r.width=32;
            TextureRegion cesp ed=trozos[2][6];
            escenario.addDecorado(r, cesp ed);
        }
    }
    for (int x=100;x<300; x=x+32){
        Rectangle r=new Rectangle();
        r.x=x;
        r.y=150;
        r.height=32;
        r.width=32;
        TextureRegion seto=trozos[1][6];
        escenario.addObstaculo(r, seto);
    }
    Rectangle rBaldosa1=new Rectangle();
    rBaldosa1.x=150;
    rBaldosa1.y=220;
    rBaldosa1.width=32;
    rBaldosa1.height=32;
    escenario.addBaldosa(rBaldosa1, trozos[3][6]);
    Rectangle rBaldosa2=new Rectangle();
    rBaldosa2.x=450;
    rBaldosa2.y=220;
    rBaldosa2.width=32;
    rBaldosa2.height=32;
    escenario.addBaldosa(rBaldosa2, trozos[3][6]);

}
public void crearEnemigos(){
    enemigo=new Enemigo(100,100, 350,350, 32,32);
}
public void crearAnimaciones(){
    TextureRegion[] cuadrosImagenAba=

```

```
        new TextureRegion[3];
cuadrosImagenAba[0]=trozos[0][0];
cuadrosImagenAba[1]=trozos[0][1];
cuadrosImagenAba[2]=trozos[0][2];
animAba=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenAba);
TextureRegion[] cuadrosImagenIzq=
    new TextureRegion[3];
cuadrosImagenIzq[0]=trozos[1][0];
cuadrosImagenIzq[1]=trozos[1][1];
cuadrosImagenIzq[2]=trozos[1][2];
animIzq=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenIzq);
TextureRegion[] cuadrosImagenDer=
    new TextureRegion[3];
cuadrosImagenDer[0]=trozos[2][0];
cuadrosImagenDer[1]=trozos[2][1];
cuadrosImagenDer[2]=trozos[2][2];
animDer=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenDer);
TextureRegion[] cuadrosImagenArr=
    new TextureRegion[3];
cuadrosImagenArr[0]=trozos[3][0];
cuadrosImagenArr[1]=trozos[3][1];
cuadrosImagenArr[2]=trozos[3][2];
animArr=new Animation(
    intervaloAnimaciones,cuadrosImagenArr);

}

public void dibujarEnemigos(float tiempo){
    enemigo.avanzar();
    TextureRegion cuadro=null;
    if (enemigo.direccion==enemigo.DERECHA){
        cuadro=animDer.getKeyFrame(tiempo, true);
    }
    if (enemigo.direccion==enemigo.IZQUIERDA){
        cuadro=animIzq.getKeyFrame(tiempo, true);
    }
    if (enemigo.direccion==enemigo.ABAJO){
        cuadro=animAba.getKeyFrame(tiempo, true);
    }
    if (enemigo.direccion==enemigo.ARRIBA){
        cuadro=animArr.getKeyFrame(tiempo, true);
    }
    batch.draw(cuadro,
        enemigo.x_actual,enemigo.y_actual);
}

public void dibujarProtagonista(){
    protagonista.avanzar(escenario);
    batch.draw(
```

```

        trozos[0][4],
        protagonista.getX(),
        protagonista.getY() );
Rectangle rEnemigo=enemigo.getRectangulo();
if (protagonista.colisionaConEnemigo(rEnemigo)) {
    protagonista.moverInicio();
}
Rectangle rProtagonista;
rProtagonista=protagonista.getRectangulo();
int restantes=escenario.pisaBaldosa(rProtagonista);
if (restantes==0) {
    BitmapFont fuentePorDefecto;
    fuentePorDefecto=new BitmapFont();
    fuentePorDefecto.scale(3);
    String mensaje="Enhorabuena!";
    fuentePorDefecto.draw(
        batch, mensaje, ANCHO/2-100, ALTO/2);
    protagonista.parar();
}
}
@Override
public void render () {
    tiempoTranscurrido+=
        Gdx.graphics.getDeltaTime();
    Gdx.gl.glClearColor(1, 0, 0, 1);
    Gdx.gl.glClear(GL20.GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    batch.begin();
    escenario.dibujar(batch);
    dibujarEnemigos(tiempoTranscurrido);
    dibujarProtagonista();
    batch.end();

    if (Gdx.input.isTouched()) {
        posTocada=new Vector3();
        posTocada.x=Gdx.input.getX();
        posTocada.y=Gdx.input.getY();
        posFinal=camara.unproject(posTocada);
        protagonista.moverseHacia(posFinal);
    }
}
}

```

## 4.9.2 Clase Protagonista

```

public class Protagonista {
    private float x_actual=0;
    private float y_actual=0;
    private float x_objetivo=0;
    private float y_objetivo=0;
}

```

```
private float incr_x=0;
private float incr_y=0;
boolean enMovimiento=false;
private Rectangle rProtagonista=new Rectangle();
public Protagonista(int ancho, int alto){
    rProtagonista.height=alto;
    rProtagonista.width=ancho;
    rProtagonista.x=x_actual;
    rProtagonista.y=y_actual;
}

public Rectangle getRectangulo(){
    return rProtagonista;
}
public void parar(){
    this.enMovimiento=false;
}
public void moverInicio(){
    this.enMovimiento=false;
    this.x_actual=0;
    this.y_actual=0;
}
public void moverseHacia(Vector3 pos){
    x_objetivo= pos.x;
    y_objetivo= pos.y;
    enMovimiento=true;
    calcularIncrementos();
}

public boolean colisionaConEnemigo(Rectangle r){
    if (rProtagonista.overlaps(r)){
        return true;
    }
    return false;
}
public void calcularIncrementos(){
    int signo_x=0, signo_y=0;
    if (x_objetivo<x_actual){
        signo_x=-1;
    } else {
        signo_x=1;
    }
    if (y_objetivo<y_actual){
        signo_y=-1;
    } else {
        signo_y=1;
    }
    double dif_x=Math.abs(x_actual-x_objetivo);
    double dif_y=Math.abs(y_actual-y_objetivo);
    if (dif_x>dif_y){
        incr_x=1*signo_x;
```

```

        incr_y=(float) ((dif_y/dif_x)*signo_y);
    } else {
        incr_y=1*signo_y;
        incr_x=(float) ((dif_x/dif_y)*signo_x);
    }
}

public int getX(){
    return (int) this.x_actual;
}

public int getY(){
    return (int) this.y_actual;
}

public void avanzar(Escenario escenario){
    if (enMovimiento==false) return ;
    float dif_x=Math.abs(x_actual-x_objetivo);
    float dif_y=Math.abs(y_actual-y_objetivo);
    if ( (dif_x<=0.5) && (dif_y<=0.5) ){
        enMovimiento=false;
        return ;
    }
    x_actual=x_actual+incr_x;
    y_actual=y_actual+incr_y;
    rProtagonista.x=x_actual;
    rProtagonista.y=y_actual;
    if (escenario.colisionaConObstaculo(rProtagonista)){
        x_actual=x_actual-incr_x;
        y_actual=y_actual-incr_y;
        rProtagonista.x=x_actual;
        rProtagonista.y=y_actual;
        this.enMovimiento=false;
    }
}
}

```

### 4.9.3 Clase Enemigo

```

public class Enemigo {
    public int direccion;
    public final int ARRIBA=0;
    public final int ABAJO=1;
    public final int IZQUIERDA=2;
    public final int DERECHA=3;
    public int x_actual, y_actual;
    private int x0, y0, x1, y1;
    private Rectangle rEnemigo;
    public Enemigo(int x0, int y0, int x1, int y1,
        int ancho, int alto){
        rEnemigo=new Rectangle();
        rEnemigo.height=alto;
    }
}

```

```
        rEnemigo.width=ancho;
        rEnemigo.x=x_actual;
        rEnemigo.y=y_actual;
        this.x0=x0; this.y0=y0;
        this.x1=x1; this.y1=y1;
        this.x_actual=x0;
        this.y_actual=y0;
        this.direccion=DERECHA;
    }
    public void avanzar() {
        if (this.direccion==DERECHA) {
            this.x_actual+=4;
            if (this.x_actual>=this.x1) {
                this.direccion=ARRIBA;
            }
        }
        if (this.direccion==ARRIBA) {
            this.y_actual+=1;
            if (this.y_actual>=this.y1) {
                this.direccion=IZQUIERDA;
            }
        }
        if (this.direccion==IZQUIERDA) {
            this.x_actual-=4;
            if (this.x_actual<=this.x0) {
                this.direccion=ABAJO;
            }
        }
        if (this.direccion==ABAJO) {
            this.y_actual-=1;
            if (this.y_actual<=this.y0) {
                this.direccion=DERECHA;
            }
        }
        rEnemigo.x=x_actual;
        rEnemigo.y=y_actual;
    }
    public Rectangle getRectangulo() {
        return rEnemigo;
    }
}
```

#### 4.9.4 Clase Escenario

```
public class Escenario {
    Array<ElementoDecorado> obstaculos;
    Array<ElementoDecorado> decorado;
    Array<ElementoDecorado> baldosas;
    public Escenario() {
```

```

        obstaculos=new Array<ElementoDecorado>();
        decorado=new Array<ElementoDecorado>();
        baldosas=new Array<ElementoDecorado>();
    }
    public void addBaldosa(Rectangle r,
        TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r,dibujo, false);
        decorado.add(ed);
        baldosas.add(ed);
    }
    public void addObstaculo
        (Rectangle r, TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r, dibujo, true);
        obstaculos.add(ed);
        decorado.add(ed);
    }
    public void addDecorado(Rectangle r,
        TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r, dibujo, false);
        decorado.add(ed);
    }
    public void dibujar(Batch batch){
        TextureRegion dibujo;
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0; i<decorado.size; i++){
            rectangulo=decorado.get(i).getRectangulo();
            dibujo=decorado.get(i).getDibujo();
            batch.draw(
                dibujo, rectangulo.x, rectangulo.y);
        }
    }
    public boolean colisionaConObstaculo
        (Rectangle prota)
    {
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0; i<obstaculos.size; i++){
            rectangulo=obstaculos.get(i).getRectangulo();
            if (prota.overlaps(rectangulo)) return true;
        }
        return false;
    }
    /* Destruye las baldosas pisadas y nos dice
    * cuantas quedan */
    public int pisaBaldosa(Rectangle prota){
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0;i<baldosas.size;i++){
            ElementoDecorado baldosa=baldosas.get(i);
            rectangulo=baldosas.get(i).getRectangulo();

```

```

        if (prota.overlaps(rectangulo)) {
            decorado.removeValue(baldosa, false);
            baldosas.removeIndex(i);
        }
    }
    return baldosas.size;
}
}

```

### 4.9.5 Clase ElementoDecorado

```

public class Escenario {
    Array<ElementoDecorado> obstaculos;
    Array<ElementoDecorado> decorado;
    Array<ElementoDecorado> baldosas;
    public Escenario() {
        obstaculos=new Array<ElementoDecorado>();
        decorado=new Array<ElementoDecorado>();
        baldosas=new Array<ElementoDecorado>();
    }
    public void addBaldosa(Rectangle r,
        TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r,dibujo, false);
        decorado.add(ed);
        baldosas.add(ed);
    }
    public void addObstaculo
        (Rectangle r, TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r, dibujo, true);
        obstaculos.add(ed);
        decorado.add(ed);
    }
    public void addDecorado(Rectangle r,
        TextureRegion dibujo){
        ElementoDecorado ed=
            new ElementoDecorado(r, dibujo, false);
        decorado.add(ed);
    }
    public void dibujar(Batch batch){
        TextureRegion dibujo;
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0; i<decorado.size; i++){
            rectangulo=decorado.get(i).getRectangulo();
            dibujo=decorado.get(i).getDibujo();
            batch.draw(
                dibujo, rectangulo.x, rectangulo.y);
        }
    }
}

```



```

    }
    public boolean colisionaConObstaculo
        (Rectangle prota)
    {
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0; i<obstaculos.size; i++){
            rectangulo=obstaculos.get(i).getRectangulo();
            if (prota.overlaps(rectangulo)) return true;
        }
        return false;
    }
    /* Destruye las baldosas pisadas y nos dice
    * cuantas quedan */
    public int pisaBaldosa(Rectangle prota){
        Rectangle rectangulo;
        for (int i=0;i<baldosas.size;i++){
            ElementoDecorado baldosa=baldosas.get(i);
            rectangulo=baldosas.get(i).getRectangulo();
            if (prota.overlaps(rectangulo)){
                decorado.removeValue(baldosa, false);
                baldosas.removeIndex(i);
            }
        }
        return baldosas.size;
    }
}

```



---

## OpenGL: fundamentos

---

### 5.1 Introducción a OpenGL

Debido a la amplia utilización de gráficos en dispositivos electrónicos ha crecido la necesidad de disponer de hardware especializado que pueda acelerar el dibujo de imágenes en dispositivos electrónicos. Este hardware especializado ofrece un conjunto de funciones ya programadas para poder realizar el dibujo. En PC's existen dos grandes conjuntos de funciones o APIs

- OpenGL: arrancó como un estándar “de facto” y a día de hoy se sigue considerando el API a seguir.
- DirectX: en el mundo Microsoft se ha convertido en un gran competidor.

En el desarrollo para móviles Android, OpenGL sigue siendo el único gran estándar y será el que se vea en este curso.

A fecha de hoy existen dos grandes versiones de OpenGL

- OpenGL: el estándar para dispositivos con capacidades de gama media/alta. Dentro de OpenGL la versión más actual es la 4.4.
- OpenGL ES: para “sistemas embebidos” (Embedded Systems), una versión reducida para móviles y tablets. La versión más actual es la 3.0, aunque en este curso se verá la 2.0, ya que en la actualidad apenas hay dispositivos que soporten la 3.0.

### 5.2 Probando los programas OpenGL

Cuando se crean programas pueden probarse de dos formas

1. Disponiendo de un dispositivo Android con capacidades de aceleración OpenGL.
2. Utilizando un emulador al cual se le ha activado “Use Host GPU”.

En la imagen adjunta puede verse que a la hora de crear un emulador se puede activar una casilla con ese nombre. En realidad no importa si nuestro PC no tiene tarjeta gráfica aceleradora ya que en ese caso, el driver del PC “emulará” el comportamiento de una aceleradora. Es decir, puede que vaya lento, pero funcionará.

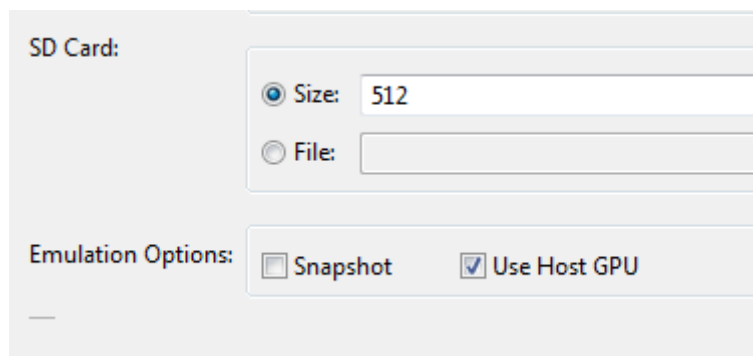


Figura 5.1: Activando la aceleración gráfica

### 5.3 Inicializando OpenGL

OpenGL 2.0 está disponible en la mayor parte de dispositivos actuales, aunque podría ocurrir que un usuario que ejecutara nuestra aplicación no dispusiera de él. Para controlar esta situación se pueden hacer dos cosas:

1. Que nuestra aplicación exija ejecutarse en un entorno que disponga de OpenGL.
2. Comprobar que versión de OpenGL está disponible y en función de la versión actuar de una forma u otra.

La segunda es la más flexible pero implicaría crear diferentes versiones de nuestro programa para OpenGL 2.0, para 1.0 y para el caso de que no hubiera ninguna.

Por ejemplo, podemos ejecutar este método para determinar qué versión de OpenGL tiene el hardware en el que se ejecuta nuestra app.

```
public String getVersionOpenGL() {
    ActivityManager manager=
        (ActivityManager) this.getSystemService(Context.ACTIVITY
    ConfigurationInfo configInfo=
        manager.getDeviceConfigurationInfo();
    return configInfo.getGlEsVersion();
}
```

¡Cuidado, este código siempre devuelve 0.0 en los emuladores!.

Por otra parte, en este curso nos limitaremos a la primera opción comentada: exigir que el hardware en el que se ejecute tenga al menos OpenGL 2.0 y si no denegar incluso la instalación. Esto puede conseguirse añadiendo al `AndroidManifest.xml` la línea siguiente:

```
<uses-feature android:glEsVersion="0x00002000"/>
```

### 5.4 Clases necesarias

En Android necesitaremos al menos dos clases:

1. Una de ellas actuará como contenedor, es decir será el control donde se dibuje todo. Este “contenedor” puede ser la clase `SurfaceView` o la `TextureView`.
2. La otra clase será la que se encargue del “contenido”, es decir de dibujar los elementos gráficos. Esta clase la programaremos nosotros y tendrá que implementar el interface `Renderer`.

### 5.4.1 Diferencias entre `SurfaceView` y `TextureView`

- La clase `TextureView` solo está disponible a partir de Android 4.0, mientras que `SurfaceView` está en todas.
- La clase `SurfaceView` crea un “agujero” en la gestión visual de los controles por lo que hay que implementar métodos que controlen si por ejemplo, la pantalla se rota.

En líneas generales, lo más recomendable hoy por hoy es usar `TextureView`, sin embargo, también veremos en el ejemplo siguiente como usar `SurfaceView`

## 5.5 Un ejemplo básico: borrar la pantalla

### 5.5.1 Interfaz de la app básica

Empezaremos creando una aplicación Android en la cual habrá solo un control `SurfaceView` que ocupe toda la pantalla:

Como se puede apreciar, el `id` que se le ha puesto ha sido `superficie`. También indicaremos en el `AndroidManifest.xml` que nuestro programa exigirá usar OpenGL ES 2.0.

### 5.5.2 Una clase hija de `SurfaceView`

Después añadiremos esta clase

```
public class Superficie extends GLSurfaceView {
    public Superficie(Context contexto, AttributeSet attrs) {
        super(contexto, attrs);

        /* Se indica el número de bits para
         * R,G,B,Alpha, tamaño de buffer y de stencil
         */
        setEGLConfigChooser(8 , 8, 8, 8, 16, 0);
        /* Es importante informar de la version
         * de OpenGL que usa nuestra clase */
        this.setEGLContextClientVersion(2);
    }
}
```

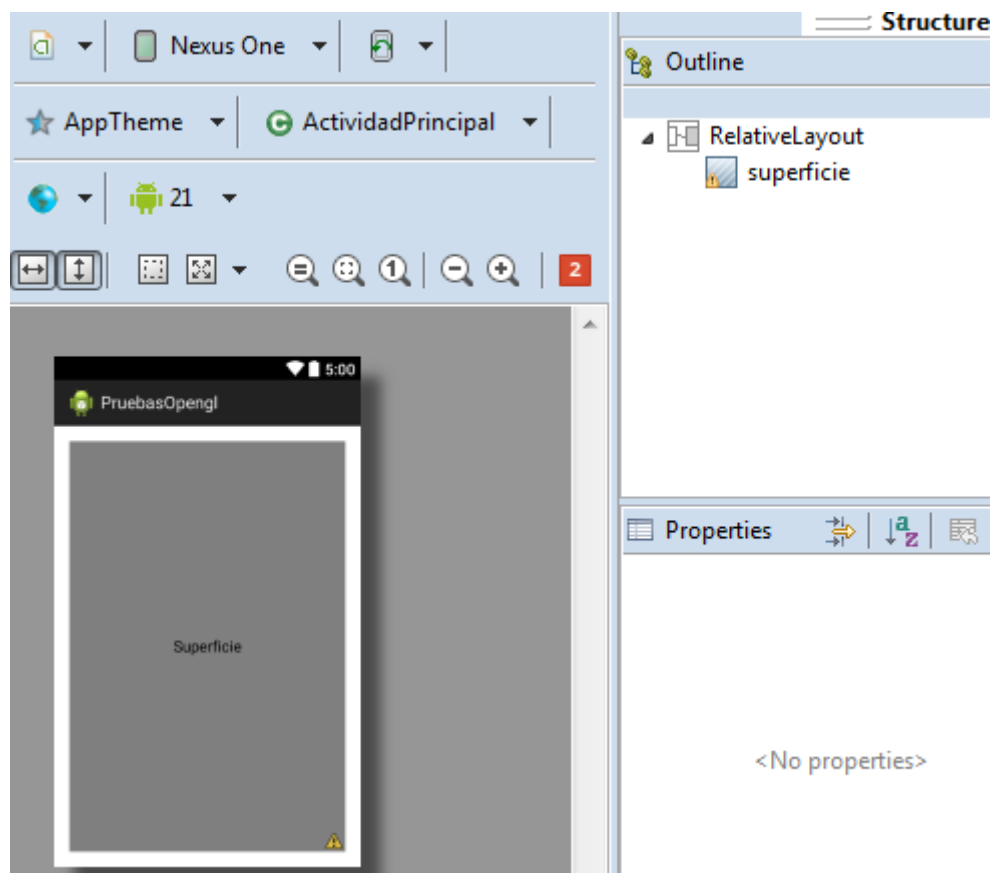


Figura 5.2: Interfaz de una app OpenGL

El “buffer de profundidad” se utiliza para que OpenGL pueda almacenar qué píxeles “quedan detrás” de otros y así ahorrarse el redibujado de los mismos. Aunque en este ejemplo no lo usaremos viene bien ir darle un tamaño y así ir asentando cosas que usaremos el futuro.

El “tamaño del buffer de stencil” se utiliza para tener aún más control sobre lo que se dibuja y lo que no, para hacer por ejemplo “recortes” y similares. No se usa muy a menudo pero puede ser útil

### 5.5.3 La clase que dibuja: Renderer

Después añadimos esta clase al proyecto:

```
public class MiRenderer implements Renderer {
    @Override
    public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
        glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    }
    @Override
    public void onSurfaceChanged(GL10 arg0, int width, int height) {
        glViewport(0, 0, width, height);
    }
    @Override
    public void onSurfaceCreated(GL10 arg0, EGLConfig arg1) {
        glClearColor(1.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
    }
}
```

Sabemos que las clases que implementan `Renderer` se ocupan de hacer el dibujado pero ¿qué hacen estos métodos?

- El `onSurfaceCreated` se ejecuta al arrancar. Lo que hace establecer el “color de borrado” a RGBA (100 %, 0 %, 0 %, 0 %). La “A” es el “canal Alfa” o “transparencia” (en este caso el color es opaco). **Recuérdese que cuando la pantalla se rota todo se “recrea” así que en realidad este método puede ejecutarse más de una vez.**
- El `onSurfaceChanged` se ejecuta cuando alguien cambia el tamaño de la superficie (tal vez porque se rotó la pantalla). Cuando algo cambie, la clase invoca el método `glViewport` que sitúa el “contenedor” en la coordenada (0,0) (abajo a la izquierda) y establece su anchura y altura. Normalmente nuestro método será siempre así.
- El `onDrawFrame` se ejecuta muchas veces por segundo y se dedicará a actualizar el dibujo, escenario o pantalla. En nuestro caso simplemente borra la pantalla con el “color de borrado”. Este color se indica activando un cierto bit determinado por la constante `GL_COLOR_BUFFER_BIT`.

Si ejecutamos esto, obtendremos esto en el teléfono.

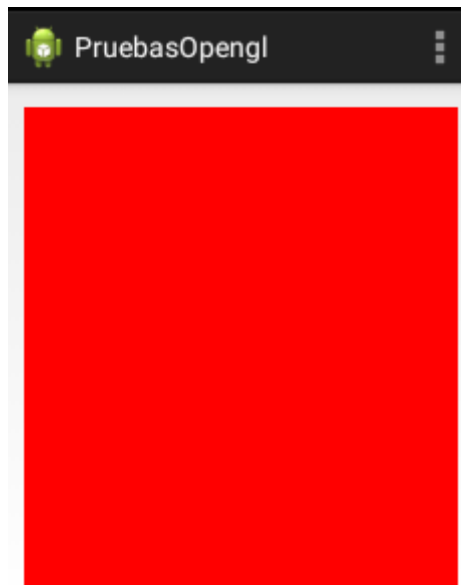


Figura 5.3: Una aplicación OpenGL que borra la pantalla



---

## OpenGL: vértices y shaders

---

### 6.1 Introducción

En OpenGL todos los dibujos se componen a partir de dos elementos básicos:

- Vértices: son puntos del espacio.
- Shaders: son “pequeños programas” que dibujan polígonos uniendo vértices.

Aparte de eso, no solo nos interesará dibujar, sino también poder interactuar con la pantalla o conocer algunos conceptos sobre gráficos en OpenGL. En las secciones siguientes se profundizará en los detalles.

### 6.2 Ejes de coordenadas

Si dibujamos un eje de coordenadas y dibujamos un rectángulo sabremos que cada vértice tendrá unas coordenadas.

Sin embargo OpenGL solo puede dibujar triángulos. Este problema se resuelve fácilmente dividiendo el rectángulo.

Cojamos la clase `Renderer` anterior y añadamos los vértices. Obsérvese que aún no nos movemos en 3D por lo que todo vértice tiene dos componentes.

```
public class MiRenderer implements Renderer {  
    private int NUM_COMPONENTES=2;  
    private float[] vertices={  
        //Primer triangulo  
        2f, 2f,  
        6f, 10f,  
        2f, 10f,  
        //Segundo triangulo  
        2f, 2f,  
        6f, 2f,  
        6f, 10f  
    };  
};
```

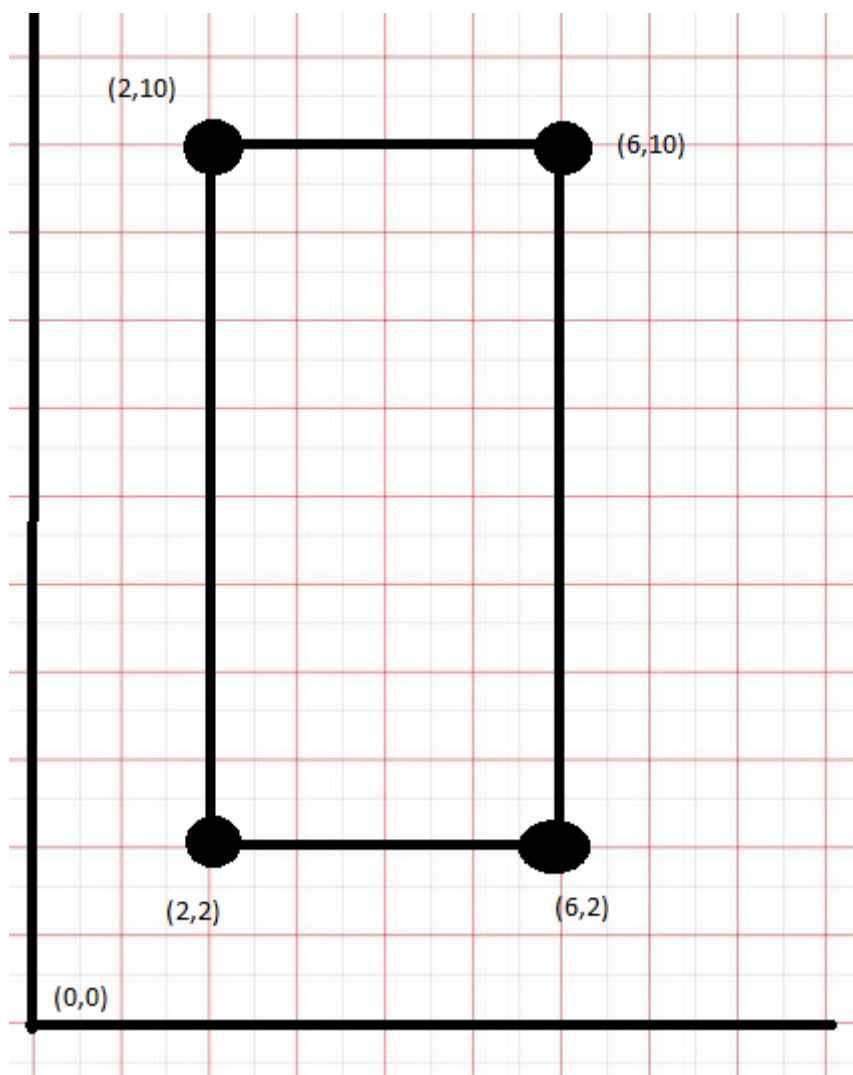


Figura 6.1: Un rectángulo cualquiera

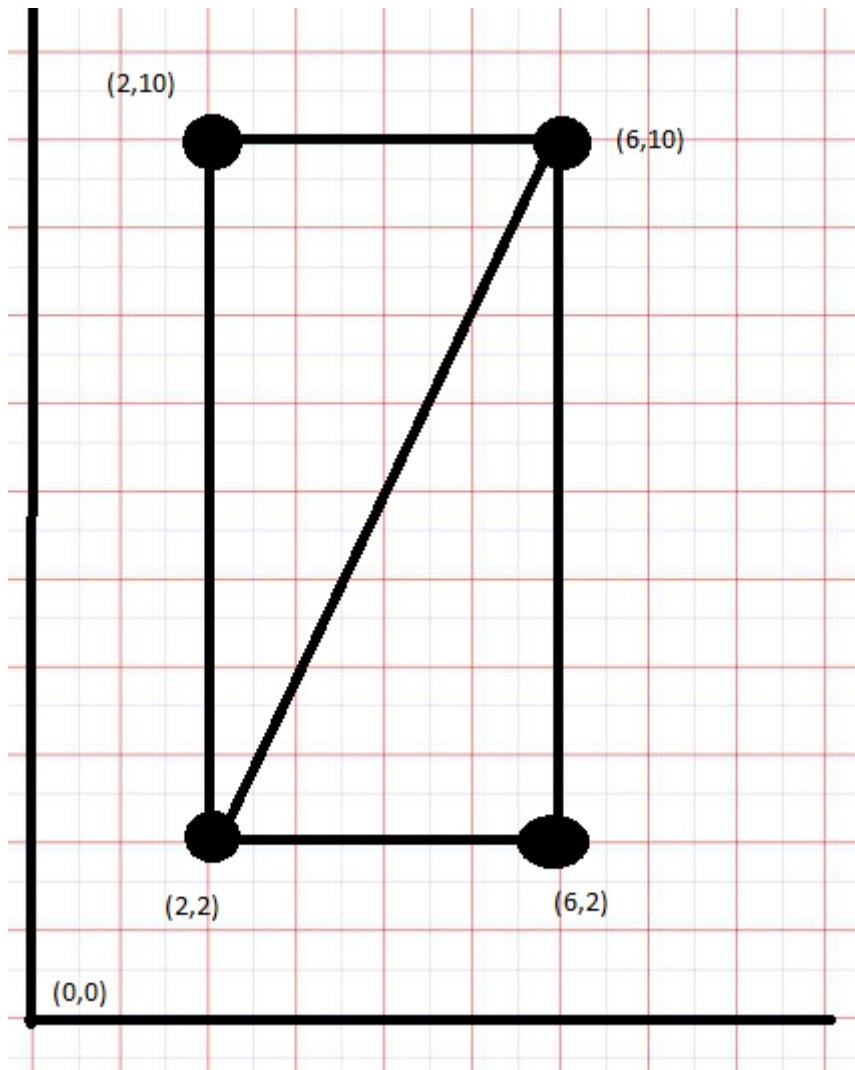


Figura 6.2: Un rectángulo hecho triángulos

```
@Override
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    ....
}
}
```

Obsérvese en qué orden ponemos los vértices. **Hemos dibujado los triángulos en sentido anti-horario.** Es muy útil dibujar siempre en el mismo orden, ya que más adelante se podrán hacer optimizaciones. Al orden en que se dibuja algo se le denomina “winding order”.

Si ahora añadimos elementos como una línea divisoria o dos puntos para indicar las raquetas tendremos algo así:

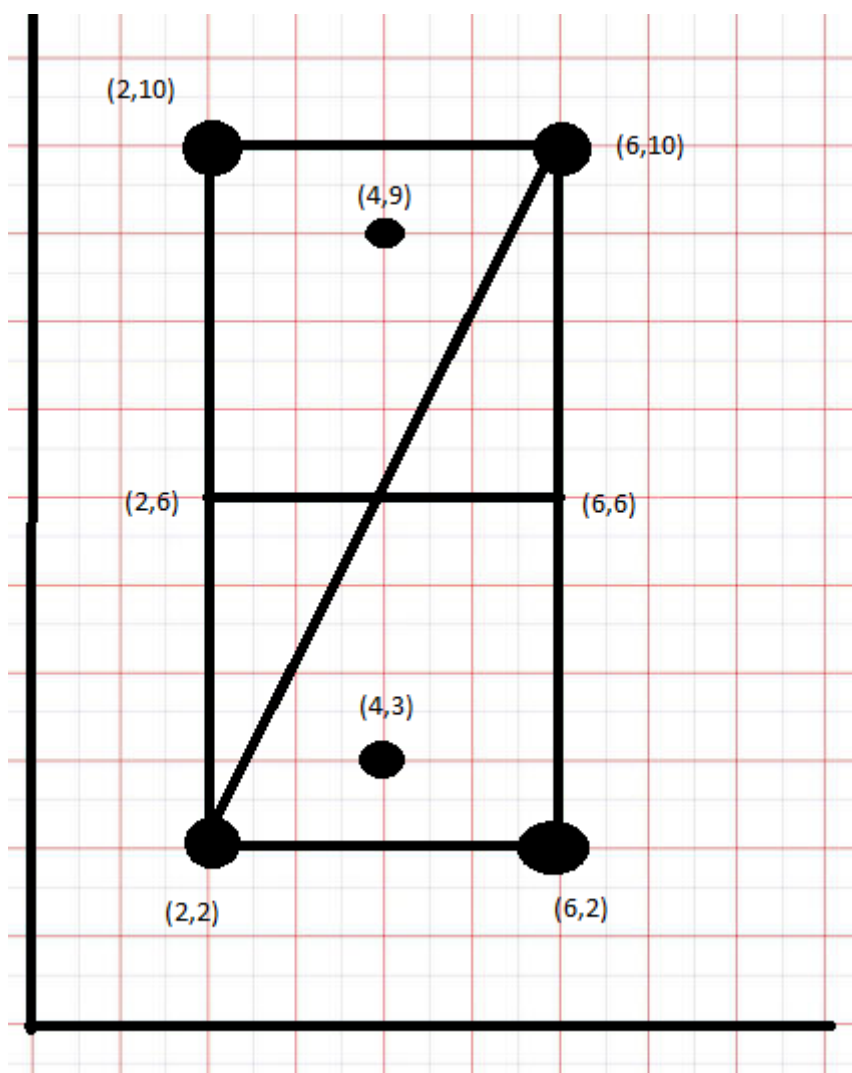


Figura 6.3: Esquema general

Y el código sería así:

```
public class MiRenderer implements Renderer {
    private int NUM_COMPONENTES=2;
```

```

private float[] vertices={
    //Primer triangulo
    2f, 2f,
    6f,10f,
    2f,10f,
    //Segundo triangulo
    2f,2f,
    6f,2f,
    6f,10f,
    //Linea divisoria
    2f,6f,
    6f,6f,
    //Pomo de abajo
    4f,3f,
    //Pomo de arriba
    4f,9f

};
@Override
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    ...
}
}

```

## 6.3 Enviando los datos a OpenGL

En este punto hay un problema, porque OpenGL no está escrito en Java. Sin embargo, podemos usar métodos JNI que existen en Android y que permite “enviar” datos al driver OpenGL. De hecho este vector sabemos que tiene 10 elementos y que en Java cada float tiene 32 bits o lo que es lo mismo, 4 bytes.

Para enviar un vector de floats a OpenGL se puede usar la clase `FloatBuffer` en la cual también indicaremos como se deben ordenar los bits (normalmente usaremos el orden nativo del dispositivo). En el código siguiente hemos creado un método que recibe un vector de floats Java y crea un `FloatBuffer` al estilo de lo que necesita OpenGL.

```

public class MiRenderer implements Renderer {
    private int NUM_COMPONENTES=2;
    private float[] vertices={
        ...
    };
    private int BYTES_POR_FLOAT=4;
    private FloatBuffer datosVertices;
    @Override
    public FloatBuffer crearBuffer(float[] datos){
        int totalBytes=datos.length*BYTES_POR_FLOAT;
        ByteBuffer temp=ByteBuffer.allocateDirect(totalBytes);
        ByteOrder orden=ByteOrder.nativeOrder();
        temp.order(orden);
    }
}

```

```

        return temp.asFloatBuffer();
    }

    /* ..codigo omitido*/

    @Override
    public void onSurfaceCreated(GL10 arg0, EGLConfig arg1) {
        glClearColor(1.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
        datosVertices=crearBuffer(vertices);
    }
} //Fin de la clase

```

## 6.4 El flujo de OpenGL

Para dibujar algo, OpenGL ejecuta muchos procesos intermedios. Por ejemplo, primero se dibujan los vértices, luego se unen para crear polígonos, luego se rellenan polígonos, etc... En la figura siguiente se pueden ver las etapas

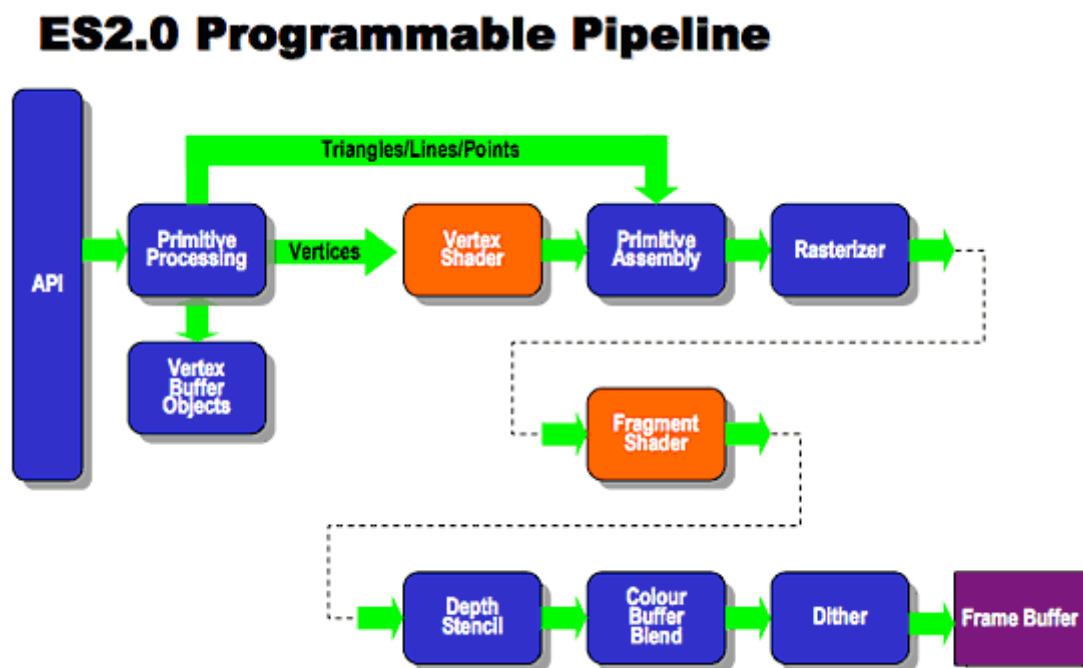


Figura 6.4: Etapas de OpenGL

Así por ejemplo, para cada vértice **tenemos que ejecutar un pequeño programa que lo dibuje**. A este pequeño programa se le denomina un “vertex shader”. Para cada polígono formado uniendo vértices se le tiene que asignar un color. De este “rellenado” se ocupan los programas llamados “fragment shaders”.

Por desgracia estos programas tienen su propia sintaxis que no es como la de Java, por lo que habrá que aprender un nuevo lenguaje (llamado GLSL “GL Shading Language”, aunque es

muy parecido a C).

Por ejemplo, un vertex shader típico suele ser así:

```
attribute vec4 posicion;
void main() {
    gl_PointSize=10.0;
    gl_Position=posicion;
}
```

En la primera línea se define un *atributo* (`attribute`) llamado “posicion” que es del tipo “vec4”. En OpenGL el tipo `vec4` es un vector de 4 posiciones, siendo las tres primeras las coordenadas ( $x,y,z$ ) del punto. El último se usará más adelante.

El programa principal lo único que hacer es dibujar el punto (asignando nuestro “posicion” a la variable global “`gl_Position`”). Por así decirlo, para modificar la posición de un vértice hay que modificar su “`gl_Position`”. En este caso, hemos indicado que el tamaño de punto es 10 píxeles escribiendo en la variable global `gl_PointSize`

Este “miniprograma” tendrá que ejecutarse para cada vértice, sin embargo esto no será suficiente. Tendremos que construir los triángulos usando “fragment shaders” y colorear dichos triángulos.

Recordemos que a OpenGL le estamos pasando floats, que en Java tienen 32 bits, sin embargo en OpenGL podemos decidir no utilizar la misma precisión a fin de acelerar el programa (y utilizar por ejemplo menos de 32 bits para algo). En nuestro fragment shader indicaremos un color de relleno pero en él no usaremos la máxima precisión para el color, sino algo un poco menor. Un ejemplo de fragment shader sería este:

```
precision mediump float;
uniform vec4 un_color;
void main() {
    gl_FragColor=un_color;
}
```

Nuestro programa es parecido al anterior con alguna pequeña diferencia:

- Hemos dicho que los “float” de Java usarán en este caso una precisión menor, la “mediump” (existen “lowp”, “mediump” y “highp” aunque este ultimo solo en pocos móviles, se usa más bien en PC)
- Nuestro “attribute” ahora es “uniform”. Con ello estamos avisando que el color va a ser “uniforme” es decir que no va a cambiar. Esto permite a OpenGL ir aún más deprisa.
- Nuestro main se limita a poner el color al valor que tenga “un\_color”. Para cambiar algo de color hay que cambiar la variable global “gl\_FragColor”.

OpenGL usa el modelo de colores RGB donde cada color puede ir de 0.0 (el mínimo) a 1.0 (el máximo). Como puede verse, por lo demás es parecido al modelo de colores HTML.





---

## OpenGL: compilado

---

### 7.1 Introducción

En el apartado anterior hemos visto que es necesario crear “programas separados” para poder acceder a la aceleración gráfica. En este capítulo veremos como compilar y enlazar estos programas para poder visualizar el resultado en pantalla. También veremos como OpenGL muestra los elementos en pantalla y como necesitaremos adaptarnos a su sistema de coordenadas.

En este capítulo crearemos una clase auxiliar llamada `OpenGLHelper.java` que podremos reutilizar el resto del tema.

### 7.2 Cargando shaders

En primer lugar necesitamos que nuestra clase `OpenGLHelper.java` disponga de un método que permita cargar recursos (en este caso nuestros mini-programas OpenGL) y dejarlos en un `String`

El programa siguiente abre un fichero de recurso que habremos guardado en `res/raw`

```
public class OpenGLHelper {
    public static String cargarFicheroPrograma(
        Context contexto, int idRecurso)
    {
        StringBuilder programa=
            new StringBuilder();
        try{
            Resources res=contexto.getResources();
            InputStream is=
                res.openRawResource(idRecurso);
            InputStreamReader isr=
                new InputStreamReader(is);
            BufferedReader bfr=
                new BufferedReader(isr);
            String linea;
            linea=bfr.readLine();
        }
```

```
        while (linea!=null){
            programa.append(linea+"\n");
            linea=bfr.readLine();
        } //Fin del while
    } //Fin del try
    catch (IOException e){
        throw new RuntimeException(
            "No se pudo abrir el recurso "+
            "cuyo id era:"+idRecurso);
    } //Fin del catch IOException
    catch (Resources.NotFoundException nfe){
        throw new RuntimeException(
            "No se encontro el recurso "+
            "cuyo id era:"+idRecurso);
    }
    return programa.toString();
} //Fin de cargarFicheroPrograma
}
```

Ahora la clase `MiRenderer.java` necesita un constructor como este:

```
public MiRenderer(Context ctx){
    this.contexto=ctx;
    String vertexShader=
        OpenGLHelper.cargarFicheroPrograma(
            contexto, R.raw.vertices);

    String fragmentShader=
        OpenGLHelper.cargarFicheroPrograma(
            contexto, R.raw.fragments);
}
```

## 7.3 Compilando shaders

Ahora que podemos cargar ficheros necesitamos compilarlos. Para ello añadiremos a la clase `OpenGLHelper` el código siguiente:

Obsérvese que hemos añadido dos métodos auxiliares `compileVertexShader` y `compileFragmentShader` que en realidad llaman al método `compile`. Dicho método es el corazón del proceso de compilación.

Como se ve, el proceso de compilación es más o menos el siguiente:

1. Crear un shader vacío.
2. Se inyecta en ese shader vacío el código del shader cargado con `glShaderSource`.
3. Se compila dicho shader con `glCompileSource`
4. Se comprueba si hay errores con `glGetShaderiv`.

## 7.4 Enlazando shaders

Un programa OpenGL consta de un shader para los vértices más un shader para los fragmentos. Es necesario “unir” los dos programas mediante un proceso de enlace como el que realiza el método siguiente:

```
public static int enlazar
(int idVertexShader, int idFragmentShader)
{
    int idPrograma=glCreateProgram();
    if (idPrograma==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "No se pudo crear un programa OpenGL");
            return 0;
        }
    }
    /* Si se pudo crear un programa vacío se intentan enlazar
    * el vertexshader y el fragmentshader */
    glAttachShader(idPrograma, idVertexShader);
    glAttachShader(idPrograma, idFragmentShader);
    /* Se intenta hacer el enlazado*/
    glLinkProgram(idPrograma);
    /* Y se comprueba si hay errores*/
    int[] codigoError=new int[1];
    glGetProgramiv(idPrograma, GL_LINK_STATUS, codigoError, 0);
    if (codigoError[0]==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "Error al enlazar");
            String msg=glGetProgramInfoLog(idPrograma);
            Log.d("DEBUG", "Mensaje:"+msg);
            return 0;
        }
    }
    /* Si no hay errores, perfecto*/
    return idPrograma;
}
```

El proceso es el siguiente:

1. Se crea un programa vacío.
2. Se meten dentro de él los dos shader (el de vértices y el de fragmentos)
3. Se hace el enlazado.
4. Se comprueba si hubo errores.

## 7.5 Validación de un programa

Todo programa OpenGL debe validarse. El código siguiente ilustra como realizar esta tarea.

```
public static boolean validarPrograma(
    int idPrograma)
{
    /* Se intenta validar*/
    glValidateProgram(idPrograma);
    /* Y se comprueba si hay algun error*/
    int[] codigoError=new int[1];
    glGetProgramiv(idPrograma, GL_VALIDATE_STATUS, codigoError, 0);
    if (codigoError[0]==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "Error al enlazar");
            String msg=glGetProgramInfoLog(idPrograma);
            Log.d("DEBUG", "Mensaje:"+msg);
            return false;
        }
    }
    /* Si se llega aquí no hay error y el programa es válido
    * para el estado actual de OpenGL */
    return true;
} /*Fin de validar*/
```

## 7.6 Conexiones finales

Nuestros fragments hacían referencia a valores tales como la posición o el color. Sin embargo aún no se ha conectado ninguno de los fragment con ninguna variable Java.

Esta conexión la haremos en nuestro renderer, por lo que añadiremos el siguiente código a nuestro archivo `MiRenderer.java`

```
/* Color "uniform" de los fragment en el fichero glsl*/
private String nombreColorFragment="un_color";
private int direccionColorFragment;
/* Posicion (attribute) de los vertices en el fichero glsl*/
private String nombreAtrPosicion="posicion";
private int direccionPosicionFragment;
```

El proceso que haremos será pedir a OpenGL la dirección de memoria donde ha decidido almacenar dichos valores. Luego escribiremos valores en estas direcciones de memoria para conseguir “pasar” valores a OpenGL. Estas conexiones las haremos en el método `onSurfaceCreated`.

Además, tenemos que indicar a OpenGL donde encontrar datos para dibujar los vértices que hemos definido. Al final de `onSurfaceCreated` indicaremos lo siguiente:

```
/* Nos aseguramos de que los datos se empiecen a leer desde la posición 0 */
datosVertices.position(0);
/*
    * 1. Enviar cada posicion a direccionPosicionFragment
    * 2. Cada vertice tiene NUM_COMPONENTES (dos, la x y la y)
```

```

* 3. Leer valores float (GL_FLOAT)
* 4. No hay que "normalizar" datos (false)
* 5. El 0 es la posicion del atributo en un vector, como solo
* hay un atributo indicamos la primera posicion
* 6. Leer los datos de datosVertices
*/
glVertexAttribPointer(direccionPosicionFragment,
                     this.NUM_COMPONENTES, GL_FLOAT, false, 0, datosVertices);
/* Habilitar los datos*/
glEnableVertexAttribArray(direccionPosicionFragment);

```

Lo que este código hace es ejecutar el vertex shader para cada elemento de nuestro vector `datosVertices`. OpenGL irá tomando cada valor, lo meterá en cierta dirección de memoria (que hemos llamado `direccionPosicionFragment`. OpenGL tendrá en cuenta que debe leer floats y que deberá hacerlo de dos en dos.

## 7.7 Dibujando

Ahora podemos indicar como se dibujan los elementos en el método `onDrawFrame`:

```

public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    /* Indicamos que la tabla es de color blanco*/
    glUniform4f(this.direccionColorFragment, 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);
    /* Y dibujamos los 6 primeros elementos del vector*/
    glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 6);
}

```

Sin embargo *no se dibuja nada*. Esto se debe a que en OpenGL el origen de coordenadas está en el centro de la pantalla (0,0) y la coordenada más alta que se puede poner es (1,1) para la esquina superior derecha y (-1, -1) para la esquina inferior izquierda. Es decir, lo que dibujamos queda más allá de nuestra vista. Sin embargo, si corregimos el vector y lo dejamos así...:

```

private float[] vertices={
    //Primer triangulo
    -0.5f, -0.5f,
    0.5f, 0.5f,
    -0.5f, 0.5f,
    //Segundo triangulo
    -0.5f, -0.5f,
    0.5f, -0.5f,
    0.5f, 0.5f,
    //Linea divisoria
    -0.5f, 0f,
    0.5f, 0f,
    //Pomo de abajo
    0f, -0.25f,
    //Pomo de arriba
    0f, 0.25f
}

```

```
};
```

... el problema se arreglará.

Por otra parte aún tenemos que dibujar la línea de separación más los dos mandos de los jugadores. Lo único que tenemos que hacer es indicar los colores solicitar a OpenGL que siga dibujando cosas tomando elementos del vector que hicimos.

- Usaremos la constante `GL_TRIANGLES` para dibujar triángulo.
- `GL_LINES` para pedir a OpenGL que dibuje líneas.
- `GL_POINTS` para dibujar puntos.

```
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    /* Indicamos que la tabla es de color blanco*/
    glUniform4f(this.direccionColorFragment, 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);
    /* Y dibujamos los 6 primeros elementos del vector*/
    glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 6);
    //Dibujamos la linea de separacion en verde
    glUniform4f(this.direccionColorFragment, 0.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_LINES, 6,2);
    //Dibujamos un mando de color azul
    glUniform4f(this.direccionColorFragment, 0.0f, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 8,1);
    //Y uno rojo
    glUniform4f(this.direccionColorFragment, 1.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 9,1);
}
```

## 7.8 Resultado final

El resultado final será el siguiente

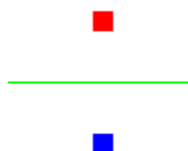


Figura 7.1: Nuestro primer dibujo OpenGL

El código de la clase `MiRenderer` es el siguiente:

```
import static android.opengl.GLES20.GL_TRIANGLES;
import ....
public class MiRenderer implements Renderer {
```

```

private int NUM_COMPONENTES=2;
private boolean LOG_ACTIVADO=true;
private float[] vertices={
    //Primer triangulo
    -0.5f, -0.5f,
    0.5f, 0.5f,
    -0.5f, 0.5f,
    //Segundo triangulo
    -0.5f, -0.5f,
    0.5f, -0.5f,
    0.5f, 0.5f,
    //Linea divisoria
    -0.5f, 0f,
    0.5f, 0f,
    //Pomo de abajo
    0f, -0.25f,
    //Pomo de arriba
    0f, 0.25f
};

Context contexto;
private int BYTES_POR_FLOAT=4;
private FloatBuffer datosVertices;
/* Color "uniform" de los fragment en el fichero glsl*/
private String nombreUniformColorDelFragment="un_color";
private int direccionColorFragment;
/* Posicion (attribute) de los vertices en el fichero glsl*/
private String nombreAtrPosicion="posicion";
private int direccionPosicionFragment;
private int idProgramaOpenGL=0;
public MiRenderer(Context ctx){
    this.contexto=ctx;
    datosVertices=crearBuffer(vertices);
    datosVertices.put(vertices);
}

@Override
public void onSurfaceCreated(GL10 arg0, EGLConfig arg1) {
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
    compileShaders();
    Log.d("DEBUG", "Compilados!");
    /* Averiguamos la direccion donde se almacena
    * el color de cada fragmento */
    direccionColorFragment=
    glGetUniformLocation(
        idProgramaOpenGL,
        nombreUniformColorDelFragment);
    this.direccionPosicionFragment=
    glGetAttribLocation(
        idProgramaOpenGL,
        this.nombreAtrPosicion);
    /* Nos aseguramos de que los datos se empiecen a leer
    * desde la posición 0 */

```

```

datosVertices.position(0);
/*
 * 1. Enviar cada posicion a direccionPosicionFragment
 * 2. Cada vertice tiene NUM_COMPONENTES (dos, la x y la y)
 * 3. Leer valores float (GL_FLOAT)
 * 4. No hay que "normalizar" datos (false)
 * 5. El 0 es la posicion del atributo en un vector, como solo
 * hay un atributo indicamos la primera posicion
 * 6. Leer los datos de datosVertices
 */
glVertexAttribPointer(
    direccionPosicionFragment,
    this.NUM_COMPONENTES,
    GL_FLOAT, false,
    0, datosVertices);
/* Habilitar los datos */
glEnableVertexAttribArray(
    direccionPosicionFragment);
} //Fin de onSurfaceCreated
@Override
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    /* Indicamos que la tabla es de color blanco */
    glUniform4f(this.direccionColorFragment,
        1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f);
    /* Y dibujamos los 6 primeros elementos del vector */
    glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 6);
    //Dibujamos la linea de separacion en verde
    glUniform4f(this.direccionColorFragment,
        0.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_LINES, 6, 2);
    //Dibujamos un mando de color azul
    glUniform4f(this.direccionColorFragment,
        0.0f, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 8, 1);
    //Y uno rojo
    glUniform4f(this.direccionColorFragment,
        1.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 9, 1);
}
@Override
public void onSurfaceChanged(GL10 arg0, int width, int height) {
    glViewport(0, 0, width, height);
}
public FloatBuffer crearBuffer(float[] datos) {
    int totalBytes = datos.length * BYTES_PER_FLOAT;
    ByteBuffer temp = ByteBuffer.allocateDirect(totalBytes);
    ByteOrder orden = ByteOrder.nativeOrder();
    temp.order(orden);
    return temp.asFloatBuffer();
}

```



```

private void compilarShaders(){
    String vertexShader=
        OpenGLHelper.cargarFicheroPrograma(
            contexto, R.raw.vertices);

    int idProgramaVertex=
        OpenGLHelper.compilarVertexShader(
            vertexShader);

    String fragmentShader=
        OpenGLHelper.cargarFicheroPrograma(
            contexto, R.raw.fragments);

    int idProgramaFragment=
        OpenGLHelper.compilarFragmentShader(
            fragmentShader);

    int idPrograma=OpenGLHelper.enlazar(
        idProgramaVertex, idProgramaFragment);
    boolean esProgramaValido=OpenGLHelper.validarPrograma(
        idPrograma);
    if (esProgramaValido){
        glUseProgram(idPrograma);
        this.idProgramaOpenGL=idPrograma;
    } else {
        Log.d("DEBUG", "No se pudo validar el programa");
    } //Fin del if
} //Fin de compilarShaders
} //Fin de la clase

```

El código de la clase OpenGLHelper quedará así:

```

public class OpenGLHelper {
    private static boolean LOGS_ACTIVADOS=true;
    public static String cargarFicheroPrograma(
        Context contexto, int idRecurso)
    {
        StringBuilder programa=
            new StringBuilder();

        try{
            Resources res=contexto.getResources();
            InputStream is=
                res.openRawResource(idRecurso);
            InputStreamReader isr=
                new InputStreamReader(is);
            BufferedReader bfr=
                new BufferedReader(isr);

            String linea;
            linea=bfr.readLine();
            while (linea!=null){
                programa.append(linea+"\n");
                linea=bfr.readLine();
            } //Fin del while
        } //Fin del try
        catch (IOException e){

```

```
        throw new RuntimeException(
            "No se pudo abrir el recurso "+
            "cuyo id era:"+idRecurso);
    } //Fin del catch IOException
    catch (Resources.NotFoundException nfe){
        throw new RuntimeException(
            "No se encontro el recurso "+
            "cuyo id era:"+idRecurso);
    }
    return programa.toString();
} //Fin de cargarFicheroPrograma
public static int compilarVertexShader
    (String codigo)
{
    int idPrograma;
    idPrograma=compilar(
        GL_VERTEX_SHADER, codigo);
    return idPrograma;
} //Fin de compilarVertexShader

public static int compilarFragmentShader
    (String codigo)
{
    int idPrograma;
    idPrograma=compilar(
        GL_FRAGMENT_SHADER, codigo);
    return idPrograma;
} //Fin de compilarFragmentShader
public static int compilar
    (int tipo, String codigo)
{
    int idShader;
    //Se pide a OpenGL que nos cree
    //un id de shader vacío
    idShader=glCreateShader(tipo);
    //Si es 0, es que hubo un error
    if (idShader==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "Fallo al crear shader");
        }
        return 0;
    }
    //Y si no hay error cargamos el codigo
    glShaderSource(idShader, codigo);
    //Lo compilamos
    glCompileShader(idShader);
    //Comprobamos si hay error al compilar
    int[] error=new int[1];
    /* Se consulta el estado de GL_COMPILE_STATUS
    * y se pide que se guarde el estado en el
    * vector error en la posicion 0*/
}
```

```

        glGetShaderiv(idShader,
                      GL_COMPILE_STATUS,
                      error, 0);
    if (error[0]==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG",
                  "Error al compilar, codigo:"+error[0]);
            Log.d("DEBUG", "Codigo:\n"+codigo);
            String msg=glGetShaderInfoLog(idShader);
            Log.d("DEBUG", "Mensaje:"+msg);
        }
    }
    /* Si no ha habido error todo fue bien
     * y tenemos un id de programa con
     * codigo compilado correctamente
     */
    return idShader;
} //Fin de compilar

public static int enlazar(int idVertexShader, int idFragmentShader){
    int idPrograma=glCreateProgram();
    if (idPrograma==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG",
                  "No se pudo crear un
                  programa OpenGL");
            return 0;
        }
    }
    /* Si se pudo crear un programa vacío se intentan enlazar
     * el vertexshader y el fragmentshader */
    glAttachShader(idPrograma, idVertexShader);
    glAttachShader(idPrograma, idFragmentShader);
    /* Se intenta hacer el enlazado*/
    glLinkProgram(idPrograma);
    /* Y se comprueba si hay errores*/
    int[] codigoError=new int[1];
    glGetProgramiv(idPrograma, GL_LINK_STATUS, codigoError, 0);
    if (codigoError[0]==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "Error al
            enlazar");
            String msg=
                glGetProgramInfoLog(idPrograma);
            Log.d("DEBUG", "Mensaje:"+msg);
            return 0;
        }
    }
    /* Si no hay errores, perfecto*/
    return idPrograma;
}

```

```
public static boolean validarPrograma(int idPrograma){
    /* Se intenta validar*/
    glValidateProgram(idPrograma);
    /* Y se comprueba si hay algun error*/
    int[] codigoError=new int[1];
    glGetProgramiv(idPrograma, GL_VALIDATE_STATUS, codigoError, 0);
    if (codigoError[0]==0){
        if (LOGS_ACTIVADOS){
            Log.d("DEBUG", "Error al enlazar");
            String msg=glGetProgramInfoLog(idPrograma);
            Log.d("DEBUG", "Mensaje:"+msg);
            return false;
        }
    }
    /* Si se llega aquí no hay error y el programa es válido
    * para el estado actual de OpenGL */
    return true;
} /*Fin de validar*/
}
```

---

## OpenGL: sombreado

---

### 8.1 Introducción

Hasta ahora hemos usado colores “planos”, sin embargo en la vida real toda superficie tiene distintas tonalidades, gradientes de color y/o sombras. En OpenGL se puede conseguir automáticamente el degradado progresivo de color en superficies de una forma bastante cómoda.

### 8.2 Suavizado de colores

El proceso en realidad es bastante sencillo: dados tres vértices de un triángulo podemos asociar un color a cada vértice y OpenGL realizará el degradado automáticamente.

La clave principal está en los atributos *varying*. Un *varying* proporciona una conexión entre un vertex shader y un fragment shader. Cuando se define un *varying* en un vertex shader OpenGL lo modifica y lo pasa al fragment shader. Por ejemplo, supongamos que creamos un triángulo con tres vértices de color rojo, verde y azul. Utilizando un *varying* OpenGL creará automáticamente los valores intermedios para crear el degradado de colores que se ve a continuación:

Nuestro programa OpenGL tendrá esta estructura, obsérvese que hemos modificado algunos nombres de variable:

Como se ve antes un fragmento tenía un color que asignábamos nosotros. Ahora el color lo tendrá el punto, sin embargo copiaremos dicho color en un *varying* y dicho color estará disponible para el fragment shader.

A continuación el vertex shader:

```
attribute vec4 posicion;
attribute vec4 color_vertice;

varying vec4 color_variante;
void main() {
    color_variante=color_vertice;
    gl_PointSize=10.0;
```

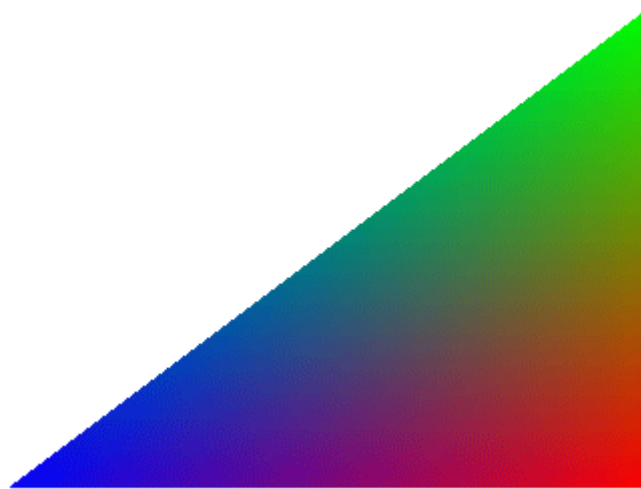


Figura 8.1: Degradado con OpenGL y varying's

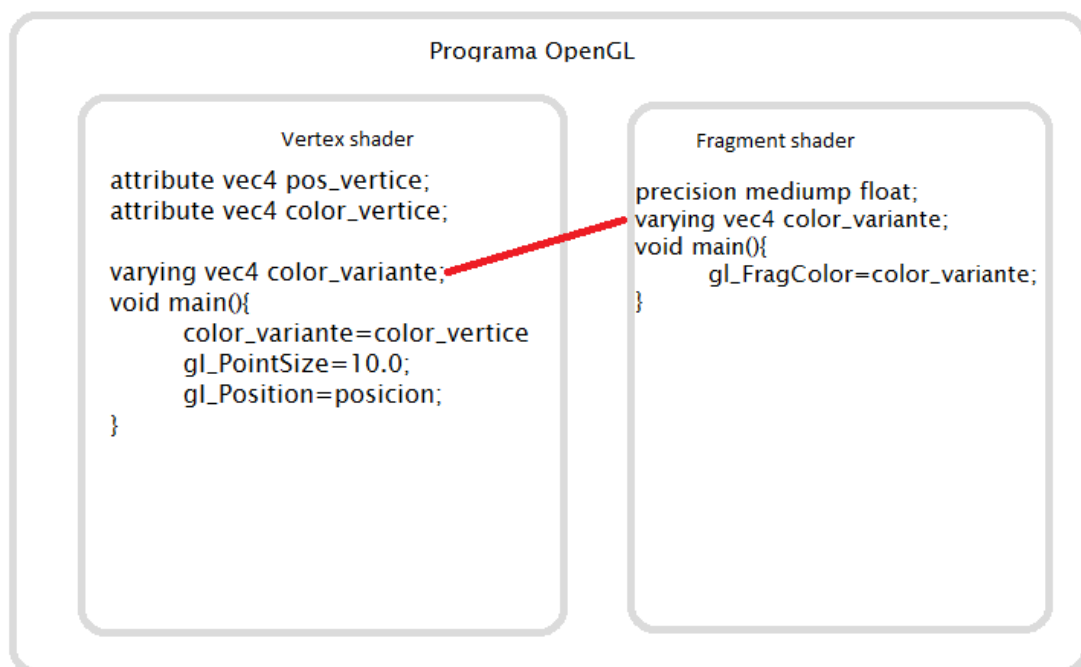


Figura 8.2: Estructura de un programa OpenGL con varying.

```
        gl_Position=posicion;
    }
```

Obsérvese que como `color_variante` es un `varying` que luego OpenGL pasará al fragment shader, en cada vértice nos tenemos que apuntar el color de dicho vértice.

A continuación el fragment shader:

```
precision mediump float;
varying vec4 color_variante;
void main() {
    gl_FragColor=color_variante;
}
```

Modifiquemos los vértices y añadamos a cada punto tres componentes RGB:

```
/* Ahora todos los vértices tienen un color*/
private float[] grupoTriangulos={
    //Vértice central de color blanco
    0,          0,          1, 1, 1,
    //Resto de vértices, ligeramente grises
    -0.5f,  -0.5f,  0.7f, 0.7f, 0.7f,
    0.5f,   -0.5f,  0.7f, 0.7f, 0.7f,
    0.5f,    0.5f,  0.7f, 0.7f, 0.7f,
    -0.5f,   0.5f,  0.7f, 0.7f, 0.7f,
    -0.5f,  -0.5f,  0.7f, 0.7f, 0.7f,
    //Linea divisoria, de color verde
    -0.5f,    0f,   0f, 1f, 0f,
    0.5f,     0f,   0f, 1f, 0f,
    //Pomo de abajo, azul
    0f,      -0.25f, 0f, 0f, 1f,
    //Pomo de arriba, rojo
    0f,       0.25f, 1f, 0f, 0f,
};
```

Ahora, al leer cada vértice tenemos que leer 2 componentes (x,y) y luego saltar 3 (rojo, verde, azul), leer 2 y saltar 3, y así sucesivamente. Necesitaremos algunas constantes más.

```
private int NUM_COMPONENTES_PUNTO=2;
private int NUM_COMPONENTES_COLOR=3;
private int BYTES_POR_FLOAT=4;
private int STRIDE = (
    NUM_COMPONENTES_PUNTO + NUM_COMPONENTES_COLOR
) * BYTES_POR_FLOAT;
```

Ahora tendremos que modificar el `onSurfaceCreated` para que ADEMÁS de leer todos los datos de vértices, también lea los colores de los vértices. Esto implica que habrá que crear que indicar otra dirección para ir comunicando a OpenGL los colores de cada vértice.

El código de la clase queda así:

```
public void onSurfaceCreated(GL10 arg0, EGLConfig arg1) {
    glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
```

```
compilarShaders();

direccionColorVertice=glGetAttribLocation(
    idProgramaOpenGL,nombreAtrColorVertice);
this.direccionPosicionVertice=glGetAttribLocation(
    idProgramaOpenGL,this.nombreAtrPosVertice);

datosVertices.position(0);
glVertexAttribPointer(direccionPosicionVertice,
    this.NUM_COMPONENTES_PUNTO, GL_FLOAT,false, STRIDE,datosV
/* Habilitar los datos*/
glEnableVertexAttribArray(direccionPosicionVertice);

/* Aquí en lugar de las posiciones, se van leyendo los colores
 * por lo que hay que empezar a leer en otra posicion
 */
datosVertices.position(NUM_COMPONENTES_PUNTO);
glVertexAttribPointer(direccionColorVertice,this.NUM_COMPONENTES_COLOR,
    GL_FLOAT, false, STRIDE, datosVertices);
/* Y se habilita la lectura de colores*/
glEnableVertexAttribArray(direccionColorVertice);
} //Fin de onSurfaceCreated
@Override
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    /* Mesa*/
    glDrawArrays(GL_TRIANGLE_FAN, 0,6);
    /* Linea divisoria*/
    glDrawArrays(GL_LINES, 6,2);
    /* Pomos*/
    glDrawArrays(GL_POINTS, 8,1);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 9,1);
}
```

El resultado que se obtendrá se muestra a continuación:



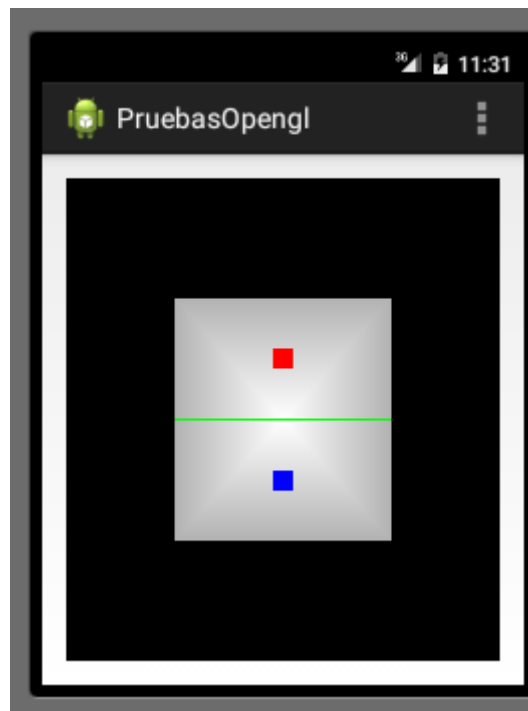


Figura 8.3: Suavizado de colores.



---

## OpenGL: perspectiva

---

### 9.1 Introducción

Hasta ahora hemos ejecutado el juego en la posición habitual del móvil (vertical). Si se ejecuta el juego en perspectiva horizontal (puede usar `Ctrl+F11` en el simulador) se observará lo siguiente:

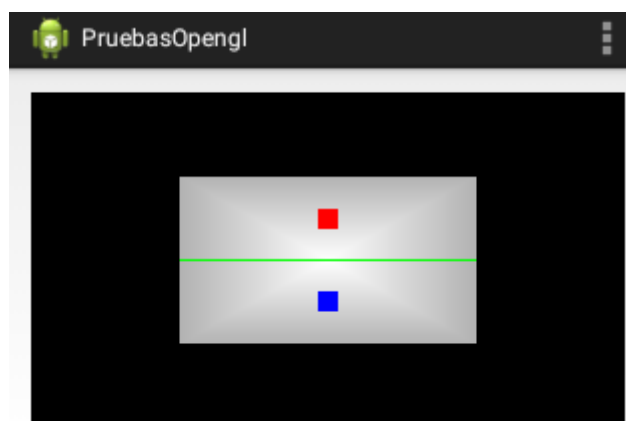


Figura 9.1: Juego en perspectiva horizontal

Como puede apreciarse aunque nuestra mesa está definida como un cuadrado **lo que en realidad se ve es un rectángulo**. Esto se debe a que en OpenGL se definen distintos sistemas de coordenadas y hasta ahora hemos trabajado directamente con las coordenadas del dispositivo, llamadas también “coordenadas normalizadas de dispositivo”.

### 9.2 La proporcionalidad

Supongamos un dispositivo Android con una resolución de 1280x720 puntos. Está claro que aunque dibujemos en el rango  $[-1, 1]$  las coordenadas reales de Android estarán en el rango  $[0, 1280]$  para un eje y  $[0, 720]$  para el otro, lo cual nos da una pantalla en la que las medidas **no son proporcionales**.

Lo que necesitamos es disponer de un sistema de coordenadas tal que si por ejemplo el rango [0,720] lo comprimimos a [-1, 1] el rango [0,1280] habría que comprimirlo a [-(1280/720), (1280/720)]. Es decir, necesitamos disponer de un sistema de “coordenadas virtuales”.

Para pasar de nuestro sistema de “coordenadas virtuales” a “coordenadas de dispositivo” hay que hacer un proceso llamado “proyección”, en concreto queremos una “proyección ortográfica”, en la que todos los objetos se muestran de igual tamaño, sin importarnos su distancia.

## 9.3 Conceptos básicos de algebra

- Un vector es un conjunto de elementos. Un vector puede por ejemplo, representar las coordenadas x,y,z,w de un punto. Por ahora no usaremos w, dejaremos un valor por defecto de -1:

```
| x |
| y |
| z |
| w |
```

- Una matriz es un vector de dos dimensiones:

```
| x1 x2 x3 x4 |
| y1 y2 y3 y4 |
| z1 z2 z3 z4 |
| w1 w2 w3 w3 |
```

- Una matriz se puede multiplicar por un vector haciendo esta operación (obsérvese que al multiplicar una matriz por un vector el resultado es un vector:

```
| x1 x2 x3 x4 |      | x |      | x1x + x2y + x3z + x4w |
| y1 y2 y3 y4 |      *  | y | =  | y1x + y2y + y3z + y4w |
| z1 z2 z3 z4 |      | z |      | z1x + z2y + z3z + z4w |
| w1 w2 w3 w3 |      | w |      | w1x + w2y + w3z + w4w |
```

- Existe una matriz especial llamada *matriz identidad*. Al multiplicarla por un vector se obtiene el mismo vector (es decir como multiplicar un número por uno):

```
| 1 0 0 0 |
| 0 1 0 0 |
| 0 0 1 0 |
| 0 0 0 1 |
```

- Un vector se puede “trasladar” a otra posición utilizando una matriz. Es decir, supongamos que tenemos un punto en unas coordenadas “ficticias” (2,3,4) que queremos resituar en un nuevo sistema de coordenadas. Si por ejemplo queremos mover el punto 2 posiciones a la derecha, 3 hacia abajo (y negativa) sin cambiar la z usaremos una matriz identidad en la que ponemos la cantidad de movimiento así:

```
| 1 0 0 diferencia de x |
| 0 1 0 diferencia de y |
```

```
| 0 0 1 diferencia de z |
| 0 0 0      1          |
```

Es decir, nuestra “matriz de traslación” tendrá una diferencia de x de 2 y una diferencia de y de -3, porque y va hacia abajo:

```
| 1 0 0  2 |
| 0 1 0 -3 |
| 0 0 1  0 |
| 0 0 0  1 |
```

Si ahora multiplicamos nuestra matriz de traslación por nuestro punto original podremos ver si ha habido una traslación de verdad:

```
| 1 0 0  2 |   | 2 |   | (1*2) + (0*3) + (0*4) + (2*1) |   | 4 |
| 0 1 0 -3 | * | 3 | = | (0*2) + (1*3) + (0*4) + (-3*1) | = | 0 |
| 0 0 1  0 |   | 4 |   | (0*2) + (0*3) + (1*4) + (0*-1) |   | 4 |
| 0 0 0  1 |   | 1 |   | (0*2) + (0*3) + (0*4) + (1*1) |   | 1 |
```

Es decir, el punto (2,3,4) ha pasado a ser el (4,0,4), es decir, se ha movido dos posiciones a la derecha y tres hacia abajo, como queríamos.

## 9.4 Definiendo una proyección ortográfica

Usando una matriz especial podemos crear un nuevo sistema de coordenadas que realmente esté entre [-1,1] para un eje y de [-1.78, 1.78] para el otro. En concreto se puede utilizar un método de la clase `Matrix` llamado `orthoM`. El método acepta estos parámetros

- Un vector en el que se escribirá el punto resultado
- Un offset que permite empezar a escribir en el vector en una posición distinta de 0 (aunque normalmente usaremos 0)
- Dos float que indican el valor mínimo y máximo del eje X.
- Dos float que indican el valor mínimo y máximo del eje Y.
- Dos float que indican el valor mínimo y máximo del eje Z.

Una cuestión importante es que en general el eje X crece hacia la derecha y el Y hacia arriba, pero ¿hacia donde crece el eje Z? Hay dos reglas, la de la mano derecha y la de la mano izquierda. En general podemos usar las dos manos poniendo siempre el pulgar apuntando a X+ y el índice hacia Y+

- Si usamos la mano derecha y estiramos el dedo central, veremos que la Z+ apunta hacia nosotros.
- Si usamos la mano izquierda y estiramos el dedo central, la Z+ se aleja de nosotros.

Por desgracia ha habido distintos estándares aunque hoy en día se usa el de la mano izquierda, pero podría haber problemas en versiones anteriores de OpenGL.

## 9.5 Añadiendo la proyección ortográfica

En primer lugar hay que actualizar el vertex shader:

```
attribute vec4 pos_vertice;
attribute vec4 color_vertice;
uniform mat4 matriz_proyeccion;
varying vec4 color_variante;
void main() {
    color_variante=color_vertice;
    gl_PointSize=10.0;
    gl_Position=matriz_proyeccion*pos_vertice;
}
```

Ahora necesitamos un método que nos genere la matriz correcta. Antes de generarla necesitamos saber si es mayor la anchura o la altura, para que la dimensión menor esté en [-1,1] y la mayor en [-1.78, 1.78], por ejemplo. Este método nos ayudará:

```
private final float[] getProyeccion(float anchura, float altura) {
    float[] matriz=new float[16];
    float proporcion;
    if (anchura>altura) {
        /* En este caso la altura irá entre -1 y 1
        * y la anchura usará un rango mayor proporcionalmente */
        proporcion=anchura/altura;
        Matrix.orthoM(
            matriz, 0, -proporcion, proporcion,-1, 1, -1, 1);
        return matriz;
    }
    /* En caso contrario, la anchura va de -1 a 1 y
    * la altura en un rango -proporcion,+proporcion */
    proporcion=altura/anchura;
    Matrix.orthoM(
        matriz, 0, -1, 1, -proporcion, proporcion, -1, 1);
    return matriz;
}
```

Aparte de eso tenemos que modificar el `onSurfaceCreated` para poder leer el nuevo uniform que hay en el vertex shader y pasarle el valor creado.

```
public void onSurfaceCreated(GL10 arg0, EGLConfig arg1) {
    /*... codigo omitido*/
    direccionMatrizProyeccion=
        glGetUniformLocation(
            idProgramaOpenGL,
            nombreUniMatrizProyeccion);

    } //Fin de onSurfaceCreated
```

Se modifica el `onSurfaceChanged` para que se recalcule la matriz:

```
public void onSurfaceChanged(GL10 arg0, int width, int height) {
    glViewport(0,0,width,height);
    matrizProyeccion=getProyeccion(width, height);
}
```

Y se modifica el dibujado para que pase la matriz:

```
public void onDrawFrame(GL10 arg0) {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
    /* Mesa */
    glDrawArrays(GL_TRIANGLE_FAN, 0,6);
    /* Linea divisoria */
    glDrawArrays(GL_LINES, 6,2);
    /* Pomos */
    glDrawArrays(GL_POINTS, 8,1);
    glDrawArrays(GL_POINTS, 9,1);
    glUniformMatrix4fv(
        /*direccion a la que enviar los datos*/
        this.direccionMatrizProyeccion,
        /* Cantidad de matrices */
        1,
        /*¿Debe OpenGL transponer la matriz*/
        false,
        /* Datos a enviar */
        matrizProyeccion,
        /* Posicion en la que empezar a leer */
        0);
}
```

Ahora el resultado final queda así:

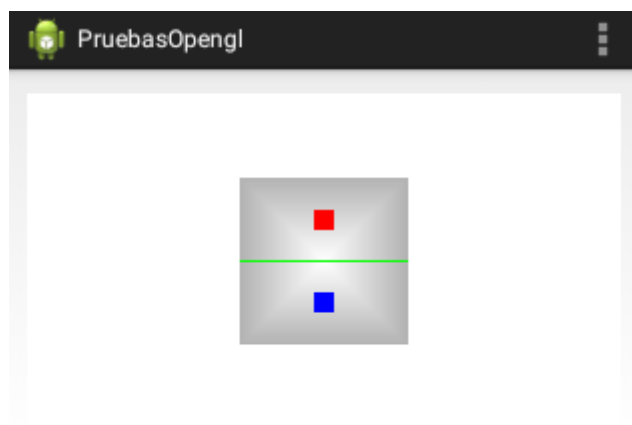


Figura 9.2: Mesa perfectamente cuadrada