

Simulación para optimización de atención en el Aeropuerto Internacional Rosario 'Islas Malvinas' Juegos Sudamericanos 2026

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El artículo se encuentra enfocado a optimizar la cantidad de personal a contratar para atender las cabinas de atención a pasajeros y pasajeras, y sus familiares, que regresarán a su región luego de participar en el evento de los "Juegos Sudamericanos 2026" que tendrá lugar en la provincia de Santa Fe, Argentina. Puntualmente, en este estudio, se hará enfoque en la ciudad de Rosario, en el aeropuerto "Islas Malvinas". Para la simulación se emplea el Método Evento a Evento. A partir del estudio, se analizan las variables principales con los que se definen las funciones de densidad de probabilidad (fdp) y se corren simulaciones realizadas a partir de dos diagramas de flujo, con escenarios relevantes para observar las tendencias.

Palabras Clave (Times New Roman, 10, negrita)

Simulación, evento a evento, optimización, atención al cliente, aeropuerto, Internacional, Cabotaje.

Introducción

Este artículo se origina en un contexto estudiantil, a modo de trabajo práctico para la materia "Simulación" que se encuentra en el cuarto nivel del plan de estudios de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, de la Universidad Tecnológica Nacionalⁱ, Regional Buenos Airesⁱⁱ (UTN BA).

En el año 2026, los juegos Sudamericanos se llevarán a cabo en la provincia de Santa Fe. Es por esta razón que las autoridades del aeropuerto de Rosario están evaluando la posibilidad de contratar personal extra para la atención de personas que deban tomar vuelos, tanto de Cabotaje como Internacionales, para disminuir los tiempos de atención de pasajeros que regresen a sus ciudades.

Parte del plan de optimización está en ampliar la cantidad de cabinas de atención exclusiva para personas con prioridad, ya existente, pues se incorporará, a este concepto, a participantes, y a su familia, en

los Juegos Sudamericanos. Actualmente, como prioridad, se atiende a personas con la credencial *SkyTeam* (un 3% de pasajeros y pasajeras) además de la atención prioritaria de personas con discapacidad y/o embarazadas (un 8%). Para el evento a desarrollarse durante junio y julio de 2026 se estima que un 24% del pasaje se conforma por jugadores y jugadoras, y sus familiares, por lo que se estima un 35% del total de personas con prioridad de atención. El evento tendrá asistentes del país y de países de Sudamérica por lo que este porcentaje es para ambos tipos de vuelo: internacional y de cabotaje.

Se desea averiguar la cantidad de cabinas exclusivas para atención de personas con prioridad (planteadas anteriormente) para vuelos de cabotaje e internacionales. También se estudia la distribución y cantidad de cabinas de atención para personas que viajan sin las prioridades detalladas, para minimizar tiempos de esperas.

Este estudio se basa en la optimización de recursos, tanto de personal como de disposición de nuevos lugares de atención. Esto conlleva un análisis de costo/beneficio que produce interrogantes: ¿Cuál es la cantidad óptima de cabinas disponibles? ¿Se necesita la construcción de nuevas cabinas? ¿Se necesita la contratación de personal? ¿Cuál es la proporción entre pasajeros/as de vuelos internacionales y de cabotaje?

Pensando en estos interrogantes es que se emplea la metodología aprendida en la cursada de la materia Simulación de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la UTN BA, para analizar las tendencias del modelo actual y conseguir información para la toma de decisiones.

Elementos del Trabajo y metodología

Para llevar adelante este estudio se utiliza la metodología Evento a Evento. Para obtener los intervalos de arribo (IA) de las personas que abordan los aviones, tanto internacionales como de cabotaje, y los tiempos de atención (TA), se cuenta con *datasets*ⁱⁱⁱ que contienen datos de arribos y despegues, y de llegadas de personas al aeropuerto de Rosario "Islas Malvinas". Previo a hallar las funciones de densidad de probabilidad, tanto de intervalos de arribo como de tiempos de atención, se hizo un análisis de la composición de los datos.

El histograma obtenido con los datos de llegadas de las personas requiere un análisis más detallado:

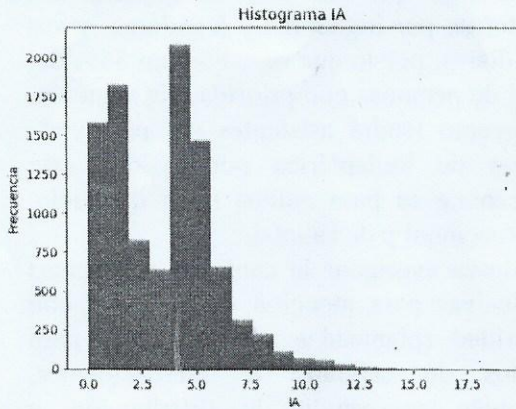


Fig. 1-Histograma IA general

Se observan dos picos, por lo que se decide dividir el estudio en dos horarios:

1. Desde las 3:00 AM hasta las 7:59 AM
2. Desde las 8:00 AM y las 2:59 AM.

De esta manera, los histogramas quedan de esta manera:

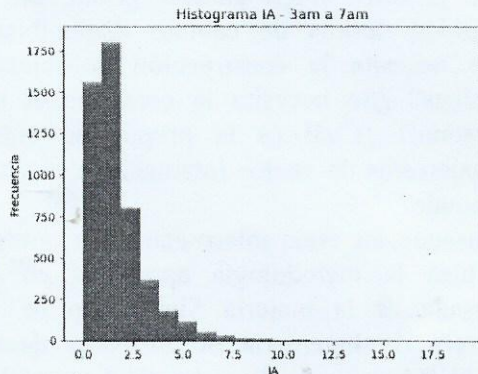


Fig. 2-Histograma IA 3:00 a 7:59

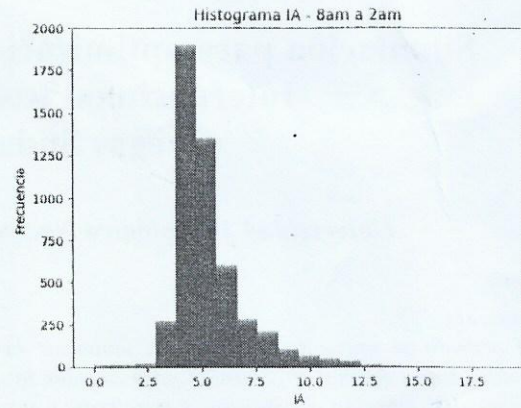


Fig. 3-Histograma IA 8:00 a 2:59

Con la asistencia del *Colab*^{iv} brindado por el docente de la materia, Ing. Rubén Flecha, se utiliza el lenguaje Python para hallar las funciones de probabilidad para los intervalos de arribo, separado por horarios:

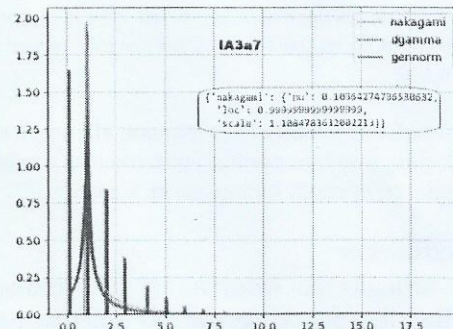


Fig. 4-fdp IA 3:00 a 7:59

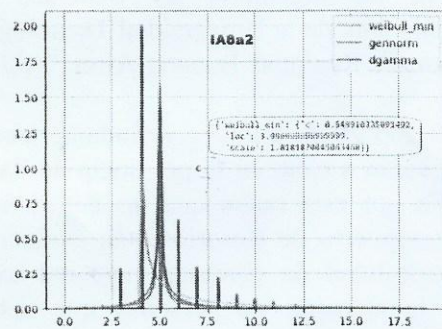


Fig. 5-fdp IA 8:00 a 2:59

De este análisis, también se observan las relaciones de vuelos internacionales y de cabotaje por horarios, arrojando la siguiente información:

1. Desde las 3:00 AM hasta las 7:59 AM
 - a. 92% vuelos internacionales
 - b. 8% vuelos de cabotaje
2. Desde las 8:00 AM y las 2:59 AM.
 - a. 4% vuelos internacionales
 - b. 96% vuelos de cabotaje

Una vez que las personas arriban al aeropuerto, con el fin de tomar un vuelo, se dirigen hacia las cabinas de atención. La disposición de la atención es la siguiente:

La atención se divide en vuelos de cabotaje e internacional. A su vez, el público se divide entre personas con prioridad, 35% del pasaje, y las que no la tienen. El tiempo de atención en las cabinas difiere según si es de cabotaje o internacional. Para esto, se analizaron los datos de tiempos de atención (TA) brindados por el dataset, arrojando los siguientes histogramas:

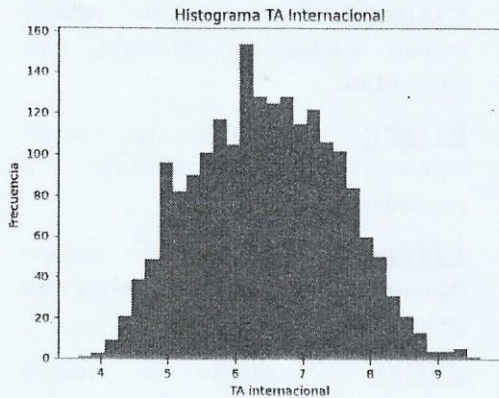


Fig. 6-Histograma TA internacional

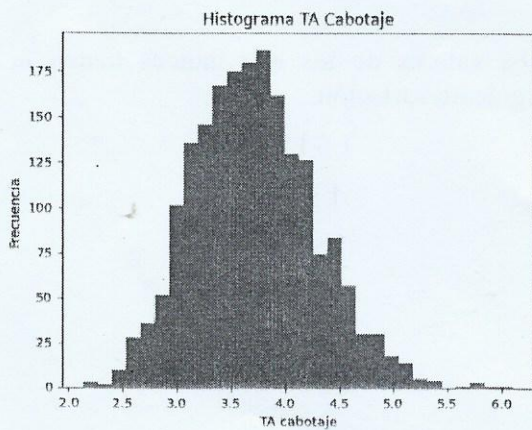


Fig. 7-Histograma TA cabotaje

Con la asistencia del *Colab*, mencionado anteriormente, se utiliza el lenguaje Python para hallar las funciones de densidad de probabilidad para los tiempos de atención:

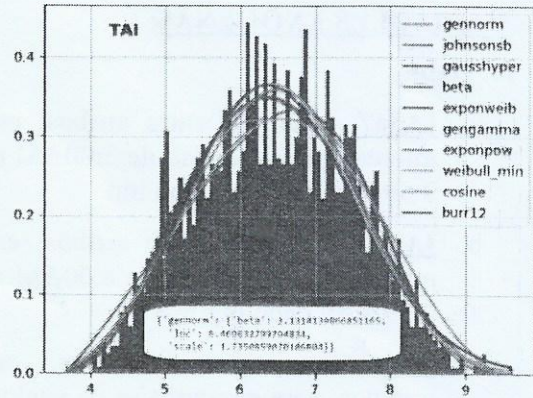


Fig. 8-fdp TA internacional

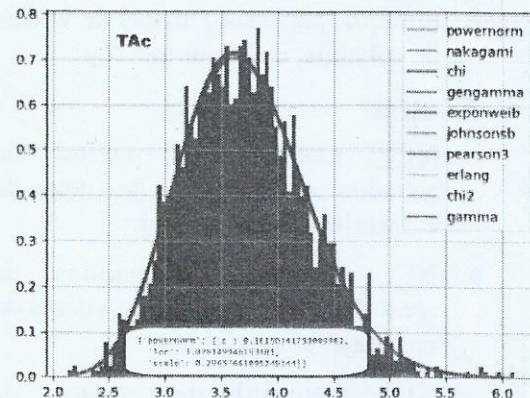


Fig. 9-fdp TA cabotaje

Este estudio se enfoca en hallar la cantidad óptima de cabinas de atención para pasajeros/as de vuelos internacionales y de cabotaje.

Con los datos recabados y detallados hasta aquí, se procede a realizar el análisis previo para dibujar el diagrama de flujo que se utilizará en el corrido de las simulaciones según los horarios.

Se tiene en cuenta, además, la restricción física para la disposición de las cabinas, las que no pueden exceder de diez (en total).

Además de lo hasta ahí detallado, se desea hallar el promedio de permanencia en el

sistema, como así también el promedio de tiempo ocioso de cada puesto de atención y el promedio de espera en cola.

Metodología: Evento a Evento

VARIABLES (con distinción entre exógenas y endógenas):

VARIABLES EXÓGENAS:

1. Datos:

- a. **IA3a7**: Intervalo entre arribos, en minutos, en el horario de 3:00AM a 7:59 AM, dado por una fdp.
- b. **IA8a2**: Intervalo entre arribos, en minutos, en el horario de 8:00AM a 2:59 AM, dado por una fdp.
- c. **TAi**: Tiempo de atención, en minutos, para pasajeros/as de vuelos internacionales, dado por una fdp.
- d. **TAc**: Tiempo de atención, en minutos, para pasajeros/as de vuelos de cabotaje, dado por una fdp.

2. Control:

- a. **NCP**: Cantidad de puestos de atención para pasajeros de vuelos de **cabotaje, con prioridad.**
- b. **NC**: Cantidad de puestos de atención para pasajeros de vuelos de **cabotaje, sin prioridad.**
- c. **NIP**: Cantidad de puestos de atención para pasajeros de vuelos **internacionales, con prioridad.**
- d. **NI**: Cantidad de puestos de atención para pasajeros de vuelos **internacionales, sin prioridad.**

VARIABLES ENDÓGENAS:

3. Estado:

- a. **NsCp**: cantidad de personas en el sistema, de vuelos de cabotaje con prioridad.
- b. **NsC**: cantidad de personas en el sistema, de vuelos de cabotaje sin prioridad.

c. **NsIp**: cantidad de personas en el sistema, vuelos internacionales con prioridad.

d. **NsI**: cantidad de personas en el sistema, vuelos internacionales sin prioridad.

4. Resultados:

- a. **PECcp**: Promedio Espera en Cola de despegues de **cabotaje, con prioridad.**
- b. **PECc**: Promedio Espera en Cola de despegues de **cabotaje, sin prioridad.**
- c. **PECip**: Promedio Espera en Cola de despegues **internacionales, con prioridad.**
- d. **PECi**: Promedio Espera en Cola de despegues **internacionales, sin prioridad.**
- e. **PPS**: Promedio de permanencia en el sistema.
- f. **PTOcp(i)**: Porcentaje de tiempo ocioso vuelos de **cabotaje, con prioridad.**
- g. **PTOc(i)**: Porcentaje de tiempo ocioso vuelos de **cabotaje, sin prioridad.**
- h. **PTOip(k)**: Porcentaje de tiempo ocioso vuelos **internacionales, con prioridad.**
- i. **PTOi(l)**: Porcentaje de tiempo ocioso vuelos **internacionales, sin prioridad.**

Los valores de los sub índices tienen la siguiente variación:

$$1 \leq i \leq NCp,$$

$$1 \leq j \leq NC$$

$$1 \leq k \leq NIp$$

$$1 \leq l \leq NI$$

TABLA DE EVENTOS INDEPENDIENTES

(TEI)

Para desarrollar esta tabla, se utilizan las siguientes abreviaturas:

EFNC: Evento futuro no condicionado

EFC: Evento futuro condicionado

Cond: Condición que se debe cumplir para que se dispare el EFC.

TEI:

EVENTO	EFNC	EFC	COND
Llegada 3 a 7	Llegada 3 a 7	salida cabotaje Pr(i)	NSCP <= NCP
		salida cabotaje (j)	(NSC <= NC) (NSCP = NCP + 1 && NSC < NC)
		salida internacional Pr(k)	NSIP <= NIP
		salida internacional (l)	(NSI <= NI) (NSIP = NIP + 1 && NSI < NI)
Llegada 8 a 2	Llegada 8 a 2	salida cabotaje Pr(i)	NSCP <= NCP
		salida cabotaje (j)	(NSC <= NC) (NSCP = NCP + 1 && NSC < NC)
		salida internacional Pr(k)	NSIP <= NIP
		salida internacional (l)	(NSI <= NI) (NSIP = NIP + 1 && NSI < NI)
salida cabotaje Pr(i)	-	salida cabotaje Pr(i)	NSCP >= NCP
salida cabotaje (j)	-	salida cabotaje (j)	(NSC >= NC) (NSCP > NCP && NSC < NC)
salida internacional Pr(k)	-	salida internacional Pr(k)	NSIP >= NIP
salida internacional (l)	-	salida internacional (l)	(NSI >= NI) (NSIP > NIP && NSI < NI)

Fig. 10-TEI

TABLA DE EVENTOS FUTUROS

TEF:

1. **TPLL:** Tiempo de Próxima Llegada
2. **TPScP(i):** Tiempo de Próxima Salida del puesto i (cabotaje), con PRIORIDAD
3. **TPSc(j):** Tiempo de Próxima Salida del puesto j (cabotaje), SIN PRIORIDAD
4. **TPSiP(k):** Tiempo de Próxima Salida del puesto k (internacional), con PRIORIDAD
5. **TPSi(l):** Tiempo de Próxima Salida del puesto l (internacional), SIN PRIORIDAD

Para realizar las distintas simulaciones y evaluar distintos escenarios, se utiliza un programa creado por estudiantes de la UTN BA (actualmente profesionales) para la materia Práctica Profesional Supervisada:

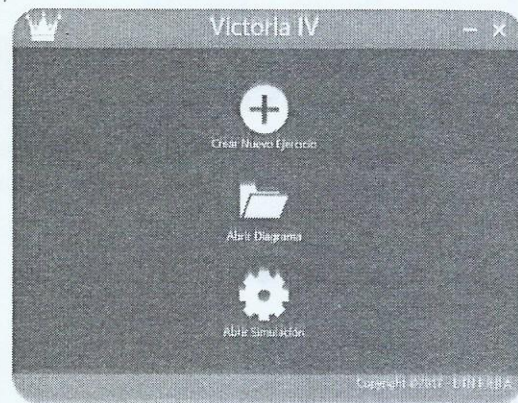


Fig. 11-pantalla presentación Victoria

Resultados

Con el modelo creado, se realizan varias corridas de la simulación para generar valores que permitan tomar decisiones apropiadas para la optimización de recursos, tanto físicos como de personal.

Se tiene en cuenta la limitación física de diez cabinas. Con las distintas corridas de la simulación, se combinarán valores de cantidad de cabinas internacionales y de cabotaje, con y sin prioridad, que no deberán exceder del valor mencionado.

Los escenarios planteados se dividen en horarios y distribución de cabinas.

- Escenario 1:

Horario 8:00 a 2:59



- Escenario 2:

Horario 8:00 a 2:59



- Escenario 3:

Horario 3:00 a 7:59



- Escenario 4:

Horario 3:00 a 7:59



Los resultados de las distintas simulaciones son los siguientes, realizando una separación por horarios:

8:00 a 2:59

- Escenario 1:

- PPS: 4 minutos
- PECc y PECi: sin espera
- PTO:

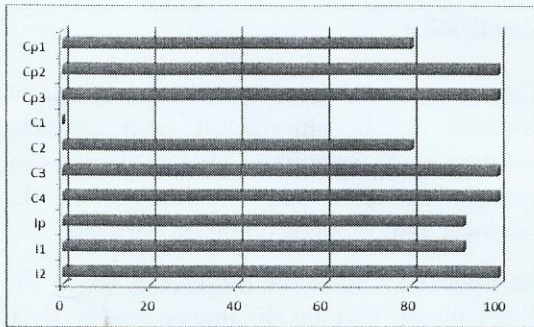


Fig. 12 – PTO por cabina escenario 1

- Escenario 2:

- PPS: 3,6 minutos
- PECc y PECi: sin espera

- PTO:

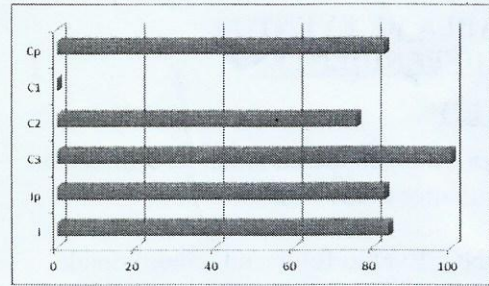


Fig. 13 – PTO por cabina escenario 2

3:00 a 7:59

- Escenario 3:

- PPS: 4 minutos
- PECc: sin espera
- PECi: 0,1 minutos
- PTO:

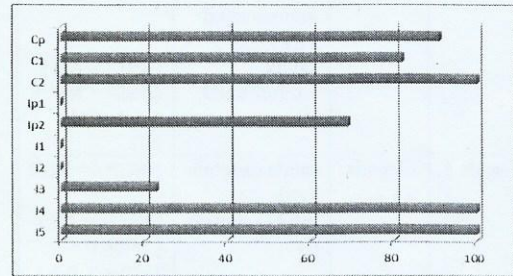
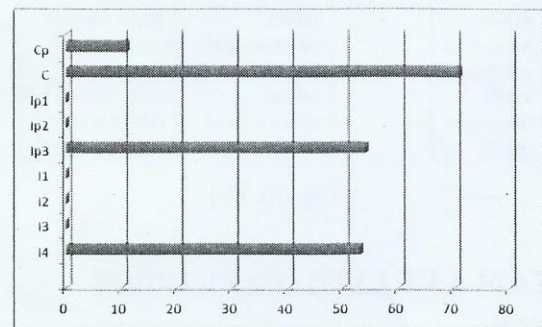


Fig. 14 – PTO por cabina escenario 3

- Escenario 4:

- PPS: 11 minutos
- PECc: 0,12 minutos
- PECi: 6,3 minutos
- PTO:



Discusión

Del análisis de este estudio surgen observaciones en cuanto a la clasificación de los horarios. Se observa una mayor afluencia de tránsito internacional durante la madrugada y mayor intensidad de tránsito de vuelos de cabotaje durante el día.

Observando los datos obtenidos de las distintas corridas de las simulaciones bajo distintos escenarios, se puede deducir que hay diferencia de distribución de las cabinas según los horarios "8:00 a 2:59" y "3:00 a 7:59", debido a la diferencia entre la relación de vuelos de cabotaje y los internacionales. Estos últimos requieren mayor cantidad de cabinas pues este tipo de vuelos transporta más cantidad de personas.

Conclusión

La decisión de la cantidad de cabinas disponibles depende de las autoridades del aeropuerto en estudio, pero se observa que durante del día hay más cabinas ociosas, por lo que no es necesario dejarlas disponibles. En cambio, durante la madrugada deben estar la mayoría de las cabinas disponibles, con especial atención en los vuelos internacionales.

Queda a discusión que las cabinas para vuelos de cabotaje a la madrugada o las cabinas de vuelos internacionales durante el día, puedan tener una disponibilidad dinámica.

Con los datos obtenidos, se observa que durante la madrugada se necesita más atención en las cabinas que durante el día, por lo que puede haber variación en los distintos horarios.

Agradecimientos

Ing. Silvia Quiroga, por su guía en el desarrollo de este estudio.

Ing. Rubén Flecha, por su aporte con el Colab y desarrollo en Python para resolver las fdp correspondientes.

Referencias

Material bibliográfico suministrado por la cátedra Simulación

i: <https://utn.edu.ar/es/>

ii: <https://www.frba.utn.edu.ar/>

iii:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1A_Hl5SNGjWhZoEwu6SbUTvt5-_jwsvob/edit?usp=sharing&ouid=111652008847687278578&rtpof=true&sd=true

iv:

https://drive.google.com/drive/folders/1xOi0Sh9qF1VqL0IccE7D8cLRBFJ19nAS?usp=drive_link

Datos de Contacto:

Castigione, Ezequiel

Enriquez, Sylvia

Estrella, Sasha