

Justificación de Fórmulas y Valores

Proyecto personal FabLab

Jefe de proyecto:

Alejandro Diaz (kevin.diaz@alumnos.uv.cl)

1. Introducción

El presente documento tiene como finalidad principal exponer y justificar el uso de fórmulas y valores astronómicos auténticos en el desarrollo de un proyecto de realidad virtual centrado en la astronomía. Este proyecto busca no solo recrear visualmente el cosmos de manera inmersiva, sino también asegurar que las representaciones sean científicamente precisas y educativas. La correcta aplicación de fórmulas astronómicas es esencial, ya que proporciona una base sólida para la simulación de fenómenos celestes, garantizando que los usuarios experimenten una versión virtual del universo que refleje fielmente sus complejidades y maravillas. La documentación detalla cómo cada valor utilizado se deriva de investigaciones astronómicas consolidadas y el cuidadoso cálculo que asegura la veracidad y la exactitud en este entorno virtual educativo.

2. Elementos del Sistema

2.1. Introducción a los Elementos del Sistema

A lo largo del desarrollo de este proyecto, iremos incorporando y explicando progresivamente los distintos elementos que componen nuestro sistema solar. Esta sección inicial ofrece un vistazo a los cuerpos celestes y fenómenos que serán simulados, desde los planetas principales hasta los objetos más diminutos del espacio.

2.2. Elementos Principales

Son los elementos más visibles y característicos de la simulación

Sol: La estrella central del sistema solar, esencial para la vida por su luz y calor. Su gravedad mantiene a los planetas en sus órbitas.

Planetas Terrestres:

1. **Mercurio:** El más cercano al Sol, con una superficie marcada por cráteres.
2. **Venus:** Con una atmósfera densa y efecto invernadero extremo.
3. **Tierra:** Nuestro hogar, con condiciones únicas para la vida.
4. **Marte:** El planeta rojo, conocido por su terreno rocoso y posibilidad de haber albergado agua líquida.

Gigantes Gaseosos:

5. **Júpiter:** El más grande, con una gran mancha roja y un campo magnético fuerte.
6. **Saturno:** Famoso por su impresionante sistema de anillos.

Gigantes Helados:

7. **Urano:** Con una rotación inclinada y una atmósfera fría.
8. **Neptuno:** Conocido por sus rápidos vientos y manchas oscuras.

2.3. Elementos Secundarios

Dentro de la arquitectura del sistema solar, existen elementos que, aunque no tan prominentes como los planetas o el Sol, desempeñan papeles cruciales tanto en la dinámica orbital como en el enriquecimiento visual de nuestra simulación.

- **Lunas:** Estos cuerpos varían en tamaño y composición, orbitando alrededor de muchos de los planetas. Su presencia es vital para la simulación, ya que pueden influir en aspectos como las mareas planetarias y la estabilidad de las órbitas.
- **Anillos Planetarios:** Los anillos son formaciones de partículas de hielo y roca que orbitan alrededor de algunos gigantes gaseosos, agregando una dimensión visual impresionante a la simulación y ofreciendo perspectivas sobre los procesos de formación planetaria.

2.4. Cuerpos Menores

Para simular el dinamismo del sistema solar se utilizan los asteroides para el entorno, mientras que cometas ofrecen eventos, entre otros

- **Asteroides:** Distribuidos en el cinturón principal, son remanentes de la formación del sistema solar y clave para entender su historia.
- **Cometas:** Originarios de las profundidades del espacio, su aparición ocasional en la simulación brinda un espectáculo de luz y movimiento.
- **Meteoroides:** Pequeños pero impactantes, al colisionar con las atmósferas planetarias, crean eventos visuales como meteoros y cráteres.

2.5. Objetos Transneptunianos

Son fundamentales para entender la periferia de nuestro sistema solar.

- **Cinturón de Kuiper:** Contiene cuerpos como Plutón, cruciales para mostrar la diversidad y extensión del sistema solar.
- **Objetos Dispersos:** Incluyen a Eris, que aporta información sobre la distribución de masa en las fronteras de nuestro sistema planetario.

2.6. Fenómenos y Estructuras a Gran Escala

Procesos significativos que influyen en la estructura y la historia del sistema solar, incluyendo las colisiones y otras interacciones a gran escala que se manifiestan en la vastedad del espacio.

- **Colisiones de Cuerpos Menores:** Esenciales en la simulación para demostrar la formación de cráteres y contribuir al entendimiento de la evolución geológica del sistema solar.

3. Parámetros Físicos Planetarios

3.1. Características Físicas

Características básicas de los planetas, como su tamaño y albedo, que determinan su apariencia y algunas propiedades físicas clave en una simulación.

Tamaño (diámetro o radio): Estas medidas son cruciales para representar la escala relativa de los planetas y otros objetos. Afectan cómo se ven a simple vista y a través de telescopios en la simulación.

En cuanto al tamaño de los planetas, una fuente proporciona los diámetros aproximados de los planetas del sistema solar [1]

- **Mercurio:** 4,880 km.
- **Venus:** 12,104 km.
- **Tierra:** 12,756 km.
- **Marte:** 6,794 km.
- **Júpiter:** 142,984 km.
- **Saturno:** 108,728 km.
- **Urano:** 51,118 km.
- **Neptuno:** 49,532 km.

Albedo (reflectividad): Es la proporción de radiación que refleja un cuerpo en comparación con cuánta recibe. Influye en la luminosidad aparente de los cuerpos celestes y es vital para modelar correctamente la iluminación y el aspecto visual de los objetos en la simulación.

Los valores de albedo para algunos de los planetas son los siguientes, según lo proporcionado por la fuente "Ciencia de Hoy" [2]

- **Mercurio:** Albedo de aproximadamente el 6%.
- **Venus:** Albedo del 75%, el más alto del sistema solar debido a sus densas nubes de ácido sulfúrico.
- **Tierra:** Albedo promedio del 30%, influenciado por océanos, tierra y nubes atmosféricas.
- **Marte:** Albedo del 29%, dominado por su superficie relativamente oscura.
- **Júpiter:** Albedo del 52%, debido a su composición atmosférica de hidrógeno y helio.
- **Saturno:** Albedo del 47%, caracterizado por sus nubes de amoníaco y vapor de agua.
- **Urano:** Albedo del 51%, influido por hidrógeno, helio y metano.
- **Neptuno:** Albedo del 41%, similarmente compuesto principalmente de hidrógeno y helio.

3.2. Rotación y Orientación

Velocidad de rotación: La velocidad de rotación se refiere a la rapidez con la que un planeta gira alrededor de su eje. Este movimiento determina la duración de un día en el planeta.

Dirección de rotación (progrado o retrógrado): La dirección de rotación puede ser progradada o retrógrada. Progradada significa que el planeta rota en la misma dirección en la que órbita alrededor del sol, que es de oeste a este, y es la dirección más común entre los planetas en nuestro sistema solar. Retrógrada es lo contrario, significando que el planeta gira de este a oeste.

La duración de un día varía significativamente entre los planetas de nuestro sistema solar, reflejando las diferencias en sus velocidades de rotación. Aquí se presenta una lista que muestra cuánto dura un día en cada planeta, desde la rápida rotación de Júpiter hasta la lenta y retrógrada de Venus. [3]

- **Mercurio:** 58.6462 días terrestres.
- **Venus:** -243.0187 días terrestres (rotación retrógrada).
- **Tierra:** 0.9972 días terrestres.
- **Marte:** 1.0259 días terrestres.
- **Júpiter:** 0.4135 días terrestres.
- **Saturno:** 0.4440 días terrestres.
- **Urano:** -0.7183 días terrestres (rotación retrógrada).
- **Neptuno:** 0.6712 días terrestres.

Para presentar los periodos de rotación planetaria en términos coherentes con el Sistema Internacional de Unidades, es necesario expresar la duración del día en radianes por segundo. Este enfoque matemático nos proporciona una medida estandarizada de la velocidad angular, permitiéndonos comparar directamente las velocidades de rotación entre los diferentes planetas de nuestro sistema solar. Aquí está la lista de la duración de un día en cada planeta, que será convertida a la unidad SI para mantener la consistencia en las mediciones científicas.

Velocidad angular (ω) en radianes por segundo se calcula como:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Donde T es el período de rotación en segundos.

Finalmente, la velocidad de rotación en radianes por segundo para cada planeta es la siguiente:

- **Mercurio:** $1.24 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$
- **Venus:** $2.99 \times 10^{-7} \text{ rad/s}$
- **Tierra:** $7.29 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
- **Marte:** $7.09 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
- **Júpiter:** $1.76 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$
- **Saturno:** $1.64 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$
- **Urano:** $1.01 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$
- **Neptuno:** $1.08 \times 10^{-4} \text{ rad/s}$

Inclinación axial: Es el ángulo entre el eje de rotación de un planeta y la perpendicular a su plano orbital. Esta inclinación es responsable de las estaciones del año en la Tierra y varía significativamente entre los diferentes planetas, afectando su clima y la variabilidad estacional.



Fig. 1: [Oblicuidad de la eclíptica](#)

Según la fuente [4] la inclinación axial de los planetas del sistema solar es la siguiente:

- **Mercurio:** 0.0 grados
- **Venus:** 177.3 grados (aproximadamente 180 grados, indicando rotación retrógrada)
- **Tierra:** 23.45 grados
- **Marte:** 25.19 grados
- **Júpiter:** 3.12 grados
- **Saturno:** 26.73 grados
- **Urano:** 97.86 grados (lo que hace que parezca que rueda en su órbita)
- **Neptuno:** 29.58 grados.

4. Parámetros Orbitales

Distancia media del Sol: Es la distancia promedio entre un planeta y el Sol. Varía debido a la forma elíptica de las órbitas planetarias.

La distancia media del Sol a los planetas en kilómetros es la siguiente: [5]

- **Mercurio:** 57,910,000 km
- **Venus:** 108,200,000 km
- **Tierra:** 146,600,000 km
- **Marte:** 227,940,000 km
- **Júpiter:** 778,330,000 km
- **Saturno:** 1,429,400,000 km
- **Urano:** 2,870,990,000 km
- **Neptuno:** 4,504,300,000 km

Aphelion y Perihelion: Son los puntos más alejado y cercano de un planeta al Sol, respectivamente. El aphelion es cuando el planeta está más distante y el perihelion cuando está más próximo.

Los valores de perihelio y afelio para cada planeta, expresados en kilómetros, son: [6]

- **Mercurio:** Perihelio - 46,000,000 km, Afelio - 69,820,000 km.
- **Venus:** Perihelio - 107,480,000 km, Afelio - 108,940,000 km.
- **Tierra:** Perihelio - 147,090,000 km, Afelio - 152,100,000 km.
- **Marte:** Perihelio - 206,620,000 km, Afelio - 249,230,000 km.
- **Júpiter:** Perihelio - 740,520,000 km, Afelio - 816,620,000 km.
- **Saturno:** Perihelio - 1,352,550,000 km, Afelio - 1,514,500,000 km.
- **Urano:** Perihelio - 2,741,300,000 km, Afelio - 3,003,620,000 km.
- **Neptuno:** Perihelio - 4,444,450,000 km, Afelio - 4,545,670,000 km.

Excentricidad: Esta medida indica qué tan elíptica (en lugar de circular) es la órbita de un planeta. Un valor de 0 sería una órbita perfectamente circular.

La excentricidad orbital de los planetas del Sistema Solar es la siguiente: [7]

- **Mercurio:** 0.2056
- **Venus:** 0.0068
- **Tierra:** 0.0167
- **Marte:** 0.0934
- **Júpiter:** 0.0484
- **Saturno:** 0.0541
- **Urano:** 0.0472
- **Neptuno:** 0.0086

Inclinación: Refleja el ángulo entre el plano orbital de un planeta y el plano principal de referencia, conocido como la eclíptica, que es básicamente el plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol.

Dirección orbital: Indica si un planeta sigue una órbita prograda (en la misma dirección que la rotación del Sol, que es de oeste a este) o retrógrada (en dirección contraria).

La inclinación orbital de los planetas del sistema solar con respecto al plano de la eclíptica, junto con su dirección (indicada por el signo de la inclinación del ecuador sobre la órbita), es la siguiente:

[8]

- **Mercurio:** Inclinación de 7.00
- **Venus:** Inclinación de 3.39°, con una rotación retrógrada (significa que gira en dirección opuesta a su órbita).
- **Tierra:** Inclinación de 0.00°, esto es por definición ya que el plano de la eclíptica se basa en la órbita de la Tierra.
- **Marte:** Inclinación de 1.85°
- **Júpiter:** Inclinación de 1.31°
- **Saturno:** Inclinación de 2.49°
- **Urano:** Inclinación de 0.77°, con una rotación retrógrada
- **Neptuno:** Inclinación de 1.77°

Período orbital: Es el tiempo que tarda un planeta en completar una vuelta alrededor del Sol. Por ejemplo, la Tierra tiene un período orbital de aproximadamente 365.25 días.

El periodo orbital de cada planeta del sistema solar, es decir, el tiempo que tarda cada uno en completar una vuelta alrededor del Sol, es el siguiente: [9]

- **Mercurio:** 0.2408467 años (aproximadamente 88 días)
- **Venus:** 0.61519726 años (aproximadamente 225 días)
- **Tierra:** 1.0000174 años (365 días, 6 horas, 9 minutos y 9 segundos)
- **Marte:** 1.8808476 años (aproximadamente 687 días)
- **Júpiter:** 11.862615 años (aproximadamente 4333 días)
- **Saturno:** 29.447498 años (aproximadamente 10756 días)
- **Urano:** 84.016846 años (aproximadamente 30687 días)
- **Neptuno:** 164.79132 años (aproximadamente 60191 días).

Velocidad orbital media: Es la velocidad promedio con la que un planeta se mueve a lo largo de su órbita. Aunque esta velocidad cambia a lo largo de la órbita debido a la ley de las áreas iguales de Kepler, la velocidad media ofrece una buena estimación general del movimiento orbital.

La velocidad orbital media de los planetas del sistema solar es: [\[10\]](#)

- **Mercurio:** 47.9 km/s
- **Venus:** 35.0 km/s
- **Tierra:** 29.8 km/s
- **Marte:** 24.1 km/s
- **Júpiter:** 13.1 km/s
- **Saturno:** 9.6 km/s
- **Urano:** 6.8 km/s
- **Neptuno:** 5.4 km/s

5. Simulación

Para simular una órbita elíptica en Unity usando los parámetros que has proporcionado, seguiríamos varios pasos. Primero, debemos convertir tus parámetros a unidades que Unity pueda manejar más fácilmente, como metros en lugar de kilómetros, y segundos en lugar de años, si fuera necesario. A continuación, implementaríamos la órbita elíptica basándonos en las leyes de Kepler.

Los parámetros que tienes son:

Perihelio y Afelio (en km): Los puntos más cercano y más lejano de la órbita del planeta alrededor de su estrella, respectivamente.

Excentricidad: Una medida de cuán elíptica (en contraste con circular) es la órbita.

Inclinación Orbital (en grados): El ángulo entre el plano de la órbita del planeta y el plano de referencia (normalmente el ecuador solar o el plano eclíptico).

Período Orbital (en años): Cuánto tiempo toma el planeta para completar una órbita alrededor de su estrella.

Velocidad Orbital Media (en km/s): La velocidad promedio del planeta a lo largo de su órbita.

La simulación de una órbita realista consideraría los siguientes puntos:

Conversión de Unidades: Convertir años a segundos y kilómetros a metros para trabajar con las unidades de Unity.

Cálculo de Posición: Usar las leyes de Kepler para la posición orbital, posiblemente utilizando la anomalía excéntrica o verdadera para calcular la posición del planeta en función del tiempo.

Velocidad Variable: La velocidad del planeta cambiará dependiendo de su distancia al sol, moviéndose más rápido cerca del perihelio y más lento cerca del afelio.

Inclinación: Rotar la órbita para reflejar la inclinación orbital.

Aquí hay un esbozo de cómo podrías empezar a implementar esto en un script de Unity:

6. Referencias

1. Ciencia de Hoy. (n.d.). Albedo de los planetas. Ciencia de Hoy. Recuperado el 11-11-2023, de <https://cienciadehoy.com/albedo-de-los-planetas>
2. Bordino, J. (23 de marzo de 2023). Tamaño de los planetas del Sistema Solar - En orden. GeoEnciclopedia. Recuperado el 11-11-2023 de <https://www.geoenciclopedia.com/tamano-de-los-planetas-del-sistema-solar-604.html>
3. Editor. (20 de agosto de 2019). Movimiento de rotación de los planetas y su duración (periodo de rotación). Celeberrima.com. Última actualización el 8 de marzo de 2022. Recuperado el 11-11-2023, de <https://www.celeberrima.com/movimiento-de-rotacion-de-los-planetas-y-su-duracion-periodo-de-rotacion/>
4. Bravo, R. (23 de septiembre de 2019). Inclinação del eje de rotación de los planetas. AstroAficion. Recuperado el 11-11-2023, de <https://astroaficion.com/2019/09/23/inclinacion-del-eje-de-rotacion-de-los-planetas>
5. La Reserva. (n.d.). ¿Cuál es la distancia entre los planetas y el sol? La Reserva. Recuperado el 11-11-2023 de https://www.lareserva.com/cual_es_distancia_entre_planetas_sol
6. Admin. (n.d.). Perihelion and Aphelion of solar system planets. Geography Host. Recuperado el 11-11-2023, de <https://geographyhost.com/perihelion-and-aphelion-of-solar-system-planets/>
7. Contribuyentes de Wikipedia. (10 de noviembre de 2023). Excentricidad orbital. En Wikipedia. Recuperado el 11-11-2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Excentricidad_orbital
8. Contribuyentes de Wikipedia. (23 de mayo de 2023 a las 20:07). Inclinação orbital. En Wikipedia. Recuperado el 11-11-2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Inclinaci3n_orbital
9. Editor. (21 de agosto de 2019). Movimiento de traslación de los planetas y periodo orbital. Celeberrima. Última actualización el 8 de marzo de 2022. Recuperado el 11-11-2023, de <https://www.celeberrima.com/movimiento-de-traslacion-de-los-planetas-y-periodo-orbital/>
10. Ventanas al Universo. (n.d.). Tabla de datos orbitales planetarios. Recuperado el 11-11-2023 de https://www.windows2universe.org/our_solar_system/planets_orbits_table.html&lang=sp
11. Wikipedia contributors. (07 de octubre de 2023 a las 06:10). Anexo: Datos de objetos gravitacionalmente redondeados del sistema solar. En Wikipedia. Recuperado el 11-11-2023 de https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Datos_de_objetos_gravitacionalmente_redondeados_d_el_sistema_solar