

# EL CURIOSO CASO DEL ASCENSOR DEL CUARTEL GENERAL

Pablo ÁLVAREZ SAN MARTÍN



*Tiene mejor conocimiento del mundo no el que más ha vivido, sino el que más ha observado.*

Arturo Graf (1848-1913).

## Los hechos



OS ascensores del edificio nuevo del Cuartel General de la Armada (CGA) tienen la fea costumbre de hacer lo que quieren. No son muy disciplinados y muestran un comportamiento anómalo, caprichoso y a veces incomprensible, definitivamente una conducta muy poco apropiada e inaceptable en un establecimiento militar. En las próximas líneas vamos a tratar de desvelar si estos actos son constitutivos de alguna falta leve o si, por el contrario, son consecuencia de alguna lógica misteriosa que regula el funcionamiento de los propios ascensores.

Alguien que haya pasado algún tiempo montando guardias fácilmente puede haber observado que los ascensores del grupo de la izquierda (numerados 22 y 23) de este edificio se van a una posición de espera determinada cuando nadie los mira. En concreto, uno se va a la planta octava y otro a la baja, aunque a veces se turnan. Los del grupo de la derecha hacen algo parecido, pero uno se va a la planta -1 y otro a la quinta. Estos también se turnan.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los usuarios no cambiamos de ascensor una vez pulsado el botón de llamada, no deja de ser curioso que estos actúen de manera diferente. Sí es cierto que los de la derecha tienen mayor recorrido porque uno de ellos baja incluso hasta el aparcamiento.

Pero hay más cosas extrañas que llaman la atención. Por ejemplo, cuando el jefe de servicio vuelve del comedor a través de la planta tercera y sube a la sexta para luego poder bajar a su puesto de guardia, ocurre algo confuso. En efecto, el ascensor que acude es el más cercano, hasta aquí todo normal. Sin embargo y sorprendentemente, el otro ascensor que estaba reposando en la planta octava también se mueve y baja a la B sin que nadie lo llame.

Para más inri, en los del grupo de la derecha, cuando se solicita bajar desde la planta sexta a la tercera, no acude a por nosotros el ascensor más cercano, que se encuentra en la quinta, sino el que descansa en la -1. A todas luces, una irritante injusticia, además de una pérdida de tiempo.

## Reducción del consumo



Cuartel General de la Armada.  
(Foto: Paco, Maribel, Luis. Panoramio).

estimamos un tráfico aproximado de 100 viajes completos al día (luego hablaremos de la frecuencia de utilización), cinco días a la semana y 52 semanas al

Y qué gasto innecesario, ¿no? Seguramente los ascensores, cuando se mueven siguiendo sus propios «instintos», no son conscientes de lo que gastan, lo que sorprendentemente no es demasiado. Desde que a mediados del siglo XIX, Elisha Otis (1) ideara el sistema de los contrapesos, no es necesaria una gran potencia para desplazar a todos los ocupantes más el propio peso del ascensor.

Podemos intentar hacer un pequeño cálculo aproximado. Un ascensor tarda unos 22 segundos en recorrer las ocho plantas del Cuartel sin hacer paradas. Si

---

(1) <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/434691/Elisha-Graves-Otis>

año, obtenemos unas 315 horas de funcionamiento. Estas horas multiplicadas por la potencia eléctrica del motor (10 kW aproximadamente) nos dan un consumo de 3.150 kW/h o, lo que es lo mismo, 346 euros al año de media (a un coste de 0,11 euros/kW/h) por ascensor. Efectivamente no es demasiado, teniendo en cuenta otros muchos gastos de mantenimiento del edificio.

Poniendo estos datos en otra perspectiva, una nevera puede gastar al año 625 kW/h, y una casa particular unos 10.500 kW/h, casi tres veces más que nuestros elevadores. Y más aún, la propia iluminación del ascensor, ininterrumpida las 24 horas del día, puede consumir al año casi 600 kW/h. Precisamente, una buena forma de ahorrar sería reducir el periodo de iluminación a ocho horas de la jornada laboral, o 12 como mucho, activando luego un sistema de detección de movimiento, previamente instalado, lo que podría disminuir el consumo en más de un 50 por 100.

Bien, parece que no es un asunto de gasto energético. Esperemos que este pequeño descubrimiento no sirva para abandonar ciertos hábitos saludables: ¿para qué esforzarse en subir tres pisos andando si únicamente se consigue ahorrar 4,6 W/h al día?, o lo que es lo mismo, ¡seis céntimos al año! Siempre quedará el consuelo de que un poco de ejercicio al día, aunque solo sea subir varios pisos, es bueno para el sistema cardiovascular.

## Inteligencia artificial

Es posible que el comportamiento caprichoso de los ascensores responda a otras medidas para reducir el tiempo de espera de los usuarios. Parece que



Burj Khalifa Dubai (izquierda). (Foto: S. Doyla. LiveJournal). Ascensores del Sparks (derecha), Ottawa, Ontario, Canadá. (Foto: Wikimedia Commons).

esto puede tener más posibilidades de ser cierto. De hecho, el problema de la minimización de este tiempo ha dado lugar a un gran número de algoritmos, implementados con mayor o menor éxito en ascensores de todo el mundo. Las últimas tendencias en este sentido utilizan fascinantes agentes inteligentes que preguntan al usuario a qué piso desea ir y seleccionan aquel ascensor que no solo minimiza el tiempo de espera, sino el tiempo de viaje del resto de los usuarios que se puedan ya encontrar subiendo o bajando. Un ascensor que pare constantemente en todas las plantas, aunque esté al límite de su capacidad, puede llegar a ser bastante fastidioso para los ocupantes. Esto tiene especial relevancia en grandes edificios, como por ejemplo la torre Burj Khalifa de Dubai, con 57 ascensores y 163 plantas.

Hay ascensores que solo paran en pisos pares o impares, otros que solo acuden a llamadas efectuadas en los pisos inferiores o superiores y aquellos que no se detienen hasta que el último de los ocupantes ha llegado a su destino. Existen, como vemos, múltiples combinaciones dependiendo de las variables que se quieran optimizar. ¿Cuál es la estrategia que utilizan los ascensores del Cuartel General, si es que utilizan alguna?

En principio no está claro, pero parece que las posiciones de reposo tienden a reducir el tiempo de espera no solo del que llama, sino también de los siguientes posibles usuarios. Por eso, cuando en el ejemplo anterior subimos desde la tercera planta, el otro ascensor que estaba en la octava baja hasta la primera para atender a los futuros clientes de las plantas inferiores. Las piezas empiezan a encajar, pero esto no quiere decir que el funcionamiento sea óptimo. Desde luego su efectividad es discutible. Pero, ¿podemos encontrar una estrategia mejor?

Si nos imaginamos los ascensores como servidores de procesos, por ejemplo cajeros de un banco a los que acuden clientes con determinadas tareas, podríamos imaginar cada servicio de subida o bajada como un proceso de Markov (2) y analizar el problema utilizando la Teoría de Colas (3); la cosa se empieza a poner complicada. Tendríamos entonces unos servidores que se encuentran en unos estados determinados, ocupados, subiendo o bajando o en posición de espera, a los cuales llegan los clientes con una frecuencia y unas intenciones preestablecidas.

Como el comportamiento de estos clientes, nuestro propio comportamiento, no es siempre fijo sino más bien todo lo contrario, estaríamos hablando de procesos estocásticos en los que existe una probabilidad desconocida de tomar una acción o de que ocurra un evento: probabilidad de llegar al Cuartel a las

---

(2) HILLIER and LIEBERMAN: *Introduction to Operations Research*, 7th edition, McGraw-Hill. Chapter 16. Markov chains.

(3) BOSE, S. K.: *An Introduction to Queueing Systems*, Kluwer/Plenum Publishers, Chapter 1, 2002. [http://en.wikipedia.org/wiki/Queueing\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Queueing_theory)

0800 horas, probabilidad de coger el ascensor en lugar de subir escaleras, probabilidad de subir a la octava planta para tomar un café en lugar de a la sexta, y así sucesivamente.

Si tuviésemos un cuartel inteligente podríamos tener un agente artificial que mediante algoritmos de aprendizaje por refuerzo (4) fuese poco a poco entendiendo nuestras costumbres para poder así adelantarse a nuestras necesidades. Siguiendo con el ejemplo anterior, sería bueno que a las 1930, el agente inteligente mandase al ascensor 23 subir a la sexta planta para recoger al jefe de servicio que suele bajar a cenar a esa hora, y de paso encendiese el alumbrado del ascensor y los pasillos de la tercera. Los algoritmos de aprendizaje por refuerzo, aunque son capaces de aprender este tipo de comportamientos, tardan mucho tiempo en converger (5), podrían estar más de varios años aprendiendo sin ofrecer un funcionamiento satisfactorio, para disgusto del jefe de servicio, que pocas veces encontraría el ascensor en la posición correcta a la hora adecuada.

### Investigación operativa al rescate

Pero desafortunadamente no tenemos un cuartel con inteligencia artificial. ¿Qué podemos hacer entonces para investigar el problema de los ascensores? En el campo de la investigación operativa muchas veces se utiliza la simulación para intentar dar respuesta a problemas complejos, o al menos tratar de averiguar cuáles son los aspectos críticos que tenemos que valorar en la toma de decisiones. Por ejemplo, un problema de asignación de zonas de patrulla a diferentes unidades, cada una con unas determinadas capacidades, sensores, permanencia y fiabilidad, es el típico caso en el que la simulación puede ser una herramienta de investigación adecuada.

Para investigar el particular comportamiento de los ascensores del CGA y satisfacer así la curiosidad inicial que motivó este artículo se crearon unos modelos de simulación que comprendían entre otros: un edificio de nueve plantas, cuatro ascensores con capacidad para diez personas, una lógica interna basada en una política de atención a la llamada y una posición de espera, y

---

(4) El aprendizaje por refuerzo es una colección de algoritmos que pueden ser utilizados para optimizar tareas de control. El objetivo es que un agente inteligente, siguiendo unas instrucciones lógicas, sea capaz de encontrar una política de selección de acciones que modifique los estados del sistema (los ascensores), y que optimice una función bajo un criterio determinado: minimizar el coste total, el consumo de energía o las recompensas (*rewards*) recibidas. Para saber más, consultar: Sutton, R. S. & Barto, A. G. (1998). *Reinforcement learning: An introduction*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

(5) Actualmente existen muy diversas técnicas para disminuir el tiempo de convergencia de los algoritmos de aprendizaje por refuerzo, como por ejemplo un adiestramiento previo asistido.



finalmente, unos clientes con unas horas aleatorias de llegada y unas preferencias; en este aspecto fue necesario un poco de imaginación, pero con un poco de tiempo se podrían llegar a estimar unas probabilidades con bastante fiabilidad. Entre las preferencias de los usuarios se incluyó la planta donde se encontraban sus destinos y el piso al que se deseaba subir o bajar (habitualmente la cafetería, aunque variaba según la hora del día).

Todo esto fue implementado en lenguaje de programación Java (6), y se probaron varias políticas de funcionamiento de los ascensores con distintos pisos como posición de reposo, obteniéndose resultados sensiblemente diferentes a los reales. En concreto, para un período simulado correspondiente a 2.000 días de funcionamiento, los menores tiempos de espera de los usuarios y los mayores porcentajes de disponibilidad de los ascensores se obtuvieron con las posiciones de reposo en las plantas B y tercera. Pero esto no deja de ser una anécdota, porque entre otras cosas el ritmo de llegada de los usuarios, como se dijo anteriormente, fue absolutamente

---

(6) El código y los modelos desarrollados están a disposición de los interesados en la dirección correo electrónico [palvsa2@fn.mde.es](mailto:palvsa2@fn.mde.es). Para saber más de la plataforma Java, consultar: <http://java.com/es/about/>

inventado. También se podría haber utilizado una aproximación multicriterio para no solo minimizar el tiempo de espera de los usuarios, sino también el tiempo de viaje y, por qué no, el consumo de los ascensores.

## Conclusión

Más que el propio resultado, lo interesante de todo esto es el propio uso de la simulación para tratar de explicar problemas no triviales. La implementación práctica, como hemos visto, no fue complicada, aunque ha faltado una parte fundamental, como es el análisis de la población, nosotros los usuarios, para poder alimentar convenientemente el proceso de la simulación. En este caso, el estudio habría servido para minimizar una variable de primera importancia como es el tiempo de espera en los ascensores, con lo que ahorrarnos de paso unos segunditos en nuestro devenir por el Cuartel General, pero bien podría haber sido utilizado para optimizar otros procesos mucho menos triviales y sensiblemente más valiosos, como el acopio de repuestos en los arsenales, el rescate de naufragos de acuerdo con unos patrones de búsqueda ópti-



(Foto: [www.armada.mde.es](http://www.armada.mde.es)).

mos, la determinación de las distancias de los *warnings* a aeronaves desconocidas en aproximación a una fuerza naval, etcétera.

A veces los problemas nos vienen dados, pero en muchas otras ocasiones una observación crítica del entorno nos permite descubrir cosas a nuestro alrededor que nos cuentan cómo es el mundo en que vivimos, y con algo de paciencia nos ayudan a explicarlo para intentar mejorarlo. Decía Arturo Graf, poeta y escritor italiano de principios del siglo XX, que tiene mejor conocimiento del mundo no el que más ha vivido, sino el que más ha observado. Algo de razón puede que tenga.

Aunque su funcionamiento no sea del todo óptimo, es posible que, a pesar de todo, los ascensores del CGA no sean tan indisciplinados y caprichosos como en un principio parecía.

