



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

A Statistical Mechanics Model for free-for-all Airplane Passenger Boarding

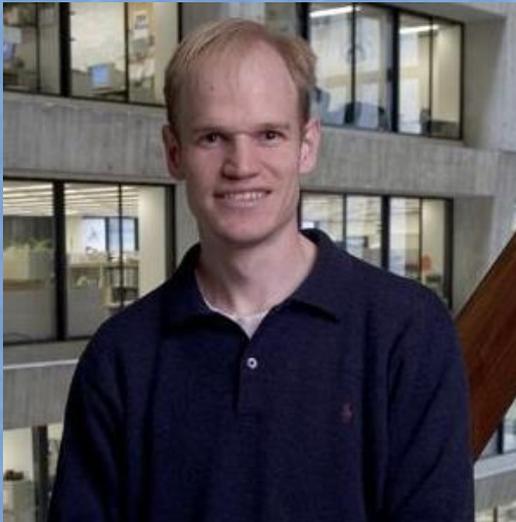
W. A. Devoto

~ 2015~



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

SOBRE EL AUTOR



Jason H. Steffen

- **Asistente de docencia en la Northwestern University.**
- **Línea de investigación principal: astronomía y astrofísica.**
- **Posee más de 100 publicaciones en revistas especializadas.**



Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física

MODELO

Tres componentes principales:

- Geometría del avión.
- Movimientos de los pasajeros dentro del avión.
- Decisiones de los pasajeros.



MODELO

- Cada asiento en el avión tiene una energía designada. Cuanto menor o más negativa sea la energía, mayor será el deseo de un pasajero de sentarse en ese lugar.

$$P = \frac{e^{-\varepsilon_i / T}}{Z} \quad Z = \sum_i e^{-\varepsilon_i / T}$$



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

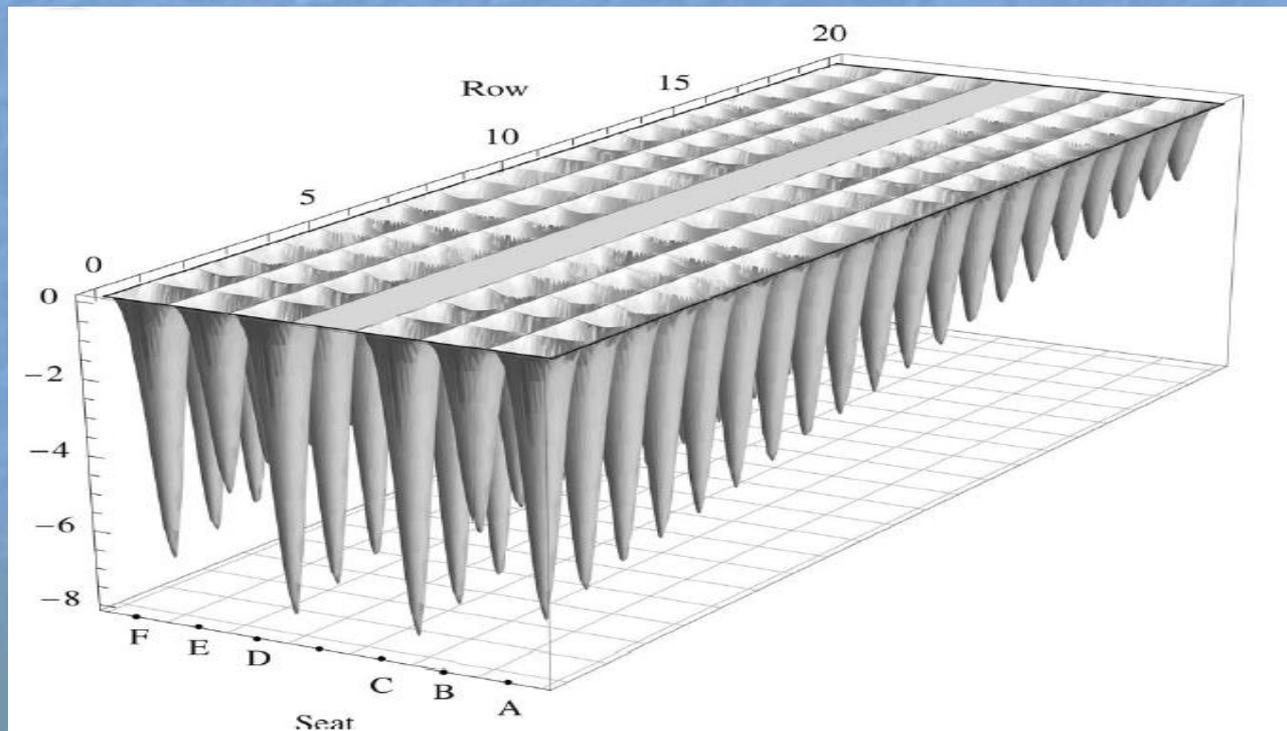
DESCRIPCIÓN DEL AVIÓN

- Avión standard, con 120 asientos, distribuidos en seis columnas y 20 filas.**
- No hay cabina de primera clase.**
- Las energías de los asientos son simétricas respecto al pasillo.**



DESCRIPCIÓN DEL AVIÓN

- Incremento lineal en las energías desde el frente hacia el fondo del avión.





**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

MOVIMIENTOS DE LOS PASAJEROS

- Tiempo designado por pasajero para cargar su equipaje: entre 0 y 100 unidades de tiempo.**
- Todos los pasajeros caminan a la misma velocidad.**



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

MOVIMIENTOS DE LOS PASAJEROS

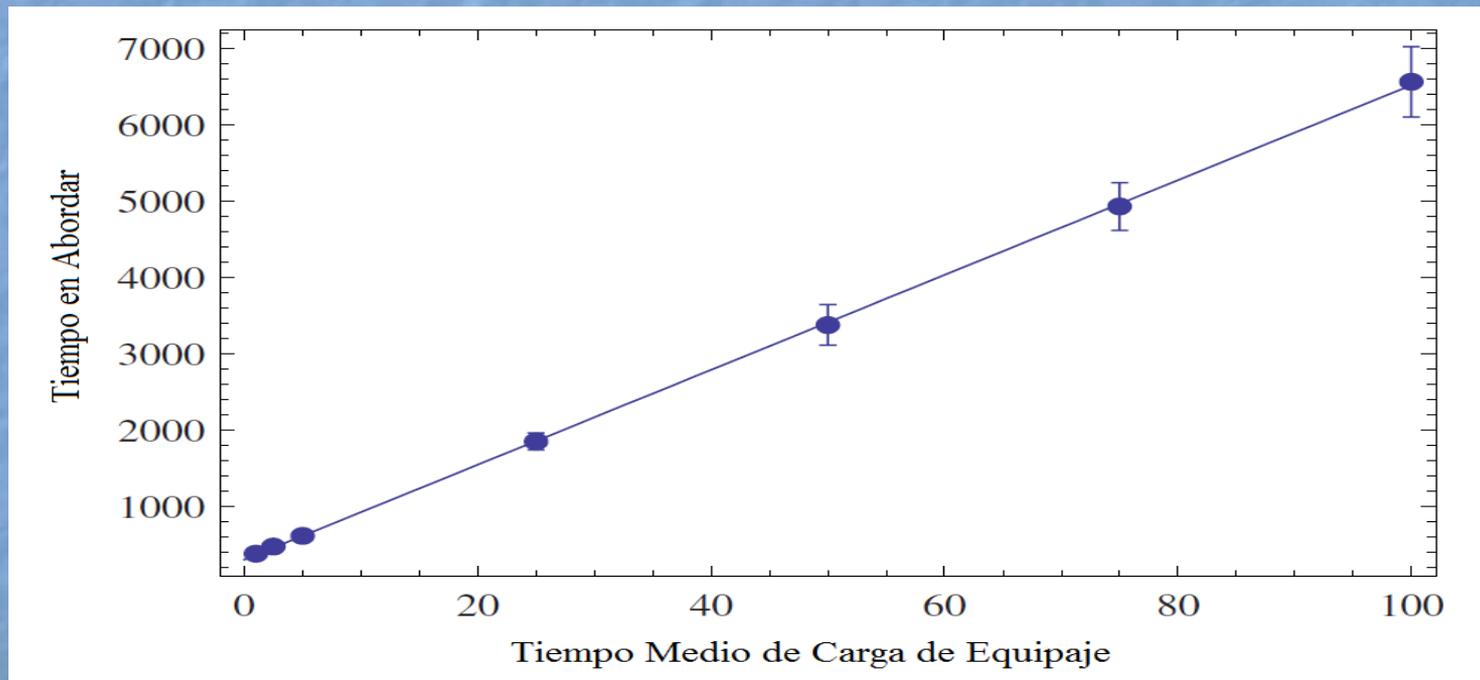
• A medida que los pasajeros caminan hacia el fondo del avión, deben cumplir las siguientes reglas

- 1. Una persona no comenzará a moverse a menos que haya un espacio de dos asientos entre él/ella y la persona que se encuentre enfrente.**
- 2. Si una persona se está moviendo, entonces ocuparán cualquier espacio vacío frente a ellos antes de detenerse.**
- 3. Los pasajeros requieren un espacio equivalente a un asiento por delante y por detrás para poder cargar su equipaje.**
- 4. Los pasajeros sólo pueden cargar su equipaje en los compartimentos que se encuentran encima de su respectivo asiento.**



RESULTADOS PARA VUELOS LLENOS

Para un incremento de + 0,25 eV por fila

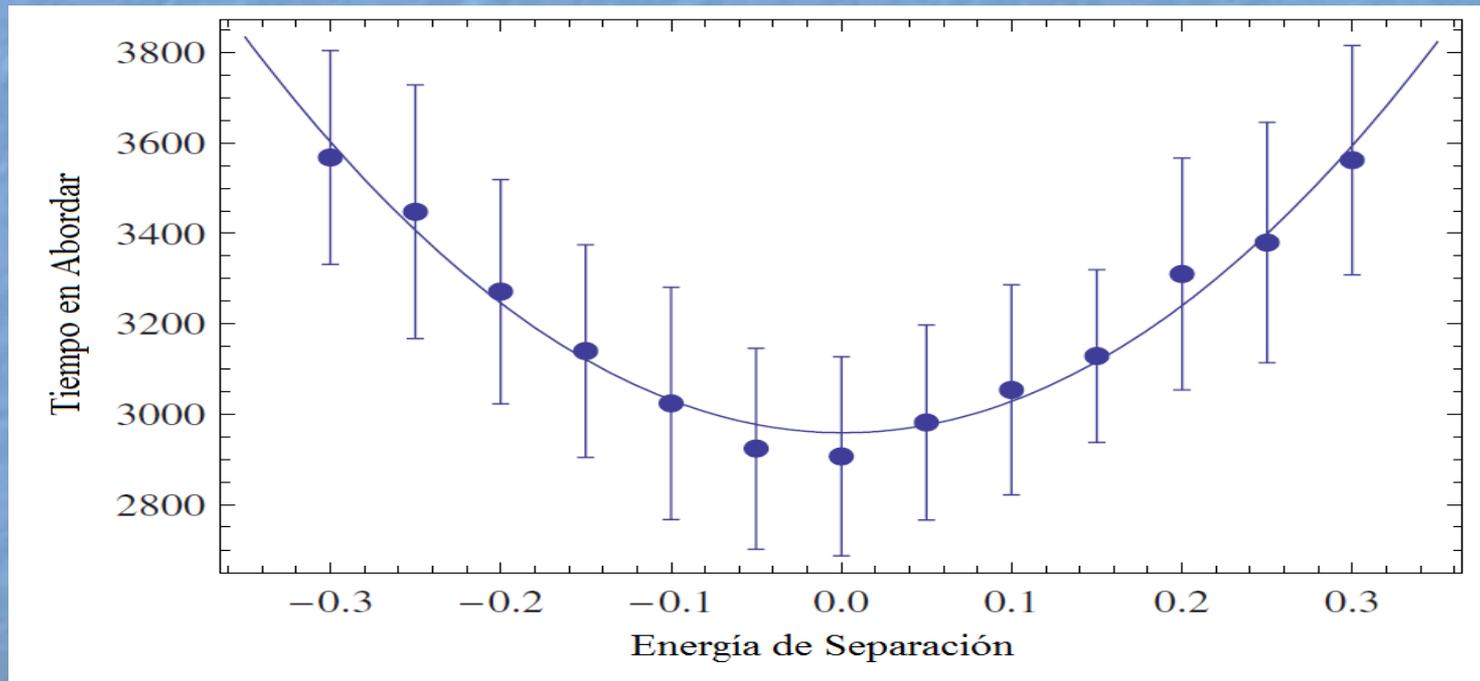


$$Tiempo_en_Abordar = 62.2\tau + 306$$



RESULTADOS PARA VUELOS LLENOS

Cambiando el incremento de energía por fila



$$Tiempo_en_Abordar = 7100s^2 - 14.7\tau + 2960$$



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

VUELO PARCIALMENTE LLENO

- **El modelo puede predecir el arreglo de asientos ocupados más probable una vez completado el proceso de embarque.**
- **En este caso, es más sencillo considerar a los pasajeros como un gas de Fermi, usando la distribución de Fermi – Dirac para determinar la probabilidad de que un asiento particular se encuentre ocupado en determinado momento.**



VUELO PARCIALMENTE LLENO

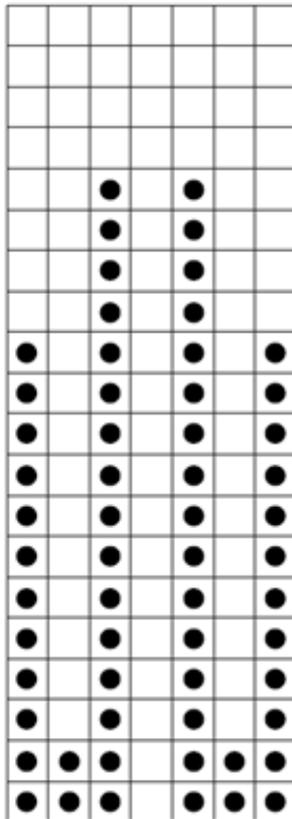
- El número esperado de pasajeros en un asiento con energía ε está dado por

$$n = \frac{1}{e^{(\varepsilon - \mu)/T} + 1}$$

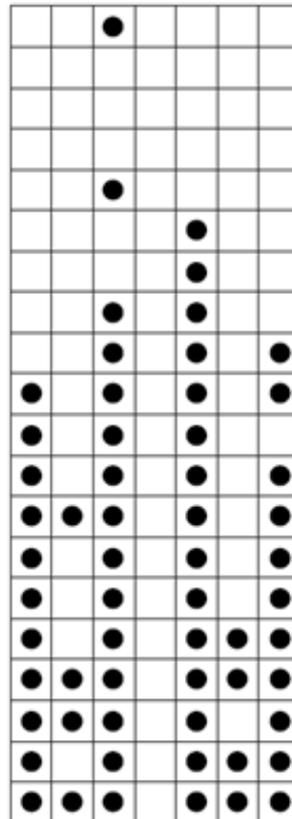
donde μ , el potencial químico, representa la energía del asiento en el cual es más probable que el siguiente pasajero en abordar el avión se siente.



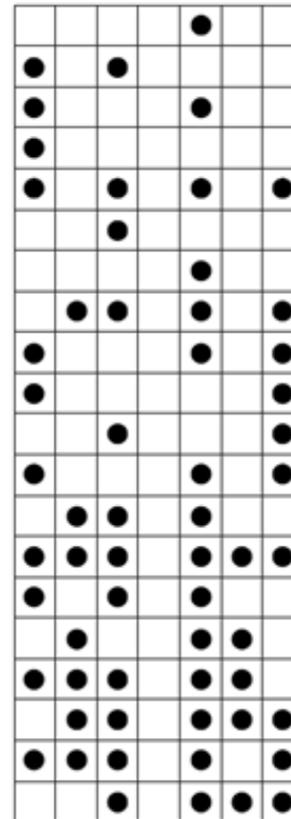
VUELO PARCIALMENTE LLENO



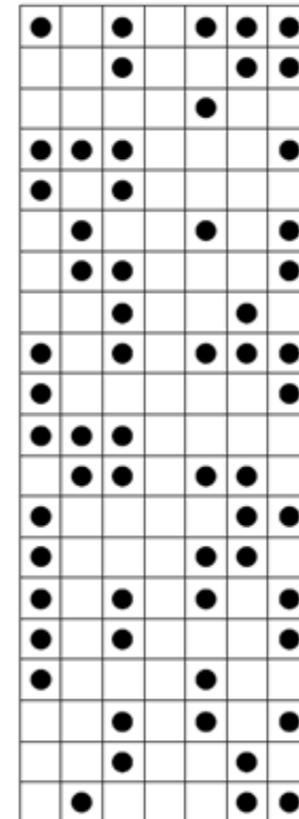
Temp. = $|\bar{\varepsilon}|/1000 \approx 0$



Temp. = $|\bar{\varepsilon}|/10$



Temp. = $|\bar{\varepsilon}|$



Temp. = $10 |\bar{\varepsilon}|$



CONCLUSIONES

- Las decisiones tomadas por los pasajeros pueden ser modeladas usando los principios de la mecánica estadística.**
- Algunas simples modificaciones de los parámetros pueden modificar el proceso de embarque.**
- El tiempo de embarque es mínimo cuando el proceso de selección de los asientos es aleatorio.**



**Departamento de Física – Universidad Nacional del Sur
Cátedra de Mecánica Estadística – Licenciatura en Física**

¡Gracias!