



Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

## **Transporte II**

### **TP N°1**

**N° de grupo: 3**

**Integrantes:**

- Benedetich, Valentino (B-6243/1)
- Mitchell, Liza (M-6896/9)
- Nieva, Lucas (N-1205/1)
- Rolando, Santiago (R-4297/8)

## Índice

Enunciado.....	3
Método de resolución.....	3
Resolución por computadora.....	4
Resultados.....	5

## Enunciado

Establecer la o las orientaciones de pistas del aeropuerto dado, en función de los datos de dirección, intensidad y frecuencia y de los vientos de acuerdo a los datos del Servicio Meteorológico Nacional, considerando que se requiere una operatividad mínima del 95 %, considerando que el avión crítico acepta una componente transversal máxima de viento de 24 km/h.

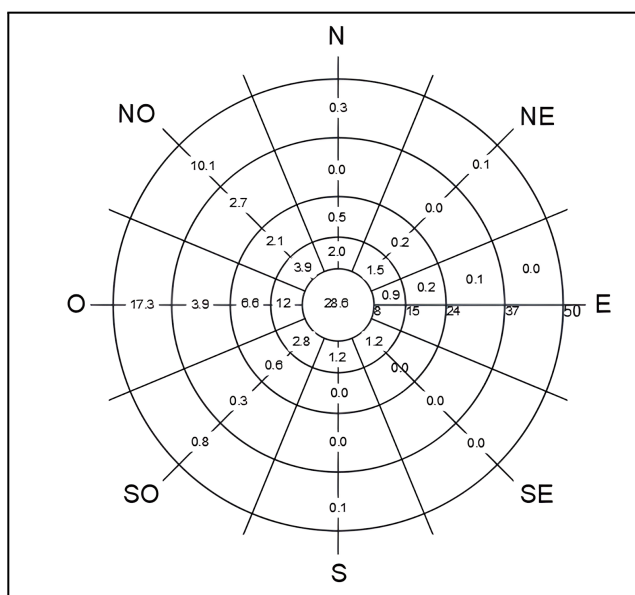
## Método de resolución

Se tienen registros del viento que consisten en valores de frecuencia relacionados a rangos de velocidades y sentidos o direcciones, según se detalla en la tabla 1.

Direccion	Frecuencia					
	Intensidades					
	0 - 8	8 - 15	15 - 24	24 - 37	37 y mas	Total
Calma	31.0					31.0
N		5.5	3.5	3.1	0.8	12.9
NE		3.8	2.1	2.3	0.7	8.9
E		3.1	1.6	0.9	0.4	6.0
SE		2.9	1.5	1.4	0.7	6.5
S		2.1	1.3	1.1	0.8	5.3
SO		3.1	2.9	2.5	0.8	9.3
O		2.6	3.1	2.7	1.0	9.4
NO		3.8	3.4	2.3	1.2	10.7
Total	31.0	26.9	19.4	16.3	6.4	100

*Tabla 1: registros de dirección, intensidad y frecuencia de vientos (Fuente SMN)*

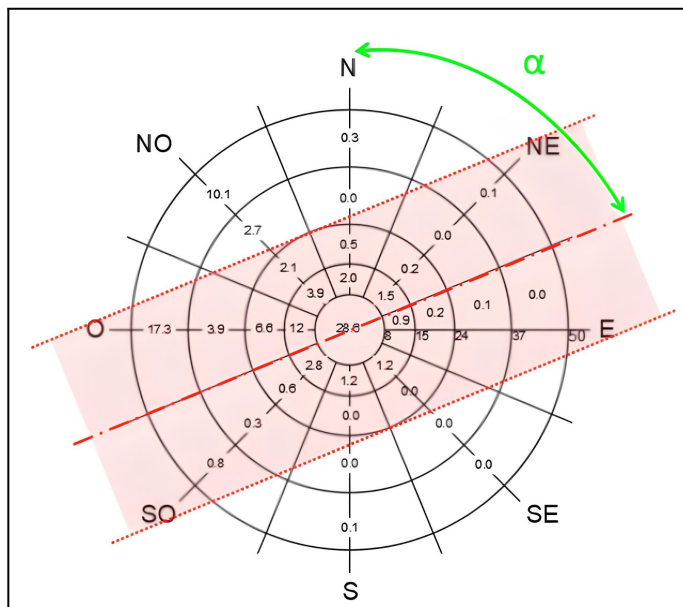
Estos datos pueden graficarse en un sistema de referencia polar, con velocidad en el eje radial y dirección en el eje angular, definiendo así trapecios circulares a cada uno de los cuales le corresponde cierta frecuencia, como se observa en la figura 1.



*Figura 1: registros de la tabla 1 graficados en un sistema de referencia polar*

La operatividad para una determinada dirección de pista puede encontrarse trazando dos líneas paralelas a tal dirección, separadas una distancia igual a dos veces la velocidad lateral máxima permitida, y posteriormente sumando las frecuencias de todos los trapecios circulares que quedan contenidos dentro de tal área. La figura 2 presenta tal área resaltada en rojo, para una dirección de pista dada por el ángulo  $\alpha$ . Cuando un trapecio circular queda contenido parcialmente dentro del área, la frecuencia a sumar debe ser proporcional a la parte del trapecio dentro del área.

La dirección con mayor operatividad puede encontrarse simplemente aplicando tal proceso para ángulos  $\alpha$  que varíen desde 0 hasta 180°.



*Figura 2: área que permite obtener la operatividad para una dirección de pista indicada con  $\alpha$*

Con el fin de evitar cálculos manuales y además obtener un resultado más preciso, se creó un programa que aplica este método.

### Resolución por computadora

El programa se basa en una discretización del círculo de la figura 1 en cuadrados de igual tamaño. Se obtiene un conjunto de  $N \times N$  cuadrados distribuidos en el sistema de referencia por sobre tal círculo. Por ejemplo, suponiendo una velocidad de viento máxima de 50km/h, y con una discretización de 200x200, cada cuadrado tendría lados de dimensión igual a  $(50\text{km/h} * 2) / 200 = 0.5\text{km/h}$ .

Luego, cada uno de los cuadrados quedará dentro de alguno de los trapecios circulares. A cada cuadrado le corresponderá un valor de frecuencia que dependerá del trapecio circular al que pertenezca y de cuántos cuadrados adicionales haya dentro del mismo trapecio. Un cuadrado pertenecerá a un trapecio u otro dependiendo de las coordenadas  $x$  e  $y$  de su centro. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se muestra una discretización de 30x30, en la que se indica la dirección correspondiente a cada cuadrado.

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-
-	-	-	-	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-
-	-	-	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	N	N	NE	NE	-	-	-
-	-	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	-	-
-	-	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	NE	-	-
-	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-
-	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	N	N	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	NO	N	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	NO	N	N	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	S	S	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
-	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	-
-	SO	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	E	E	E	-
-	-	SO	SO	SO	SO	SO	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	-	-
-	-	SO	SO	SO	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	E	-	-
-	-	-	SO	SO	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	-	-
-	-	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	-	-	-
-	-	-	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	S	S	S	SE	SE	SE	SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 3: discretización de 30x30, en la que se indica la dirección correspondiente a cada cuadrado

Interesa conocer, para cada dirección de la pista, cuáles cuadrados quedan dentro del area indicada en rojo de la figura 2. La operatividad para una dirección de la pista viene dada por la suma de las frecuencias de todos los cuadrados que queden dentro del area mencionada. Variar el ángulo  $\alpha$  permite obtener la operatividad para diferentes direcciones de la pista.

El programa permite obtener la operatividad máxima para discretizaciones de diferente cantidad de cuadrados y para diferentes incrementos en el ángulo  $\alpha$ . Los angulos son medidos en sentido antihorario desde el semieje horizontal positivo.

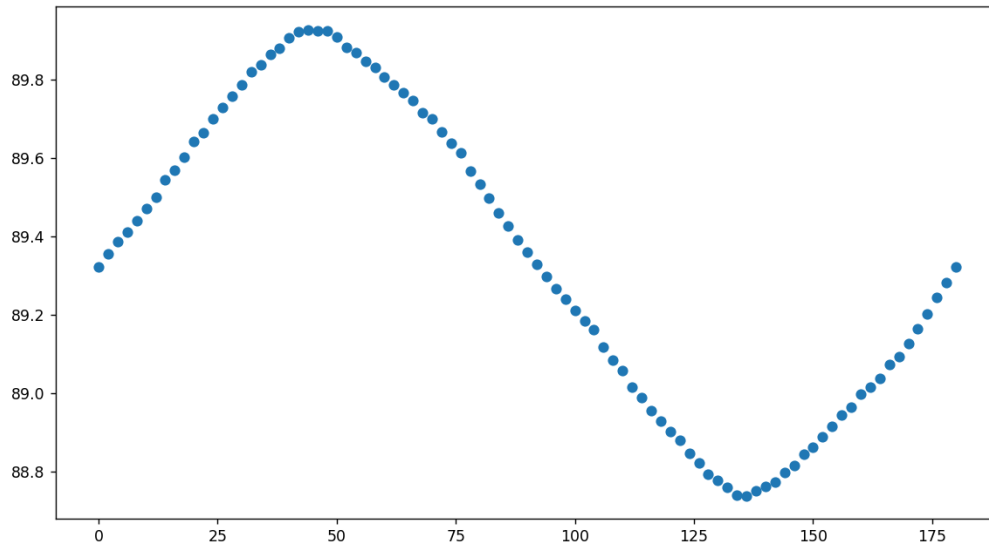
Repositorio de GitHub del el programa disponible en:

<https://github.com/Valen-b/optimizacion-de-pistas>

### Resultados

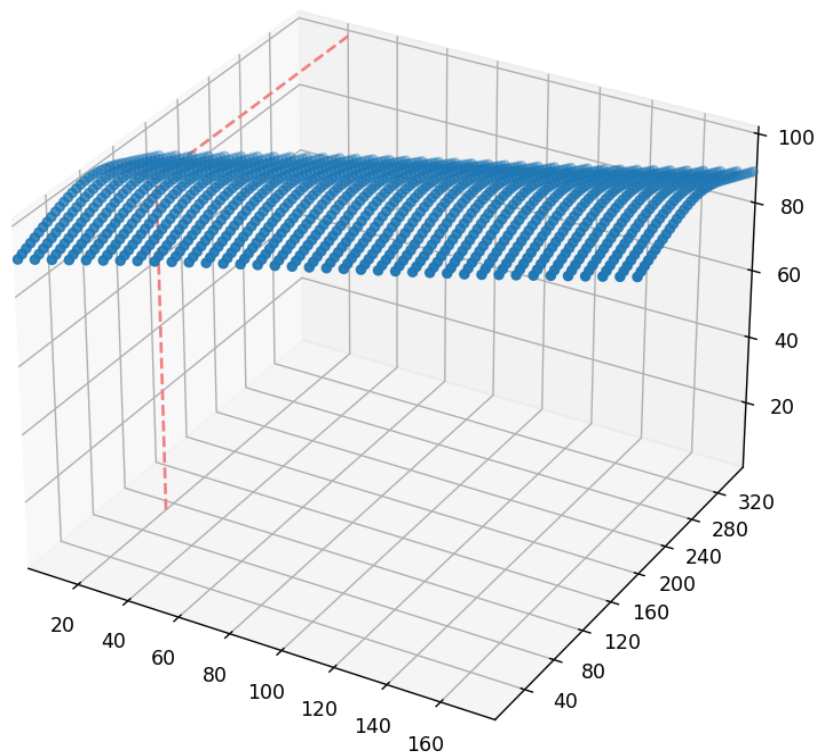
Utilizando los datos de la tabla 1, y teniendo en cuenta la velocidad lateral maxima de 24km/h, se produce a ejecutar el programa con una discretización de 200x200 e incrementos en  $\alpha$  de 2°. El resultado es el que se observa en la figura 4.

La mejor dirección de la pista es de 44° con respecto al sistema de referencia adoptado, o 23.5° en sentido horario desde la dirección Norte, con una operatividad del 89.9%. Este valor es insuficiente, por lo tanto se propone la creación simultanea de dos pistas de direcciones diferentes.



*Figura 4: operatividad en función del ángulo de la pista con respecto al semieje horizontal positivo.*

Realizando los ajustes necesarios al programa, se lo ejecuta con una discretización de 200x200 e incrementos en  $\alpha$  de  $5^\circ$ . En este caso se tomaron incrementos de  $\alpha$  menores para reducir el tiempo de procesamiento. El resultado es el que se observa en la figura 5.



*Figura 5: operatividad en función de los ángulos  $\alpha$  de ambas pistas con respecto al semieje horizontal positivo.*

En este caso la máxima operatividad avanza un valor de 98.6%, para direcciones de pista de  $20^\circ$  y  $110^\circ$  con respecto al sistema de referencia adoptado, o lo que es lo mismo, de  $47.5^\circ$  y  $317.5^\circ$  en sentido horario desde la dirección Norte. Esta operatividad supera a la mínima requerida de 95%. Las designaciones para las pistas resultan ser: pista 5 - 23, pista 14 - 32.

En el siguiente enlace puede observarse un ejemplo de funcionamiento del programa:

[https://youtu.be/e23zsFn\\_Hiw](https://youtu.be/e23zsFn_Hiw)