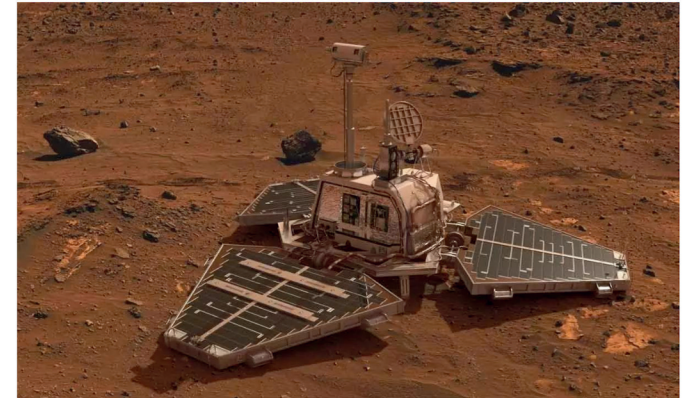


SIMULACION ATERRIZAJE MARS PATHFINDER

Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey CSF
Profesor Marco B. Enriquez menriquezf@tec.mx
L. Estefanía Chewtat Torres a01785378@tec.mx
M. Saade Romano a01784220@tec.mx
V. Castilla Melgoza a01028209@tec.mx
R. Dávila Araiza a01029805@tec.mx
S. González Del Moral a01786196@tec.m

Resumen

La misión Mars Pathfinder empezó desde diciembre de 1996 con el propósito de mandar un módulo de aterrizaje instrumentado junto con el primer vehículo robótico a la superficie del planeta Marte para explorar los terrenos. En este trabajo simularemos este aterrizaje, esto lo haremos con ayuda de MatLab. Mostramos cómo es que la densidad y la altura son factores fundamentales que afectan el curso del aterrizaje.



1. Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad se han registrado diferentes tipos de misiones espaciales con el objetivo de conocer un poco más sobre los planetas y universo que nos rodea.

Mars Pathfinder es una misión importante en la historia de la exploración de Marte[1]. Empezó en diciembre de 1996 y fue exitosa, resultó en la colecta de mucha información de este planeta. Esta misión destacó por usar un método innovador para infiltrarse en la atmósfera de Marte, utilizando un paracaídas para frenar el descenso y un sistema de bolsas de aire para amortiguar el impacto[2].

Por ultimo para la modelacion computacional de la misión tomamos en cuenta los datos actuales de la misión. Para lograr la simulación primero analizamos las fuerzas. Creamos un diagrama de cuerpo libre y sabemos que la segunda ley de Newton establece que la sumatoria de fuerzas es igual a masa por aceleración. Por lo tanto, la sumatoria de fuerzas de la Mars Pathfinder en el eje y son:

$$m \frac{dv}{dt} = -\rho(z)Av^2 + mg - F_p$$

Aislando la a , derivandola y utilizando el método de Euler con esta nueva formula, finalmente podemos obtener la simulación donde un sistema de frenado de propulsión con valores determinados hace que la nave llegue a velocidad cercana a 0 antes de tocar la superficie del planeta(6).

2. Metodología

En esta sección describiremos el procedimiento hecho para lograr simular este aterrizaje. Primero analizaremos la densidad en Marte. La siguiente tabla muestra los valores experimentales aproximados de la densidad atmosférica de Marte a diferentes alturas(1).

Otro factor que debemos tomar en cuenta para la simulación es la densidad planetaria, esta se calcula con una formula que relacione la densidad con respecto a la altura(2).

Altura (km)	Presión (Pa)	Densidad (kg/m³)
0	600	0,014
10	100	0,002
20	10	0,0002
30	1	0,00002
40	0,1	0,000002
50	0,01	0,0000002

Figura 1.

$$\rho(h) = P_s e^{-\frac{h}{H}}$$

Donde:

P_s = densidad superficial

h = altura

H = altura de escala

Figura 2.

Una vez tenemos esa información también es necesario saber la altura de escala de Marte, la cual es una forma de describir como un valor descende. En Marte, la altura de escala es de 11,100 metros. Después en MATLAB graficamos cómo cambia la densidad con respecto a un arreglo de alturas(3).

```
clear all
rho_superficie=0.014; %kg/m^3
h=0:10:130000; %m, arreglo de altura
H=11100; %m, altura de escala
rho=rho_superficie*exp(-h/H);
%rho=rhos*exp(-r(k,;)/H);
plot(h,rho)
xlabel('Altura (m)')
ylabel('Densidad (kg/m^3)')
title('Densidad con respecto a altura')
```

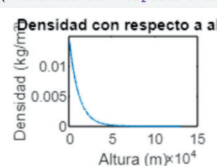


Figura 3.

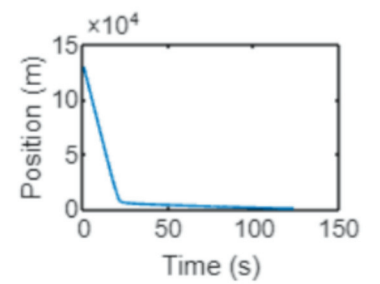
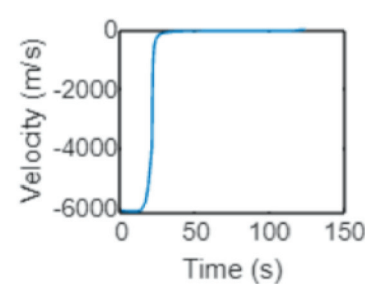


Figura 4. Velocidad y posición de la nave

3. Resultados

Con ayuda de esta simulación observamos que al tener una propulsión de 7000N y que esta se iniciara aproximadamente a los 160 m antes de aterrizar, esto nos asegura un aterrizaje seguro debido a que la velocidad con la que llega es aproximadamente de -3.07 m/s.

4. Conclusión

La misión Mars Pathfinder, marcó un hito significativo al implementar una innovadora técnica de aterrizaje que involucró el uso de un paracaídas y bolsas de aire. En nuestro proyecto, nos sumergimos en la tarea de simular este aterrizaje utilizando MATLAB. Pero aparte de ofrecer una visión detallada de la ciencia detrás del aterrizaje de la Mars Pathfinder, también destacamos la importancia de la simulación computacional en la planificación y ejecución exitosa de misiones espaciales.

Referencias

- [1] Withers, P. (2013). Landing spacecraft on Mars and other planets: An opportunity to apply introductory physics. American Journal of Physics, 81(8), 565-569.
[2] NASA. (2023). Mars Pathfinder. <https://mars.nasa.gov/mars-exploration/missions/pathfinder/>