



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Modelo a escala del sistema solar en Processing**

Computación visual

Juan Sebastian Herrera Maldonado

Profesor: Jean Pierre Charalambos Hernandez

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería  
Bogotá, Colombia  
2018-II

# Introducción

Una información en teoría fácil de encontrar, pero difícil de comprender, son las escalas de tamaños en el Universo. Nuestro propio Sistema Solar nos sorprende con lo enorme que es, comparado con nuestro planeta, y lo difícil que resulta visualizarlo a escala real. Una vez que somos capaces de verlo, invariablemente sobreviene el asombro y la comprensión sobre el planeta Tierra.

El sistema solar permite aventurar a niños, jóvenes y adultos a realizar comparaciones entre los diferentes planetas lo que les llevará a tener una mayor comprensión del funcionamiento del universo. Es difícil visualizar las distancias y los tamaños del sistema solar porque los números son muy grandes. Al hacer el modelo a escala, se tendrá que dividir la cifra por un número que sirva de factor de escala.

En todas las ocasiones el principal objetivo del modelo a escala es hacer que sean comprensibles y entendibles los datos. Los millones de km y demás datos relevantes del sistema solar no son fácilmente imaginables, en cambio sí estos se representan mediante una interfaz virtual fácil de utilizar que ofrece mayor interactividad, esto facilita mucho la comprensión y el estudio del sistema solar.

Los medios visuales aparte de ofrecer una mejor interacción con el modelo del sistema solar, permiten al ser humano tener nuevas perspectivas de la tecnología, dado que es uno de los medios más utilizados para el desarrollo de investigaciones que sin ayuda de imágenes y apoyo visual no tendrían la misma validez. Lo ideal es que el ser humano busque más allá de lo que a simple vista sus ojos perciben, y se apoye en los avances tecnológicos, que precisamente son constantemente trabajados para la continua evolución del ser humano.

# Objetivo

Construir un modelo a escala virtual desplegado en android del sistema solar, escalando el tamaño, la distancia, el periodo de rotación, el periodo orbital y la inclinación orbital de los objetos que componen el sistema solar, implementando los conocimientos adquiridos durante el curso de Computación Visual de la Universidad Nacional de Colombia. Además de proporcionar interactividad a los objetos de la aplicación desde una fuente de entrada de la manera más 'simple' posible, para este caso como fuente de entrada se utilizaron los dispositivos android.

# Marco teórico

## I. Sistema solar

El estudio del Sistema Solar es importante para la humanidad puesto que es lo que está a su alcance, y siente que tiene la posibilidad de conocerlo, comprenderlo y utilizarlo para su beneficio.

Está formado por el Sol, planetas, lunas, planetas menores, cometas, meteoritos, gas y polvo. Los planetas se suelen dividir en interiores y exteriores. Los interiores: Mercurio, Venus, la Tierra y Marte; se encuentran relativamente cerca al Sol; mientras que los Exteriores: Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón están en promedio 25 veces más lejos.

Todos los planetas se trasladan alrededor del Sol en órbitas elípticas y, al mismo tiempo, rotan sobre sí mismos. En la mayoría de los casos la dirección de la rotación coincide con la de traslación. Un hecho curioso es que entre más cerca esté un planeta del Sol, se mueve con mayor velocidad (Mercurio se mueve a 48 km/seg, la Tierra a 30 km/seg y Plutón a 5 km/seg). Las órbitas de los planetas están casi en el mismo plano, el de la eclíptica, en cambio las órbitas de los cometas suelen tener todo tipo de inclinaciones.

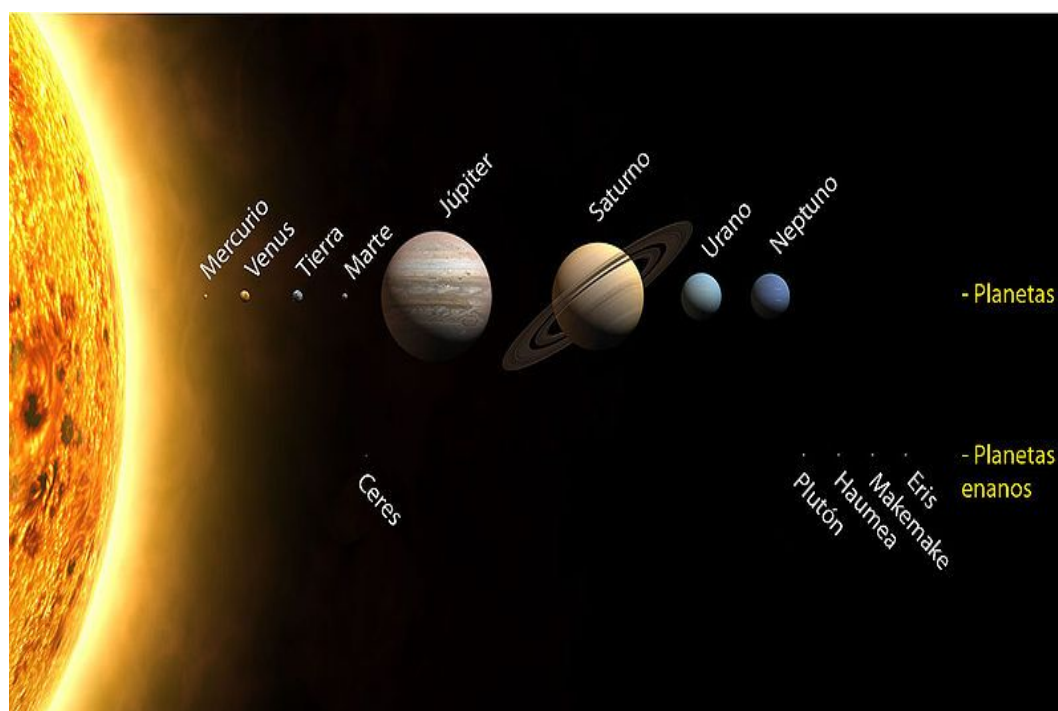
### **Tamaño de los planetas del sistema solar:**

En la siguiente imagen se observan las diferentes características de los planetas, entre ellas está su tamaño, su radio, la distancia al sol (representada en kilómetros), la cantidad de lunas que dispone, el periodo de rotación (la cantidad de tiempo que tarda en dar la vuelta al sol), su órbita (la cantidad de tiempo que tarda en dar la vuelta), y sus inclinaciones del eje y orbital (representadas en grados).

Planetas	Tamaño (Diámetro)	Radio ecuatorial	Distancia al Sol (km.)	Lunas	Periodo de Rotación	Órbita	Inclinación del eje	Inclinación orbital
MERCURIO	4.880 km.	2.440 km.	57.910.000	0	58,6 días	87,97 días	0,00 °	7,00 °
VENUS	12.104 km.	6.052 km.	108.200.000	0	-243 días	224,7 días	177,36 °	3,39 °
LA TIERRA	12.756 km.	6.378 km.	149.600.000	1	23,93 horas	365,256 días	23,45 °	0,00 °
MARTE	6.794 km.	3.397 km.	227.940.000	2	24,62 horas	686,98 días	25,19 °	1,85 °
JÚPITER	142.984 km.	71.492 km.	778.330.000	16	9,84 horas	11,86 años	3,13 °	1,31 °
SATURNO	108.728 km.	60.268 km.	1.429.400.000	18 *	10,23 horas	29,46 años	25,33 °	2,49 °
URANO	51.118 km.	25.559 km.	2.870.990.000	15	17,9 horas	84,01 años	97,86 °	0,77 °
NEPTUNO	49.532 km.	24.746 km.	4.504.300.000	8	16,11 horas	164,8 años	28,31 °	1,77 °
PLUTÓN	2.320 km.	1.160 km.	5.913.520.000	1	-6,39 días	248,54 años	122,72 °	17,15 °

### Gráfico comparativo:

Este gráfico muestra la diferencia en tamaño que existe entre los planetas, puesto que hay unos con mayor densidad que otros, y la distancia que los separa del sol si se ve desde una dimensión lineal.



## II. Computación Visual

La computación visual por ordenador es el campo de la informática visual, donde se utilizan computadoras tanto para generar imágenes visuales sintéticamente como integrar o cambiar la información visual y espacial probada del mundo real.

**Gráficos 3D :** Con el nacimiento de las estaciones de trabajo (como las máquinas LISP, Paintbox computers y estaciones de trabajo Silicon Graphics) llegaron los gráficos 3D, basados en la gráfica de vectores. En vez de que la computadora almacene la información sobre puntos, líneas y curvas en un plano bidimensionales, la computadora almacena la posición de puntos, líneas y típicas caras (para construir un polígono) en un Espacio de tres dimensiones. Los polígonos tridimensionales son la sangre de prácticamente todos los gráficos 3d realizados en computadora. Como consiguiente, la mayoría de los motores de gráficos de 3D están basados en el almacenaje de puntos (por medio de 3 simples coordenadas dimensionales X, Y, Z), líneas que conectan aquellos grupos de puntos, las caras son definidas por las líneas, y luego una secuencia de caras crean los polígonos tridimensionales. El software actual para generación de gráficos va más lejos de sólo el almacenaje de polígonos en la memoria de computadora. Las gráficas de hoy no son el producto de colecciones masivas de polígonos en formas reconocibles, ellas también resultan de técnicas en el empleo de Shading (sombreadores), texturing (texturizado o mapeado) y la rasterización (en referencia a mapas de bits).

**Processing para Android:** Processing para Android fue diseñado para crear aplicaciones de Android con facilidad, incluidos fondos de pantalla en vivo, caras de visualización y aplicaciones de realidad virtual. Permite ejecutar los bocetos de procesamiento en dispositivos Android (teléfonos, tabletas, relojes) con pocos o ningún cambio en el código, y sin preocuparse por instalar archivos SDK o editar archivos de diseño. El procesamiento para Android también permite acceder a la API de Android para leer datos del sensor y exportar el boceto como un paquete firmado listo para cargar en Google Play Store.

## III. Dispositivo de interfaz humana

HID (por sus siglas en inglés *Human Interface Device*) hace referencia a un tipo de interfaces de usuario para computadores que interactúan directamente, tomando entradas proveniente de humanos, y pueden entregar una salida a los humanos. Las principales motivaciones para HID eran las de permitir innovaciones en los dispositivos de entrada a la computadora y simplificar el proceso de instalar estos dispositivos.

# Modelo virtual

El modelo está realizado en el lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado Processing que es una plataforma para promover la alfabetización en software dentro de las artes visuales.

Basados en un ejemplo de <https://youtu.be/FGAwi7wpU8c> de Daniel Shiffman se desarrolló el modelo completo del sistema solar. Para añadir el ámbito interactivo del movimiento del observador se utilizó la librería peascam v302 de Jonathan Feinberg.

Para lograr la interacción con Android se utilizó la librería Processing for Android que sirve para crear aplicaciones de Android con facilidad, incluidos fondos de pantalla en vivo, caras de visualización y aplicaciones de realidad virtual. Y en cuanto a la lectura de los sensores de movimiento del dispositivo android se utilizó la librería Ketai que permite crear aplicaciones móviles utilizando Processing, Ketai brinda acceso directo a sensores, cámaras y hardware del dispositivo.

## I. Escala

La escala es la relación que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa. Es la relación de proporción que existe entre las medidas de un mapa con las originales.

Como se mencionó anteriormente específicamente para este el modelamiento del sistema solar es de gran importancia realizar un buen escalamiento para que no se pierdan las proporciones y se pueda realizar una interpretación correcta del modelo escalado.



- **Escala Radio ecuatorial**

Planetas	Radio ecuatorial	Radio ecuatorial escalado (r/1000)
Mercury	2440	2,44
Venus	6052	6,052
Earth	6378	6,378
Mars	3397	3,397
Jupiter	71492	71,492
Saturn	60268	60,268
Uranus	25559	25,559
Neptune	24746	24,746
Pluto	1160	1,16

- **Escala Distancia al sol**

Planetas	Distancia al Sol (km.)	Escala distancia ( 1/3000000 )
Mercury	57.910.000	19,30333333
Venus	108.200.000	36,06666667
Earth	149.600.000	49,86666667
Mars	227.940.000	75,98
Jupiter	778.330.000	259,4433333
Saturn	1.429.400.000	476,4666667
Uranus	2.870.990.000	956,9966667
Neptune	4.504.300.000	1501,433333
Pluto	5.913.520.000	1971,173333

- **Escala Periodo de rotación ( alrededor de su propio eje )**

Planetas	Periodo de Rotación (dias)	Escala P. de R. (1/dias/100)
Mercury	58,60000	0,000171
Venus	-243,00000	-0,000041
Earth	0,99708	0,010029
Mars	1,02583	0,009748
Jupiter	0,41000	0,024390
Saturn	0,42625	0,023460
Uranus	0,74583	0,013408
Neptune	0,67125	0,014898
Pluto	-6,39000	-0,001565



- **Escala Periodo de rotación orbital ( alrededor del sol )**

Planetas	Periodo de Rotación orbital (dias)	Escala P. de R. o. (1/dias)
Mercury	87,97000	0,000114
Venus	224,70000	0,004450
Earth	365,25600	0,002738
Mars	686,98000	0,001456
Jupiter	4.331,93616	0,000231
Saturn	10.760,44176	0,000093
Uranus	30.685,15656	0,000033
Neptune	60.194,18880	0,000017
Pluto	90.780,72624	0,000011

- **Escala Periodo de rotación orbital ( alrededor del sol )**

Planetas	Inclinación orbital Grados	Inclinación orbital Radianes
Mercury	7	0,12217
Venus	3,39	0,05917
Earth	0	0,00000
Mars	1,85	0,03229
Jupiter	1,31	0,02286
Saturn	2,49	0,04346
Uranus	0,77	0,01344
Neptune	1,77	0,03089
Pluto	17,15	0,29932

- **Cantidad de lunas por planeta**

Planetas	Lunas
Mercury	0
Venus	0
Earth	1
Mars	2
Jupiter	16
Saturn	18 *
Uranus	15
Neptune	8
Pluto	1

Se utilizaron las siguientes funciones de escalamiento:

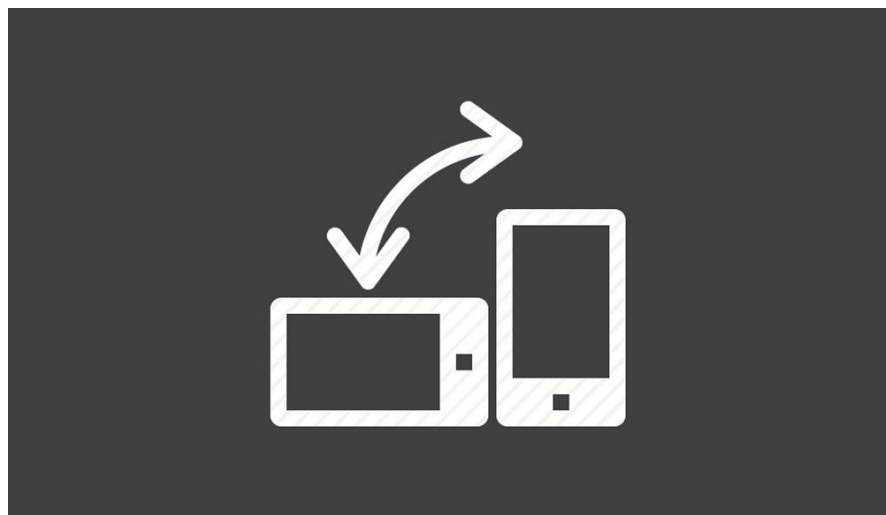
```
//Escala  
//RADIO KM  
float rad_scale(float v ){ return v/1000; }//1000  
//DISTANCIA KM  
float dis_scale(float v ){ return v/3000000; }//1000000  
// angulo periodo rotacion sobre su eje  
float inv_scale(float v ){ return 1/v / 100; }  
// angulo periodo rotacion oorbital sobre el sol  
float inv_scale2(float v ){ return 1/v ; }
```

## II. Interacción

**Dispositivo de interfaz humana :** Como dispositivo de interfaz humana se utilizaron los dispositivos android. El modelo puede ser desplegado en cualquier dispositivo con android 8.0 o superior.

**Navegación:** El usuario puede recorrer el escenario en primera persona de forma libre y autónoma a través de todo el espacio de coordenadas, donde se puede visualizar los distintos tamaños, distancias y rotaciones a escala de los objetos que componen el sistema solar.

**Manipulación:** El dispositivo debe colocarse de modo horizontal para la correcta lectura de los sensores.



El usuario puede desplazarse hacia adelante o atrás tocando la mitad izquierda o derecha respectivamente. Puede girar su vista en el espacio (arriba, abajo, derecha, izquierda) mediante el uso del giroscopio del dispositivo.

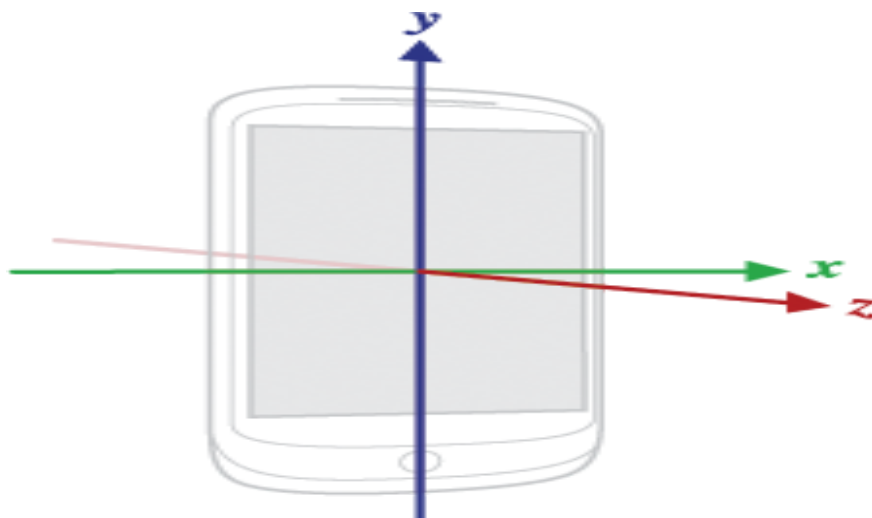
**Traslación (Avanzar , Retroceder) en el mundo 3D:** Para realizar esta traslación se lee el touch de la pantalla. Si el usuario toca la mitad izquierda de la pantalla, la cámara se traslada hacia atrás (retrocede). Si el usuario toca la mitad derecha de la pantalla, la cámara se traslada hacia adelante,

En ambos casos (avanzar retroceder) la lógica de traslación de la cámara es la siguiente:

- Se parametriza una línea recta usando como puntos de control, la posición de la cámara y el objeto que está mirando la cámara.
- Si se quiere avanzar se utiliza un parámetro  $u > 1$ .
- Si se quiere retroceder se utiliza un parámetro  $u < 1$ .

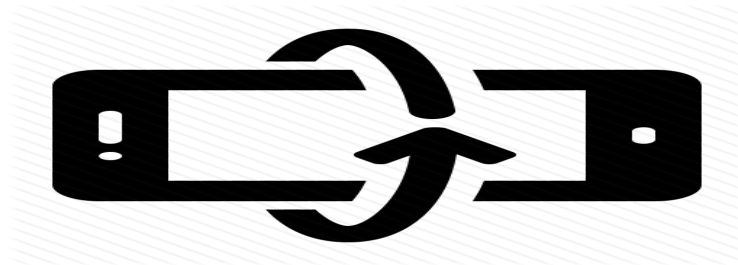
**Rotación de la vista ( Arriba , Abajo, Derecha, izquierda ) en el mundo 3D:** Para realizar estas rotación se utilizó la librería Ketai .KetaiSensor por medio del método void [onAccelerometerEvent\(\)](#) nos permite la lectura del giroscopio del dispositivo android, una vez con esto se realizaron un conjunto de reglas para relacionar los movimientos en el móvil con la rotación de la cámara en el modelo 3D.

**Giroscopio de los dispositivos android:** En el caso del acelerómetro, los datos consisten en tres números flotantes, que representan la aceleración a lo largo de los ejes X, Y y Z del dispositivo, definidos de la siguiente manera:

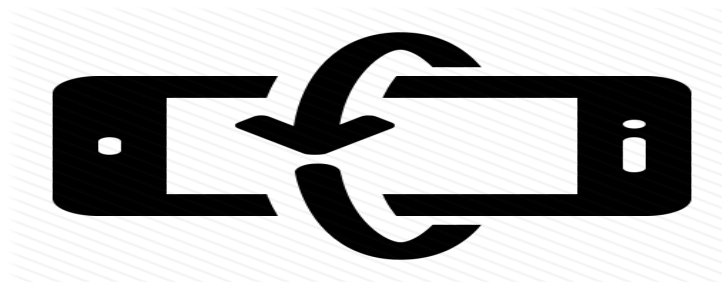


## Reglas de interacción:

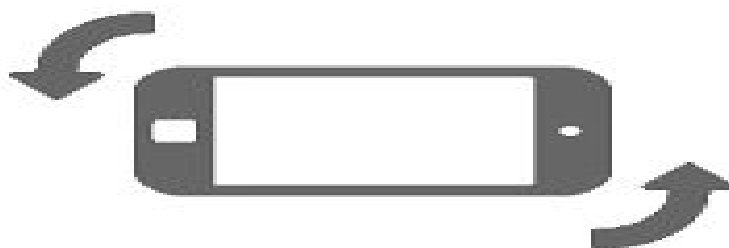
- **Abajo** : Si la parte entera del giroscopio en Z es mayor a 3 ( $\text{floor}(\text{accelerometerZ}) > 3$ ), se rotará la cámara en su eje Y 0.1 radianes (5,7 grados) (`cam.rotateY(0.1)`) y por último se ajustara el objeto que mirara la cámara como contiguo a la posición después de la rotación.



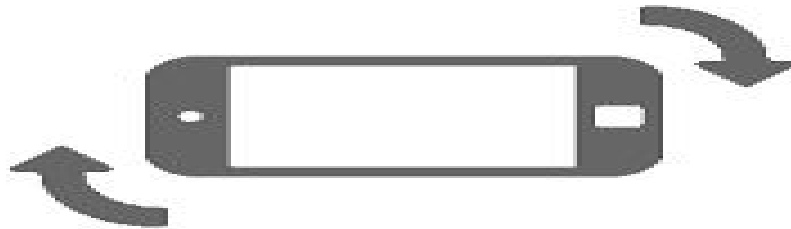
- **Arriba**: Si la parte entera del giroscopio en Z es menor a -2 ( $\text{floor}(\text{accelerometerZ}) < -2$ ), se rotará la cámara en su eje Y -0.1 radianes (-5,7 grados) (`cam.rotateY(-0.1)`) y por último se ajustara el objeto que mirara la cámara como contiguo a la posición después de la rotación.



- **Izquierda**: Si la parte entera del giroscopio en Y es menor a -3 ( $\text{floor}(\text{accelerometerY}) < -3$ ), se rotará la cámara en su eje X -0.1 radianes (-5,7 grados) (`cam.rotateX(-0.1)`) y por último se ajustara el objeto que mirara la cámara como contiguo a la posición después de la rotación.



- **Derecha:** Si la parte entera del giroscopio en Y es mayor a 3 ( $\text{floor}(\text{accelerometerY}) > 3$ ), se rotará la cámara en su eje X 0.1 radianes (5,7 grados) ( $\text{cam.rotateX}(0.1)$ ) y por último se ajustara el objeto que mirara la cámara como contiguo a la posición después de la rotación.



- **Reposo:** Para que la cámara se encuentre en reposo debe cumplir que los giroscopios del dispositivo android respeten las siguientes reglas:
  - $\text{floor}(\text{accelerometerY}) \leq 3 \ \&\& \ \text{floor}(\text{accelerometerY}) \geq -3$
  - $\text{floor}(\text{accelerometerZ}) \geq -2 \ \&\& \ \text{floor}(\text{accelerometerZ}) \leq 3$

# Conclusiones

Mediante el desarrollo de la aplicación se observó la importancia de aplicar modelos como el sistema solar en aplicaciones móviles, dado que cualquier persona no importa su edad, puede interactuar, conocer y mejorar su visión respecto a las dimensiones de los planetas, lunas, órbitas, etc.

La integración entre “android para processing” y processing facilita la creación y la migración de cualquier modelo que se encuentre desarrollado solo en processing a android, ya que sería solo cuestión de capturar y configurar la interacción que tendrá el usuario en android.

A la hora de interactuar con modelo 3D es de gran importancia tener claro cuáles serán los movimientos que se realizarán en el espacio y como se realizaron. En este punto es importante realizar un análisis detallado (cantidad de grados de libertad, rangos de movimiento, etc ) de las características del dispositivo de interfaz humana para así poder definir la interacción con el modelo.

# Bibliografía

- <https://www.infolaso.com/tamano-de-los-planetas.html>
- <https://android.processing.org/index.html>
- <http://mrfeinberg.com/peasycam/#demos>
- <https://visualcomputing.github.io/Interaction/>
- <http://ketai.org/>
- <http://codingtra.in>
- <http://patreon.com/codingtrain>