

# Trabajo Práctico 1. Business Analytics / Aplicaciones Computacionales en Negocios

Agosto 2024

Este proyecto consiste en analizar y optimizar la performance operativa y económica de dos molinos de vientos dedicados a la generación de energía eléctrica en la Patagonia. Antes de detallar el problema, algunas consideraciones generales. El trabajo debe ser realizado por un grupo de hasta 4 personas. Trabajos individuales no son aceptables salvo expresa autorización del profesor y un motivo ineludible.

Los entregables son:

Una presentación de 15 slides con:

- esquemas del código implementado
- los parámetros de la simulación e implementación
- resultados a las preguntas formuladas a través de gráficos, estadísticas
- cualquier otra idea / concepto / que se te ocurra investigar en este proyecto a través del modelo propuesto

Una presentación oral en grupo de 15 minutos. El código de las simulaciones, en Python, a entregar a los ayudantes del curso.

El grupo presentará el trabajo en la clase del 10 o 12 de septiembre. Nicolas indicará la fecha para cada grupo. Dos integrantes del grupo, elegidos por Nicolás, presentarán el trabajo. Los otros dos deberán estar disponibles para correr y explicar el

código cuando los ayudantes lo soliciten.

Consideramos en clase el patrón de velocidad del viento en Patagonia. La figura que vimos en clase sugiere variaciones diarias de alta frecuencia superpuestas sobre cierto rango de variación estacional que se repite en el tiempo. Para este TP1 tomá el archivo con velocidades del viento que está en el campus virtual. Los datos tienen frecuencia diaria.

La empresa tiene dos molinos de viento en Patagonia, a cierta distancia entre si. Llamamos a uno molino Norte y al otro molino Sur. Para el viento promedio (espacial) de la región en cada día  $i$  considerá que el siguiente modelo representa bien la realidad:

$$S_{i+1} = S_i + \kappa(\theta(t_i) - S_i)\Delta + \sigma\sqrt{\Delta}Z_i \quad (1)$$

con  $\Delta = 1/365$  y la media estacional

$$\theta(t_i) = 6 + 2\cos(2\pi i/365).$$

El reloj  $t_i$  corre en frecuencia diaria y el shock  $Z$  es una variable normal estándar (media = 0, std dev = 1) e independiente entre días consecutivos.

La diferencia de viento entre el molino Norte y el molino Sur es cero el primer día y luego evoluciona como

$$D_{i+1} = D_i - \beta D_i \Delta + \gamma\sqrt{\Delta}W_i \quad (2)$$

donde los shocks  $W$  son shocks normalmente distribuidos e independientes de los shocks  $Z$  que impulsan al viento regional.

1) A partir de la estructura conocida de  $\theta(t)$ , los datos históricos para el viento regional y la diferencia del viento entre ambos molinos, estimá  $\kappa$ ,  $\sigma$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  a través de regresiones lineales (hint, escribí el modelo como  $S_{t+1} - S_t = ..\theta(t) + ...S(t) + ...Z$  y otra similar para estimar los parámetros del wind gap, y pensá cómo utilizar la información conocida para estimar los parámetros del modelo. Para cada parámetro indicá su valor estimado y su error de estimación.

2) A partir de los parámetros estimados implementá una simulación diaria simultánea

para el viento en cada molino durante el plazo de un año. A través de gráficos y de las comparaciones estadísticas que te parezcan apropiadas confirmá que tus caminos simulados se parecen a la data histórica.

Con el modelo para el molino de viento ya calibrado, supóné que el ingreso diario generado es  $1000 * S_i$  dólares si el molino está prendido ese día ( $S_i$  es la velocidad del viento ese día en m/seg).

Cada molino está expuesto a sufrir roturas causadas por el viento excesivo. La probabilidad de que el molino se rompa en el día  $i$ , si estaba activo en el día  $i - 1$ , es  $0.25 * S(i)^2 \Delta$ . Por ejemplo, si el viento en un día en particular es de 10m/seg, la probabilidad de una falla ese día es de 0.068. Si el molino falla un día, ese día no estará activo y se arreglará el mismo día a un costo de 200 mil dólares.

La empresa puede prender y apagar libremente el molino para protegerlo de daños y maximizar ingresos siguiendo una regla de umbral fijo. Esto es, cada vez que el viento supera un umbral  $K$  se apagará el molino si estaba prendido. Y cada vez que el viento descienda a través del mismo umbral deberá prenderse si estaba apagado. El acto de apagar el molino cuesta 1000 dólares cada vez. Prenderlo no cuesta nada.

Queremos maximizar el Valor Actual Neto esperado de la turbina, donde los ingresos netos son sobre un año e incorporan la venta de electricidad generada diariamente y todos los costos mencionados arriba. La tasa de interés es del 5% anual con capitalización diaria (el cashflow en día  $i$  se descuenta como  $e^{-0.05i/365}$ ).

3) Implementá una simulación para la evolución simultánea del viento en cada molino, las roturas, las decisiones de apagado y encendido, y la acumulación de cashflows en el tiempo.

4) Junto con un camino típico del viento simulado graficá la evolución contemporánea del estado de cada molino (momentos en que está activo / inactivo, momentos en los que se rompió, etc). Tiene sentido lo que ves?

5) A partir de un número suficientemente grande de caminos calcula el VAN esperado de tus molinos como función del umbral de apagado y encendido. Acompaña este y otros estimadores con medidas de error estándar.

6) Cuál es el valor óptimo para el umbral de apagado y encendido, o sea, que maxi-

miza el valor actual neto de cashflows generados durante un año?

7) Cuánto es la ganancia de VAN en este caso vs la operación ingenua que nunca apaga los molinos?

8) Si considero al ingreso total durante el mes de agosto (sin descontar) como una variable aleatoria, cuál es su distribución bajo el umbral de operación óptimo?

9) Cuál es el número medio de roturas por año que sufre el molino bajo la estrategia óptima y cuántas si no se lo apaga nunca?

10) Bajo la estrategia óptima, cuál es el número de días por año en los que cada molino está inactivo en promedio, ya sea por apagado voluntario o rotura?

11) Cuál es la probabilidad de que los dos molinos estén inactivos el 9 de julio? Y en algún día del año?

12) Cuál es la correlación entre los ingresos totales mensuales de mayo de los dos molinos?

13) Cuán sensible es el VAN de mi negocio al costo del arreglo de roturas? Si el costo del arreglo es 250 mil dólares, cambia el umbral óptimo?

14) Cuán sensible es el VAN de mi negocio a la media estacional del viento?

Y cualquier otro análisis de negocios que te parezca valioso para entender este problema.

Obtené todas tus respuestas a partir de un número de simulaciones suficientemente grande como para que el error de estimación de tus respuestas sea pequeño en términos económicos. Asegurate de que tus resultados tengan sentido económico, orden de magnitud razonable, etc. Tu presentación debe tener el formato de una consultoría. Pensá los mejores gráficos y estadísticas para comunicar tus resultados de manera efectiva.