



ESPEJO



CRUCES Y GLORIETAS

Enrique Zuazua Iriondo

FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG, ALEMANIA

En 2013, el Nobel de Economía 2021, Alvin Roth, asesoró al equipo de fútbol *Athletic Club* de Bilbao en la asignación de las localidades para los socios del club en el nuevo estadio de San Mamés, construido esencialmente en el mismo lugar que su antecesor, pero mejor orientado, más moderno, seguro, luminoso, a la altura de lo que su apasionada afición aspiraba.

Puede parecer curioso que una cuestión, aparentemente tan sencilla como es trasladar a cada socio de una localidad del viejo estadio a otra similar en el nuevo, necesite de la opinión de una eminencia. Pero así es. Eran más de 43 mil los socios del club y habría sido una tarea imposible de abordar de manera adecuada, es decir, para satisfacción de la mayoría de los socios, sin la ayuda de los mejores expertos.

Y Roth lo es, sin duda. En su día contribuyó, por ejemplo, al diseño de las rutas más eficientes de los autobuses escolares de Manhattan, Nueva York y a la asignación de las donaciones de órganos en Estados Unidos de América, dos cuestiones de gran importancia y cuya complejidad podemos imaginar. Es lo que en matemáticas denominamos el “diablo de la dimensión”, que se refiere a problemas aparentemente sencillos, cuando son pocos casos, pero irresolubles en cuanto éstos aumentan, dado el grandísimo número de posibles soluciones a comprobar.

El uso de las matemáticas para dar solución a este tipo de problemas, denominados “de transporte”, viene de mucho tiempo atrás. Y, en el caso del San Mamés, se trata en la práctica de trasladar a cada socio, de manera figurada pero precisa, de su vieja localidad a la nueva.

El matemático francés Gaspar Monge (1746-1818) formuló la cuestión en su mítica *Memoria de la teoría de los escombros y de los terraplenes* (1781), en la que planteaba el problema del transporte óptimo de los escombros que se generan en cualquier construcción, cuestión tan habitual como importante.

¿Son realmente tan imprescindibles y útiles?

Dos siglos más tarde, en 1975, el matemático ruso Leonid Kantoróvich (1912-1986) recibió el premio Nobel de Economía “por su contribución al desarrollo de la teoría de la asignación óptima de recursos”. Con su enorme talento matemático se abrió paso como consultor de una agencia pública que buscó su asesoría para optimizar el uso de materias primas en la producción de equipamientos. En los años 50 el interés soviético por mejorar el desarrollo del país ofreció un contexto favorable para su trabajo. Así, en 1959 publicó su obra *El mejor uso de los recursos económicos*, que le valió el Nobel.

Al fin y al cabo, asignar recursos o asientos en un estadio, distribuir riqueza o transportar escombros son problemas que, matemáticamente, admiten la misma formulación y de nuestra capacidad para resolverlos depende, en gran medida, el progreso de la sociedad. A pesar de la larga historia que tiene el estudio de estas cuestiones y del conocimiento que se ha generado, su aplicación adecuada en la administración de recursos y necesidades no está aún del todo conseguida.

En la vida cotidiana, cuando hablamos de transporte pensamos en autobuses, bicicletas, coches, trenes, calles, carreteras, aviones y barcos, pero ignoramos que el diseño y la gestión de rutas son muy complejos. Es fácil imaginar lo complicado que nos resultaría gestionar el tráfico de nuestras ciudades. Tomemos como ejemplo los semáforos: ¿cuánto tardaríamos en fallar en la sincronización de las luces en un cruce con evidente riesgo para autos y transeúntes cuando el verde del peatón no implica el rojo para el coche?

Hace un par de años volvía desde Cuba, donde residía, a su ciudad natal, Iurreta, el célebre escritor vasco Joseba Sarrionandia, tras 36 años de exilio. No pasaron desapercibidas sus



Pero tras los comentarios del literato me asaltó la duda: ¿son realmente tan imprescindibles y útiles las glorietas? Tras leer la entrevista que le hicieron a Sarrionandia me dí cuenta de que, donde vivo, Erlangen, Alemania, apenas hay ninguna, dado que la ciudad y su entorno están repletos de vías peatonales y de ciclistas que se cuidan tanto como calles y carreteras. En este caso se ha optado por fomentar medios de transporte que no requieren, de momento, de glorietas o semáforos. No estoy seguro de que la sustitución sistemática de semáforos y cruces tradicionales por rotondas sea del todo necesaria. Es cuestión de prioridades.

Se trata, en cualquier caso, de algo difícil de valorar. Lo que se desprende de la teoría del transporte de Monge-Kantorovich es que hay muchas maneras de planificar de manera “óptima”, dependiendo de cuál sea el criterio de optimización adoptado. Al fin y al cabo, no deja de ser una elección política, económica, cultural o ecológica que cada urbe hace al momento de abordar la modernización de sus vialidades. ¿Qué construimos, glorietas o carriles para bicicleta, por ejemplo? Y, claro, no vale responder “todo a la vez”, pues los recursos son limitados y no hay espacio para todo.

De hecho, pregunté a mis amigos por el asunto. Algunos me miraron con cara rara y otros simplemente se rieron. Les pareció extraño y gracioso que les consultara sobre las declaraciones del novelista. ¡Deformación profesional!, me dijeron.

Pero, no era yo, ni mucho menos, el primero en interesarse por la cuestión que está ampliamente

Ejemplo de rotonda giratoria síncrona con prioridades rotativas y pelotones escalonados.

declaraciones sobre, por ejemplo, la cantidad de nuevas glorietas con las que se había encontrado al llegar.

Su observación sobre las glorietas me interesó. Todos hemos sido testigos de cómo proliferan en muchas ciudades, pero nunca me había planteado por qué se construyen. Siempre me pareció una manera razonable de resolver el tráfico en un cruce de caminos, que permite mayor fluidez y, en gran medida, hace prescindibles los semáforos.

documentada. Resulta que, si en España hay casi 600 rotondas por millón de habitantes, en Alemania no se llega a las 200, y en Estados Unidos no se llega a las 100. Eso sí, Francia bate todos los récords con casi mil por millón, es decir una por cada mil habitantes.

O sea que la densidad de glorietas no es uniforme, depende de cada país, y en muchos son controvertidas pues no todos saben circular por ellas sin generar peligros. Sin duda es más fácil atravesar un cruce siguiendo la regla de los tres colores de luz de manera disciplinada. También es

El uso de las matemáticas para dar solución a problemas denominados “de transporte”, viene de mucho tiempo atrás.

más aburrido esperar a que cambie el semáforo en rojo, que lanzarse a la rotonda.

No sé cuántas rotondas habrá en Iurreta. Pero habida cuenta de que hay algo menos de 4 mil habitantes, les corresponderían, si trasladáramos la media española, alrededor de media docena.

A pesar de haber satisfecho mi curiosidad numérica seguí pensando que el autor, acostumbrado a utilizar metáforas, algo tendría en mente al aludir a las glorietas. Volví pues a la carga y esta vez pedí a mis amigos que se comprometieran con su opinión. A la mayoría les siguió pareciendo un tema puramente anecdótico. Pero uno de ellos hizo una reflexión: “Conseguimos cotas de poder y autogobierno hasta hace poco inimaginables. Con estas capacidades decidimos dar prioridad a la construcción de museos, carreteras, trenes y glorietas, muchas glorietas, pero en el camino perdimos lo único que nos distinguía: nuestra lengua, el Euskera”. Su respuesta me impactó tanto, que escribí estas líneas que en la primavera de 2021 publicó el rotativo vasco *Deia*.

Dos años más tarde, mi colega y amiga Luz de Teresa, me sugirió escribir un texto de divulgación. Charlamos sobre el transporte óptimo, tema próximo a nuestros intereses de investigación, y le hablé entonces de este artículo. Ella reaccionó divertida comentando que en México se instalan semáforos en algunas glorietas que son peligrosas o saturadas. Hemos pasado, pues, del cruce tradicional con semáforos

a las glorietas para después dotarlas de semáforos. Sólo falta que se deconstruyan las glorietas para volver al bien conocido cruce con semáforos. Entre tanto, habremos transportado un montón de escombros deslizándolos por terraplenes. ¡La teoría sigue vigente! No en vano, Monge se ocupó del tema allá por 1780. ¡Todo un visionario, además de genial matemático!