

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

---



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

---

### Comunicaciones Espaciales

(Manual de Ejercicios)

---

Tema 2:  
Mecánica Orbital  
Curso 2009-2010

#### AUTORES:

Fernando Quesada Pereira  
Alejandro Álvarez Melcón

---

## Mecánica Orbital

**Ejercicio 1.** Explique que significan los términos centrífugo y centrípeto en relación a un satélite en órbita alrededor de la Tierra.

Un satélite está en una órbita circular con una altura por encima de la superficie de la Tierra de 1400 Km. Responda a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son las aceleraciones centrípetas y centrífugas actuando sobre el satélite en su órbita?. Dé la respuesta en  $m/s^2$ .
- ¿Cuál es la velocidad del satélite en su órbita?. Dé la respuesta en  $Km/s$ .
- ¿Cuál es el periodo del satélite en su órbita?. Dé la respuesta en horas, minutos y segundos.

Asuma que el radio medio de la Tierra es de 6378,137 Km y que la constante de Kepler toma un valor de  $\mu = 3,986004418 \cdot 10^5 \text{ Km}^3/s^2$ .

**Ejercicio 2.** Un satélite se encuentra en una órbita circular a 322 Km de altura. Calcule:

- La velocidad angular en radianes por segundo.
- El periodo orbital en minutos.
- La velocidad orbital en metros por segundo.

Asuma que el radio medio de la Tierra es de 6378,137 Km y que la constante de Kepler toma un valor de  $\mu = 3,986004418 \cdot 10^5 \text{ Km}^3/s^2$ .

**Ejercicio 3.** El mismo satélite del problema anterior (322 Km de altura en órbita circular) presenta un transmisor de 300 MHz.

- Determine el máximo rango de frecuencia en el que se desplazará la señal recibida debido al efecto Doppler para un observador estacionario en el espacio. Nota: La frecuencia se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo, dependiendo del movimiento relativo del satélite en relación al observador. El máximo cambio debido a la frecuencia Doppler será por tanto  $(2\Delta_f)$ .
- Si una estación terrestre situada al nivel de mar puede recibir las transmisiones a 300 MHz hasta un ángulo de elevación de  $0^\circ$ , calcule el máximo desplazamiento Doppler para este tipo de estación. Nota: Incluya el efecto de la rotación de la Tierra para estar seguros de obtener el máximo Doppler a 322 Km de altura de la órbita.

**Ejercicio 4.** ¿Cuáles son las tres leyes de Kepler del movimiento planetario?. Escriba la formulación matemática de la tercera ley de Kepler para el movimiento de los planetas. ¿ Qué significan los términos perigeo y apogeo a la hora de describir la órbita de un satélite entorno a la Tierra?.

---

Un satélite se encuentra en una órbita elíptica alrededor de la Tierra y presenta un apogeo de 39152 Km y un perigeo de 500 Km. ¿Cuál es el periodo orbital del satélite?. Dé la respuesta en horas. Asuma que el radio medio de la Tierra es de 6378,137 Km y que la constante de Kepler toma un valor de  $\mu = 3,986004418 \cdot 10^5 \text{ Km}^3/\text{s}^2$ .

**Ejercicio 5.** Un satélite de observación se sitúa en una órbita circular ecuatorial girando en el mismo sentido que la Tierra. Empleando un sistema de radar de apertura sintética, el satélite almacenará datos de la presión atmosférica en la superficie, y de otros parámetros del clima mientras se encuentra en órbita. Estos datos se transmiten un estación de control terrestre después de cada giro alrededor de la Tierra. La órbita se designa para que el satélite pase por encima de la estación de control, situada en el ecuador, cada cuatro horas. La estación de control terrestre es incapaz de trabajar para ángulos de elevación menores de  $10^\circ$  en cualquier dirección. Asumiendo que el periodo de rotación de la Tierra es aproximadamente de 24 horas calcule:

- La velocidad angular del satélite en radianes por segundo.
- El periodo orbital en horas.
- El radio orbital en kilómetros.
- La altura orbital en kilómetros.
- La velocidad lineal del satélite en metros por segundo.
- El intervalo de tiempo en minutos en el cual la estación de control terrestre se puede comunicar con el satélite en cada giro.

**Ejercicio 6.** ¿Cuál es la diferencia o las diferencias entre una órbita geosíncrona y otra geoestacionaria?. ¿Cuál es el periodo de rotación de un satélite geoestacionario?. ¿Cuál es el nombre dado a ese periodo orbital?. ¿Cuál es la velocidad de un satélite geoestacionario?. Dé la respuesta en  $\text{Km/s}$ .

**Ejercicio 7.** Por varias razones, los mínimos ángulos de elevación de estaciones terrestres para servicios fijos (FSS) son para las diferentes bandas: banda C  $5^\circ$ , banda Ku  $10^\circ$  y banda Ka  $20^\circ$ .

- Determine el rango máximo y mínimo en kilómetros desde una estación terrestre a un satélite geoestacionario en las tres bandas.
- ¿A qué retardo de ida y vuelta corresponde esos rangos?.

Asuma que la señal se propaga a la velocidad de la luz.

**Ejercicio 8.** La mayoría de sistemas de comunicaciones con satélites geoestacionarios deben mantener una posición orbital con una variación máxima de  $\pm 0,05^\circ$  de arco. Si un satélite geoestacionario cumple dicha condición (tiene una variación de  $\pm 0,05^\circ$  de arco en la dirección norte-sur y  $\pm 0,05^\circ$  en la dirección este-oeste medido desde el centro de la Tierra), calcule la máxima variación del rango del satélite desde

una estación terrestre con un ángulo de elevación medio de  $5^\circ$  al centro de movimiento del satélite. Asuma que el diámetro ecuatorial y el diámetro polar de la Tierra son iguales, y que la excentricidad de la órbita del satélite es de 0,001.

**Ejercicio 9.** Se realiza un experimento conjunto entre la Universidad de York en Inglaterra (aproximadamente a  $359,5^\circ$  E y  $53,5^\circ$  N) y la Universidad Politécnica de Graz en Austria (aproximadamente a  $15^\circ$  E y  $47,5^\circ$  N) haciendo uso de un satélite geoestacionario. Las estaciones terrestres de ambas universidades se encuentran limitadas a trabajar con ángulos de elevación mayores de  $20^\circ$  debido a la presencia de edificios, etc, en sus proximidades. Los grupos de las dos universidades necesitan encontrar un satélite geoestacionario que sea visible desde ambos emplazamientos simultáneamente con las estaciones terrestres apuntando con un ángulo de elevación mayor de  $20^\circ$ . ¿Cuál es el rango en que el punto subsatelital del satélite geoestacionario debe encontrarse?

**Ejercicio 10.** El estado de Virginia se puede representar de forma aproximada como un rectángulo que va de  $39,5^\circ$  N de latitud en el norte a  $36,5^\circ$  grados de latitud en el sur,  $76,0^\circ$  W de longitud en el este y  $86,3^\circ$  de longitud en el oeste. Si un satélite geoestacionario debe ser visible desde todo el estado de Virginia con un ángulo de elevación no más bajo de  $20^\circ$ , ¿Cuál es el rango de longitudes en el que puede variar la posición del punto subsatelital?