

La física de los huracanes

Fluidos

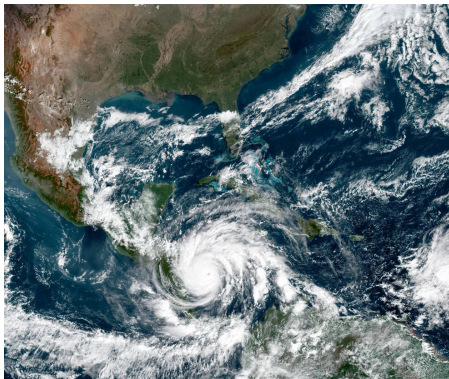
Natalia Estephania Granados Díaz ¹

¹Facultad de ciencias
UNAM

Fenómenos Colectivos
27 de julio de 2022

- 1 ¿Qué es un huracán?
- 2 Formación
- 3 Movimiento de un Huracán
- 4 Fuerza de Coriolis
 - Corrientes de viento
- 5 Vorticidad
 - Vorticidad absoluta
- 6 Modelo para describir el comportamiento de un Huracán
 - Diferencia de presión atmosférica
 - Variación temperatura
 - Fuerza de Coriolis
 - Fuerza centrífuga
 - El ojo del huracán
 - Variación de energía
 - Ecuación del movimiento
 - Resultados
- 7 Referencias

¿Qué es un huracán?



Los huracanes son fenómenos producidos por diferencias de presión entre grandes masas de aire.

Figura: Imagen en color natural del huracán Iota en el Golfo de México desde el satélite geoestacionario GOES-16 de la NOAA.

Formación

La región es un aspecto importante para dar lugar a la formación de un Huracán.

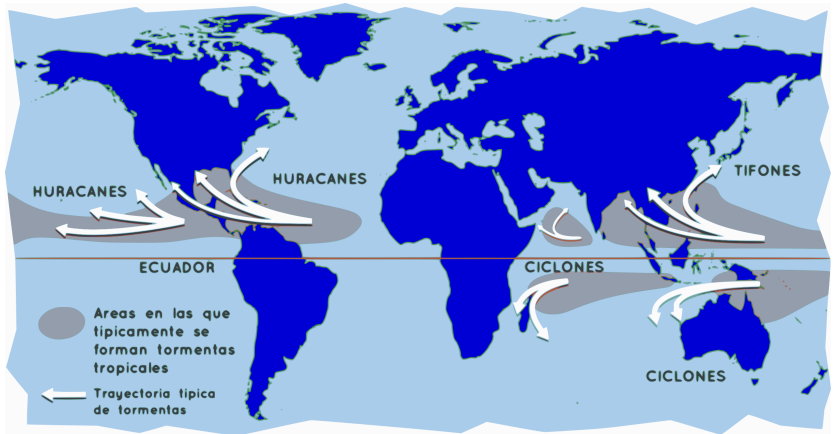


Figura: Huracanes dependiendo de la región.

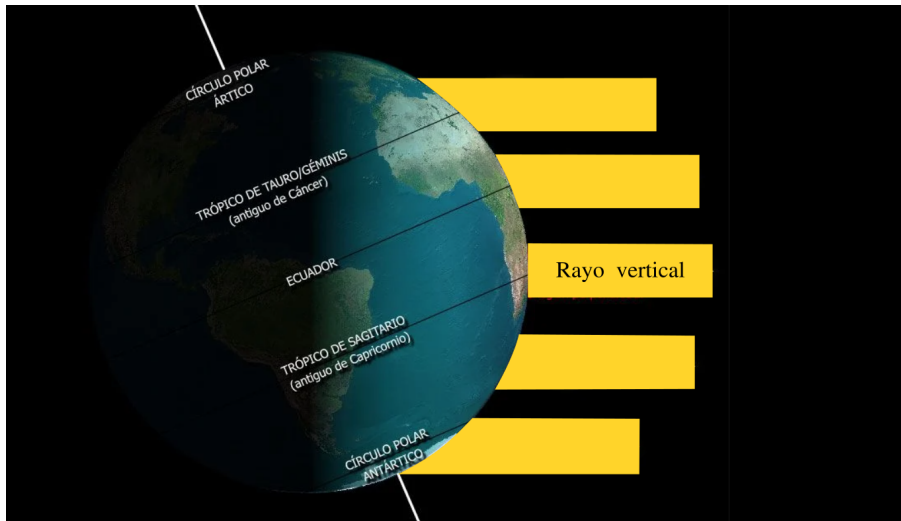


Figura: Radiación solar por área.

Movimiento de un Huracán

El movimiento del viento se encuentra determinado por sistemas de baja y alta presión.

La baja presión ocurre cuando el aire se encuentra caliente, el cuál se calienta debido a que los rayos solares son directos, mientras que la presión alta ocurre cuando el aire se encuentra frío.

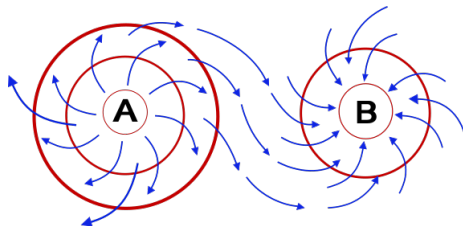


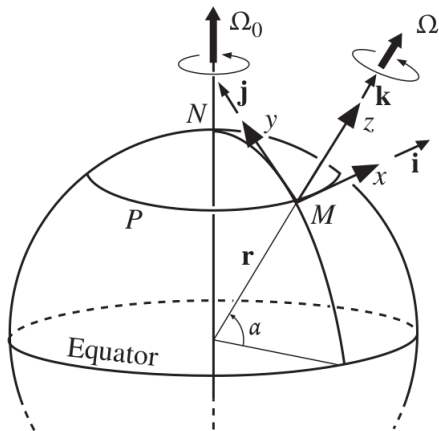
Figura: El viento se mueve y siempre sopla desde las áreas de alta presión hacia las áreas de baja presión.

Fuerza de Coriolis

Definición

$$\vec{F}_{Co} = -2\vec{\Omega} \times \vec{v}$$

La fuerza de Coriolis siempre es perpendicular a la dirección del eje de rotación del sistema y a la dirección del movimiento del cuerpo vista desde el sistema en rotación.



Corrientes de viento



La fuerza de Coriolis causa una desviación del viento a la derecha en el hemisferio Norte y a la izquierda en el hemisferio Sur.

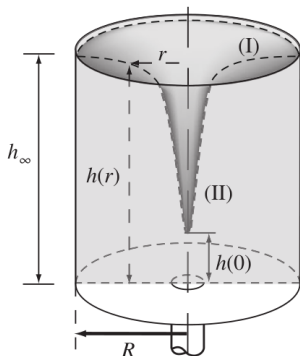


Figura: Vórtice generado por el vaciado de un recipiente a través de un orificio circular.

Definición

$$\vec{\omega}(r) = \nabla \times \mathbf{v}(r)$$

Encontramos vorticidad en cualquier momento en que el flujo no es ideal y potencial y, por lo tanto, para fluidos viscosos.

Movimiento de un Huracán

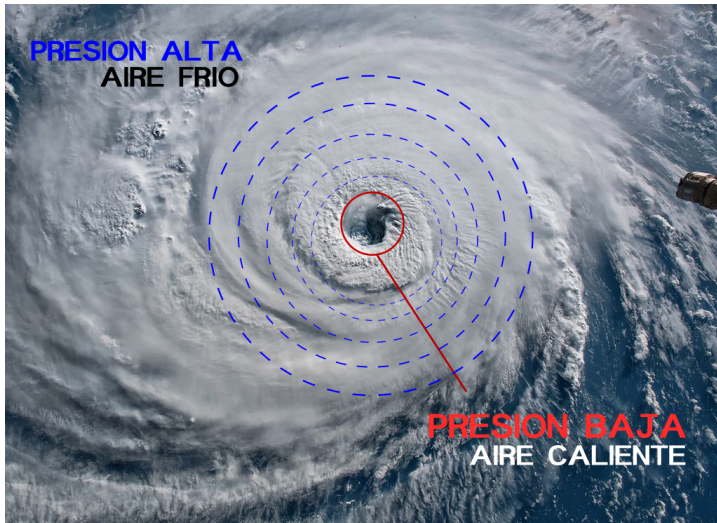


Figura: Huracán Florence.

Modelo para describir el comportamiento de un Huracán

Variables y fuerzas

- Diferencia de presión atmosférica
- Variación temperatura
- Fuerza de Coriolis
- El ojo del huracán
- Variación de energía

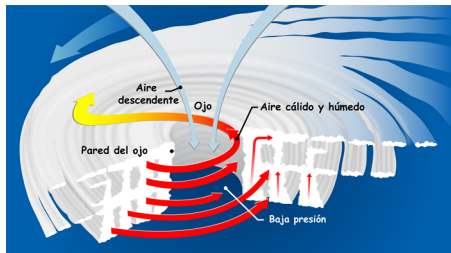
Diferencia de presión atmosférica

Existen condiciones iniciales para la formación de un huracán como:

- Un mar cálido con una temperatura superior a 27°C y un aire húmedo.

Según el principio de conservación de la energía, esta energía calorífica (calor latente) produce un calentamiento del aire circundante aumentando la diferencia de presión debido a la densidad de éste que origina vientos.

Variación temperatura



- Gradiente vertical de temperatura.

La fuerza que actúa sobre el huracán es igual a la variación de la temperatura con la altura (6.5°C por km).

$$\vec{F}_T = -k_1 \nabla T \mathbf{k} = (6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}) k_1 \mathbf{k}$$

Fuerza de Coriolis

Magnitudes

- $\Omega = 7.292 \times 10^{-5} s^{-1}$
- $\theta = 45^\circ$
- $v = v \sin \theta = 13.3787 m/s$
- $\frac{m_{ma}}{n_{av}} = 2.9915887 \times 10^{23}$

$$\vec{F}_{Co} = -2m(\Omega \times v)$$

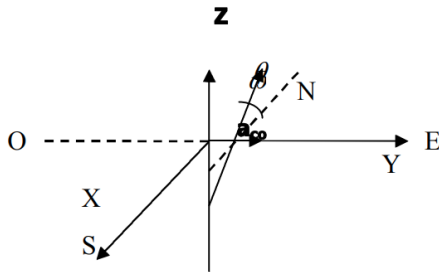


Figura: Dirección de la fuerza de coriolis.

Fuerza centrífuga

Cerca del centro del huracán, el viento es muy intenso, la fuerza centrífuga es la que equilibra a la fuerza del gradiente de presión (aunque la magnitud de la aceleración centrípeta es la misma tiene sentido contrario).

El gradiente de presión y la fuerza centrífuga forman un balance.

$$\vec{F}_{Centrífuga} = -m\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{v})$$

El ojo del huracán

El ojo del huracán está modelado por medio de datos experimentales, tomados del huracán Isabel y del huracán Fabián.

La fuerza que describe el comportamiento físico del ojo del huracán es

$$f = v \frac{\partial p}{\partial r}$$

Donde

- $v = \frac{4}{3}\pi r^3$ volumen de la gota de agua asumida como una esfera de radio un milímetro.
- $\frac{\partial p}{\partial r} = 0.00033$ variación de la presión en función de la distancia al centro.

Variación de energía

Ciclo de Carnot

La fuerza que describe la variación de la energía es igual al calor latente por el número de gotas en la troposfera, por la eficiencia asociada al ciclo de Carnot en la dirección de la velocidad, por una constante $k_2 = 3 \times 10^{-24}$ relacionada con la velocidad del huracán

El rendimiento está dado por

$$\eta = \frac{W}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\frac{((1 - \beta))}{v} k_2$$

Ecuación del movimiento

Finalmente la ecuación que describe la formación de un huracán es la suma de las fuerzas anteriormente descritas

$$f = \frac{((1 - \beta)\lambda * n)}{v} - 2m(\Omega \times v) + (-6.5k_1) + v \frac{\partial p}{\partial r}$$

El método utilizado para desarrollar las ecuaciones es el método de Verlet.

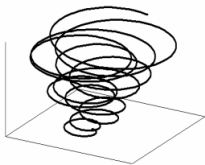


Figura: Formación de un huracán a una latitud de 45 grados.

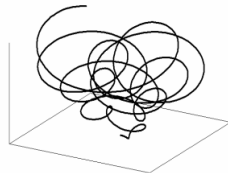


Figura: Formación de un huracán a una latitud de 15 grados

Referencias

- [1] Etienne Guyon, Jean-Pierre Hulin, Luc Petit, Catalin D. Mitescu. (2015). PHYSICAL HYDRODYNAMICS. United Kingdom: Oxford University Press.
- [2] Diana Maritza Segura Ángel y Sergio Andrés Galindo Torre. (2009). Modelo descriptivo de la formación de un huracán . Universidad Pedagógica Nacional, 4, 6.
- [3] Equipo de Noticias de Ciencias de la Tierra de la NASA. (2022). Cinco preguntas para ayudarte a entender los huracanes y el cambio climático. 20/07/2022, de NASA Sitio web: <https://www.nasa.gov/feature/cinco-preguntas-para-entender-huracanes-cambio-climatico>.
- [4] Resnick, Halliday y Krane. (2009). Física. Grupo Editorial Patria.
- [5] J. Castro, B. Zavala, y A. Figueroa. (2020). La física de los huracanes Pauline y Patricia en su paso por el pacífico mexicano. Revista Mexicana de Física.