

Mètode alternatiu a la modelització gràfica en el càlcul de l'espai necessari per crear zones lineals d'aparcament en vies urbanes

Francesc Boix i Ricart*

Raúl Alba Molina**

* fb.ricart@gmail.com

** raul.sith@gmail.com

RESUM:

-Aquest mètode permet calcular numèricament l'espai necessari per crear zones lineals d'aparcament d' n places sense haver de recórrer a la modelització gràfica. Està dissenyat especialment per trobar amb facilitat les característiques òptimes de zones d'aparcament en vies amb limitacions d'espai. Aquest estudi és una anàlisi trigonomètrica d'una àrea d'aparcament tenint en compte el comportament d'un vehicle estàndard en la maniobra d'estacionament.

Alternative method to graphic modelization in the calculus of the necessary space to create lineal parking areas in urban ways

ABSTRACT:

-This method allows to calculate numerically the space that is necessary to create lineal parking areas of n places without having to resort to graphic modelization. Is specially designed to easily find out the optimal characteristics for lineal parking areas in urban ways with limitations of space. This study is a trigonometrical analysis of a parking area taking into account the behaviour of an standard vehicle during the parking manoeuvre.

Introducció

Aquest treball pretén ser una eina per a obtenir les característiques de disseny d'una àrea d'aparcament sense haver d'usar models gràfics. Amb la proposta realitzada es disposarà de manera ràpida i senzilla, de paràmetres bàsics per a predimensionar una àrea rectangular d'aparcament. Es poden determinar les relacions entre les mides i l'angle de les places d'aparcament, el gir del vehicle implicat, l'ample del carril de circulació i la quantitat que se'n necessiten per a la maniobra d'estacionament.

No es citen altres treballs, a excepció de "*Arte de proyectar en arquitectura*" (1), del que extraiem el criteri per a definir el radi de giro d'un vehicle, degut a la falta de referències explícites sobre aquesta matèria. Tot el que s'ha trobat tracta de models globals de comportament dels usuaris a l'hora de buscar i trobar aparcament, per exemple, en una ciutat. (2)

- 1) Neufert, Ernst. *Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2006. p.378-383.
- 2) Existeix un article que tracta l'aparcament de manera local, escrit per la Doctora Rebecca Hoyle, de la Universidad de Surrey, U.K., titulat "*Requirements for a perfect S-shaped parallel parking manoeuvre in a simple mathematical model*", però no tracta directament el tipus de maniobra que es proposa en aquest treball i a més a més el seu objecte té com a protagonista el vehicle en lloc de l'espai on aquest ha d'aparcar.

Aquest treball serveix per calcular el nombre de places d'aparcament que es poden aconseguir en funció de paràmetres com per exemple les mides i l'angle de les places d'aparcament o el radi de gir del vehicle implicat. No dóna solució al càlcul d'espais d'estacionament en entorns corbs atès que es formula usant trigonometria. Tampoc soluciona la tasca d'escollir la ubicació de les àrees destinades a ser zones d'aparcament.

S'ha de tenir molt en compte que les distàncies que serveixin per a conèixer l'espai disponible per a una futura zona d'estacionament han de ser ortogonals entre sí, ja que els càlculs posteriors es faran usant trigonometria. Aquest treball està pensat per a casos generals i per això les peculiaritats hauran de ser tractades de manera específica.

Per evitar reiteracions, sovint es parlarà de *plaça* per a referir-se a una plaça d'aparcament.

Es defineixen les següents característiques: C és l'ample d'un carril de circulació, P és l'ample de la plaça, L és la longitud de la plaça, α és l'angle de la plaça respecte a la direcció de marxa del vehicle, n és el nombre de places y G és el radi exterior de gir del vehicle.

Paraules clau: estacionament, aparcament, parking, urban, via, way

Discussió

Un dels factors que s'han d'estudiar per a determinar l'espai necessari per crear una zona d'aparcament és el gir d'un vehicle a l'estacionar, el qual pot ser analitzat en la *figura 1*.

El centre del radi de gir del vehicle, E , es trasllada en funció de la distància entre I i I' , si $I \neq I'$. Atès que I és el punt en el qual el vehicle deixa de girar per entrar de cara dins de la plaça d'aparcament, per mantenir el mateix radi de gir, E es desplaça perquè la distància $I-I'$ sigui igual a la distància $E-E'$, la qual cosa comporta $I-E$ sigui equivalent a la distància $I'-E'$, que és la que defineix el radi de gir del vehicle, G .

El comportament del radi exterior de gir es pot obviar, de la mateixa manera que no es considerarà el cas de l'estacionament en cordó donada la seva particularitat, atès que quan la recta $I-I'$ es torna paral·lela a la direcció de marxa del vehicle, la seva distància es torna infinita.

Segons el llibre “*Arte de proyectar en arquitectura*” (1), el radi exterior de gir, G , és constant. Agafarem aquest criteri per avaluar el comportament d'un vehicle a l'hora d'estacionar. En aquest treball no es tractarà el gir amb radi variable d'un vehicle perquè el document present pretén ser un model de caire general.

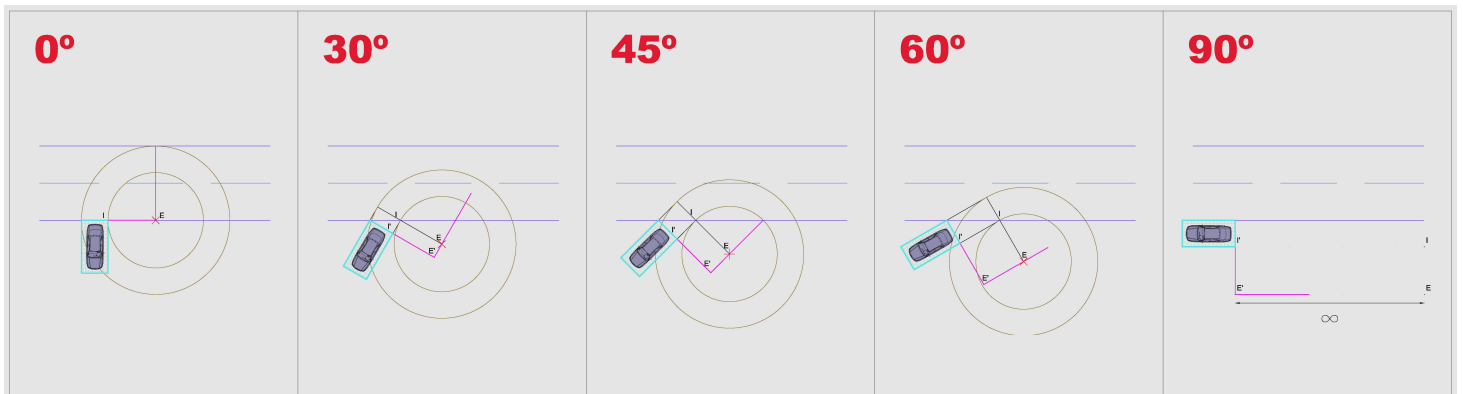


figura 1

D'altra banda, en la *figura 2*, es pot observar que el gir del vehicle té lloc entre la perpendicular a la seva direcció de marxa que passa pel centre del radi de gir, E , i la prolongació de la recta $I-E$ amb valor de l'ample de plaça, P . L'angle de gir, β , es calcula com $\beta = 90 - \alpha$.

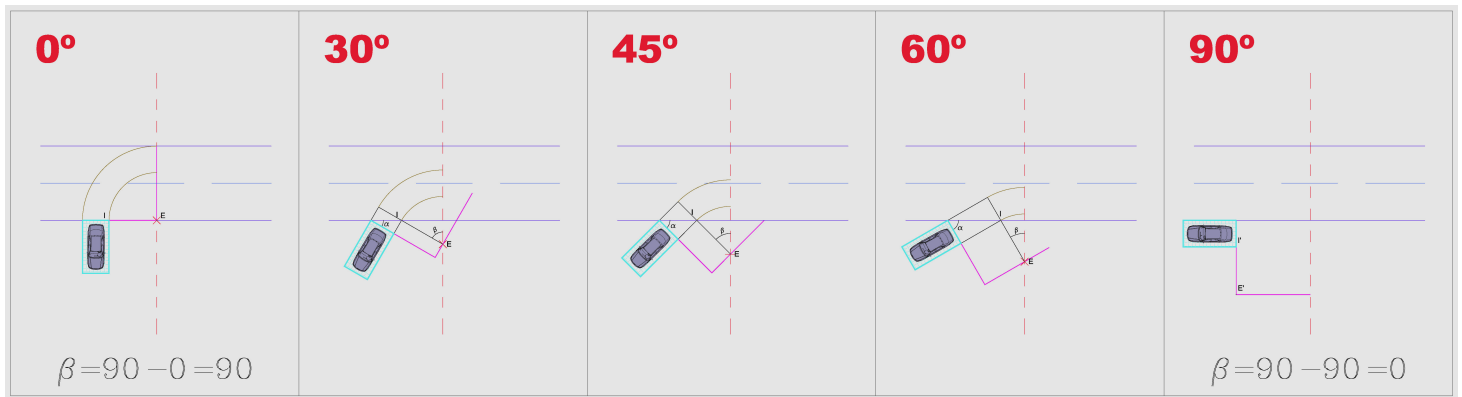


figura 2

Per poder calcular l'espai necessari per crear un determinat tipus d'estacionament, és necessari conèixer dues distàncies respecte a la marxa del vehicle: la distància transversal, a la que anomenarem U , que inclou el gir i l'estacionament, i la distància longitudinal, a la que anomenarem Q .

El càlcul d' U es farà com a suma de dos trams: l'espai que s'usa en el gir i l'espai que ocupa la plaça d'aparcament en sí. En la *figura 3* es pot observar com es redueix l'espai necessari per aconseguir el gir a mesura que la plaça d'aparcament s'inclina cap al seu costat més llarg. Anomenarem R a l'espai que deixa de ser necessari en la maniobra de gir.

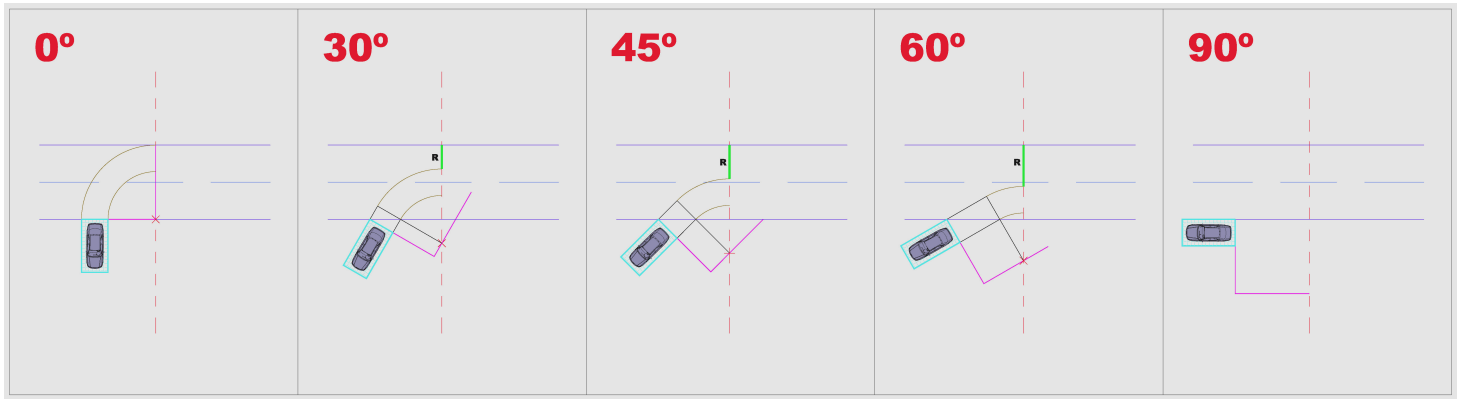


figura 3

Per calcular R s'usarà una demostració geomètrica que permet situar R on existeixen elements per calcular-la. En la *figura 4* es tracen dues circumferències de radi G , amb centres E i F , i es troben H' i H'' que són els punts on aquestes es tallen. Aquests dos punts units per una recta són la mediatriu de la recta que uneix E i F , trobant el punt H . En els casos que $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, es pot observar que la distància $F-F'$, que és R , és la mateixa que $E-E'$, el qual ens permet calcular R en la posició $E-E'$, com es pot veure en la *figura 5*.

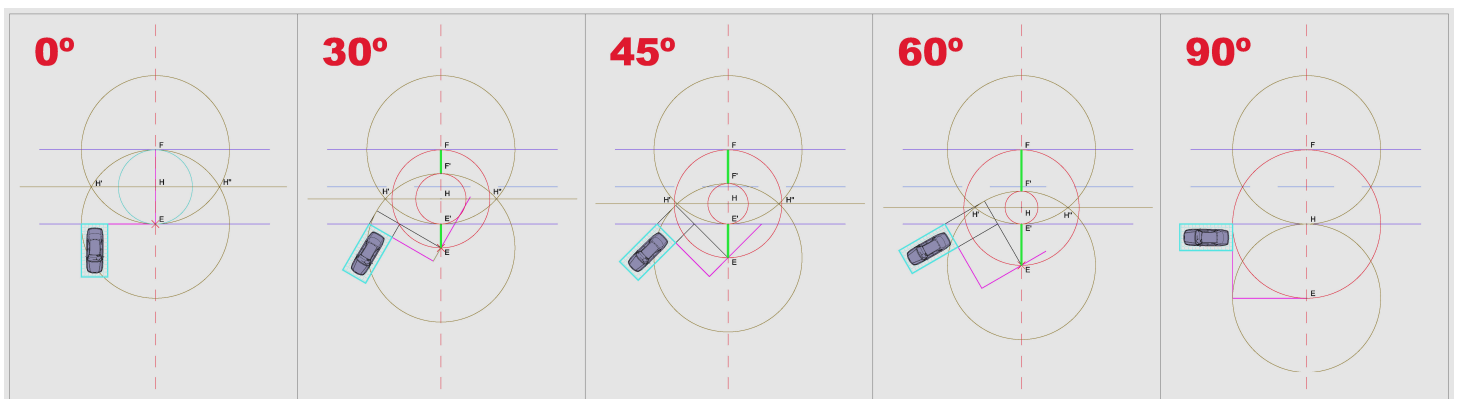


figura 4

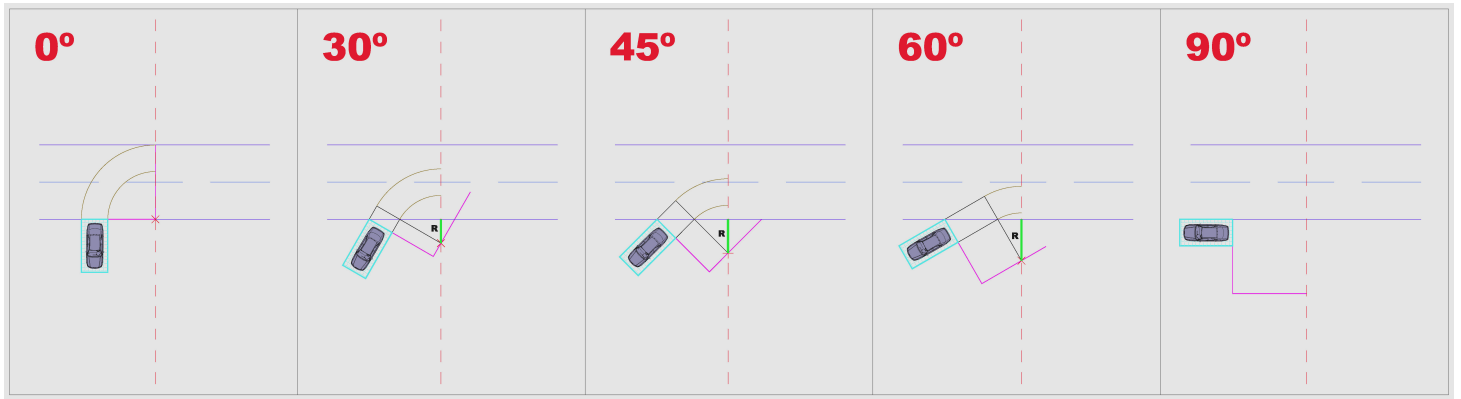


figura 5

En la *figura 6* es poden observar els elements necessaris per a obtenir el valor d' R .

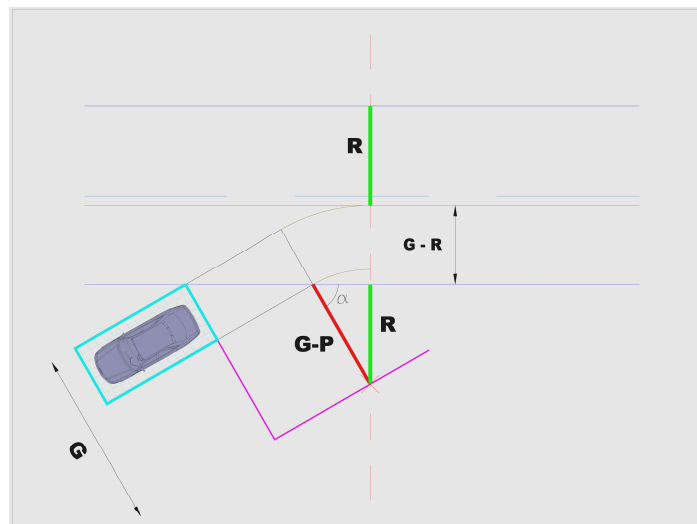


figura 6

$$R = (G - P) \cdot \sin \alpha$$

Un cop calculada R , restant-la de G , es té l'espai total que s'usa en el gir. Arribat aquest punt ja es tenen suficients elements per calcular el nombre de carrils que són necessaris per practicar la maniobra d'estacionament en funció de les característiques particulars d'una plaça d'aparcament donada. El desenvolupament d'aquest càlcul es troba a l'*annex 1* (pàgina 16).

Queda per calcular l'espai que ocupa la plaça d'aparcament en sí, S en la *figura 7*, i que es calcula com es veu en les *figures 8, 9 y 10*.

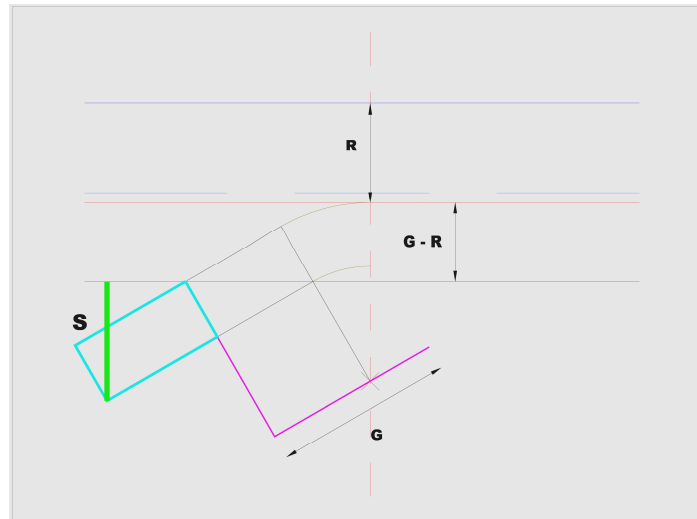


figura 7

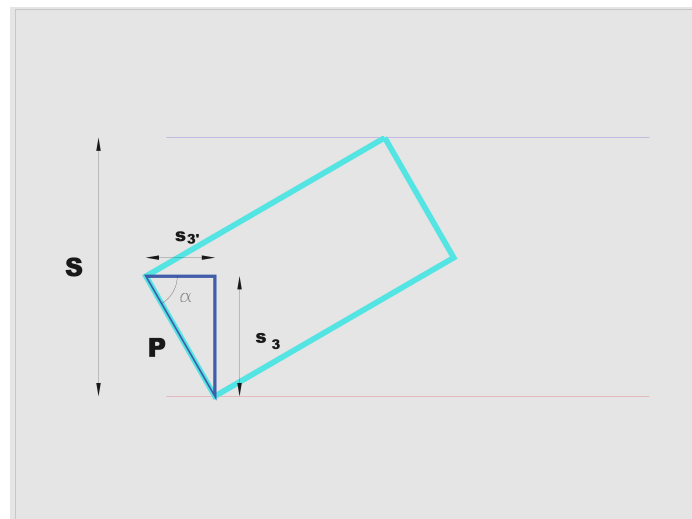


figura 8

$$\sin \alpha = \frac{S_3}{P} \Rightarrow \boxed{S_3 = P \cdot \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{S_{3'}}{P} \Rightarrow S_{3'} = P \cdot \cos \alpha$$

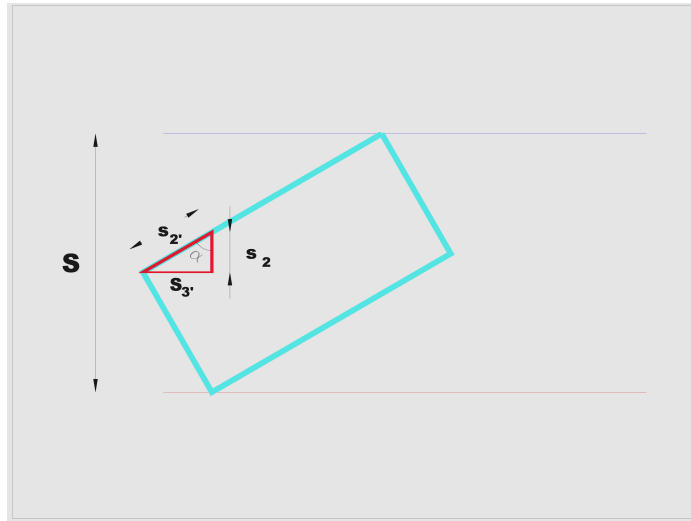


figura 9

$$\tan \alpha = \frac{s_{3'}}{s_2} \Rightarrow \boxed{s_2} = \frac{s_{3'}}{\tan \alpha} = \boxed{\frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}}$$

$$\sin \alpha = \frac{s_{3'}}{s_{2'}} \Rightarrow s_{2'} = \frac{s_{3'}}{\sin \alpha} = \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

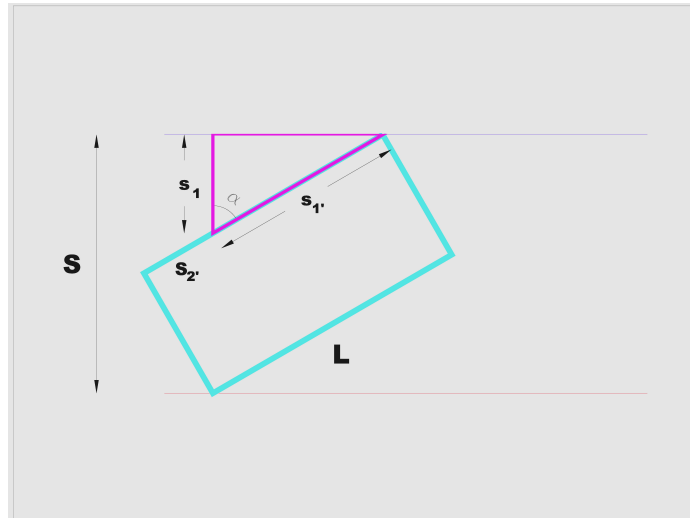


figura 10

$$s_{1'} = L - s_2 = L - \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{s_1}{s_{1'}} \Rightarrow s_1 = s_{1'} \cdot \cos \alpha = \cos \alpha \cdot \left(L - \frac{P \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$s_1 = L \cdot \cos \alpha - \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

El valor d' S es calcula com la suma aritmètica dels seus tres components.

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

$$S = L \cdot \cos \alpha - \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \frac{P \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + P \cdot \sin \alpha$$

$$S = L \cdot \cos \alpha + P \cdot \sin \alpha$$

Amb la suma aritmètica de $G-R$ i d' S s'obté el valor d' U , com es mostra en la *figura 11*.

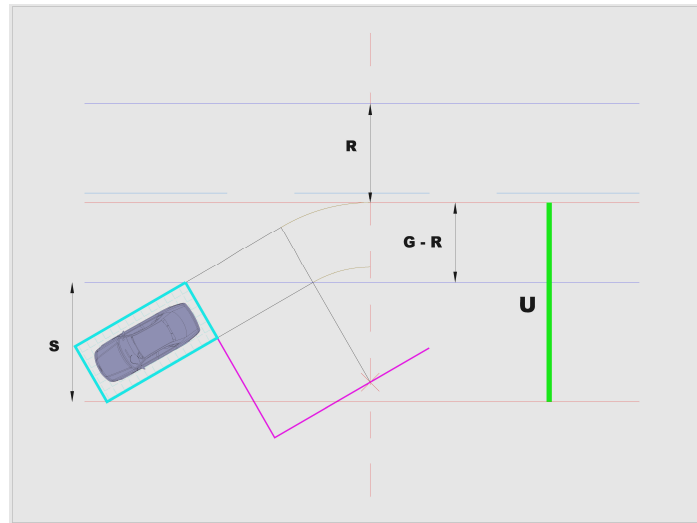


figura 11

$$\boxed{U = G - R + S}$$

Atès que:

$$R = (G - P) \cdot \sin \alpha$$

i

$$S = L \cdot \cos \alpha + P \cdot \sin \alpha$$

Es té que:

$$U = G - (G \cdot \sin \alpha - P \cdot \sin \alpha) + P \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha$$

$$U = G - G \cdot \sin \alpha + 2 \cdot P \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha$$

$$\boxed{\boxed{U = G + (2 \cdot P - G) \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha}}$$

Per poder calcular la distància longitudinal a la marxa del vehicle, Q , analitzarem la *figura 12*:

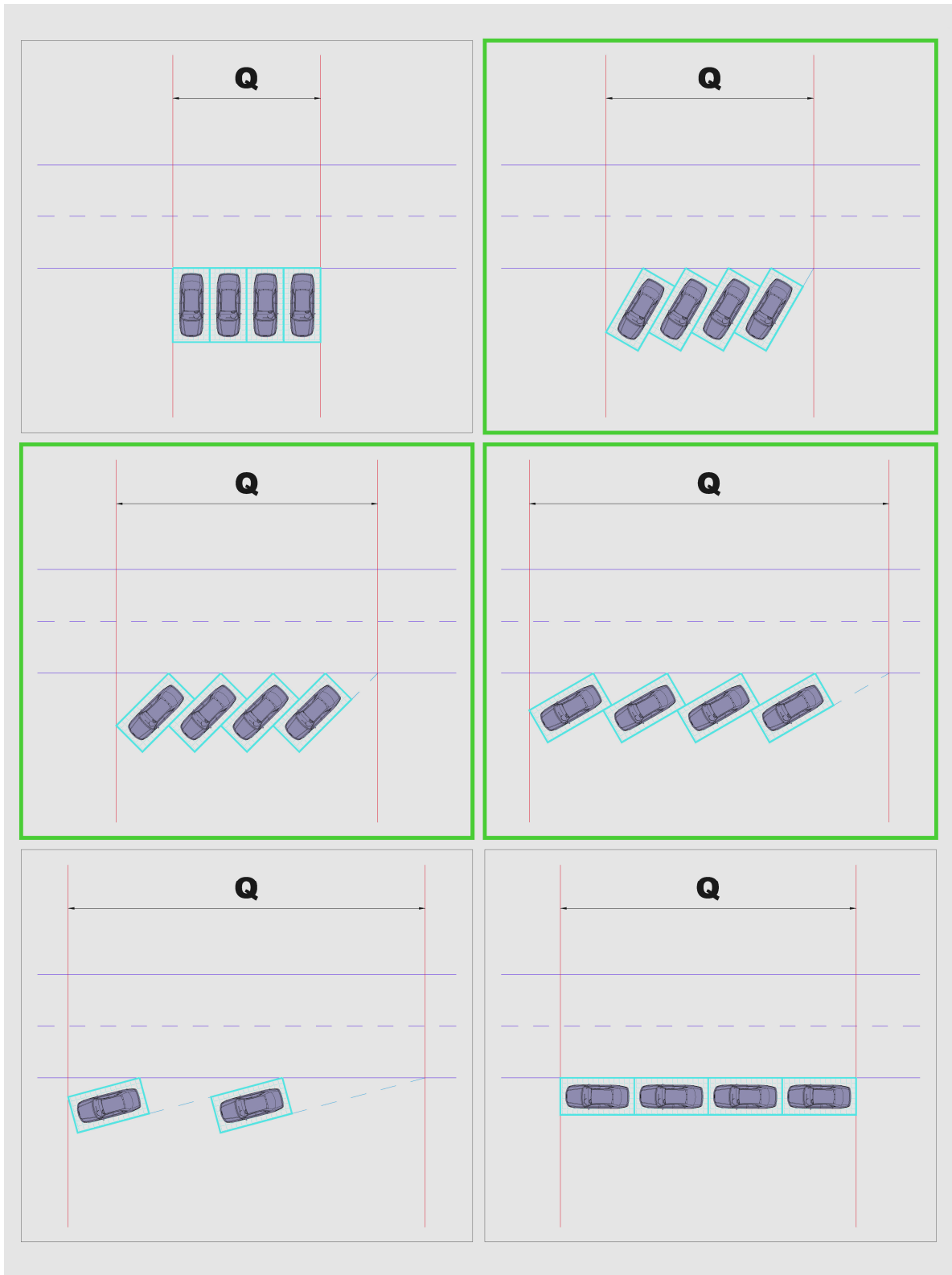


figura 12

Es pot observar en la *figura 12* que els casos primer i últim, donada la senzillesa del seu model, i el cas penúltim, per a $\alpha = 75^\circ$, per la seva naturalesa absurda en qüestions d'optimització de l'espai d'estacionament, no són casos d'estudi. Això ens deixa tres casos d'estudi, malgrat que el càlcul de Q hagi de funcionar en tots els casos. S'ha de tenir en compte que Q , l'espai limitat per les línies vermelles en la *figura 13*, inclou també l'espai que necessiten els vehicles per entrar de cara a totes les places d'aparcament. Q és la distància total, longitudinal respecte a la marxa del vehicle, que necessita per tenir n places d'aparcament.

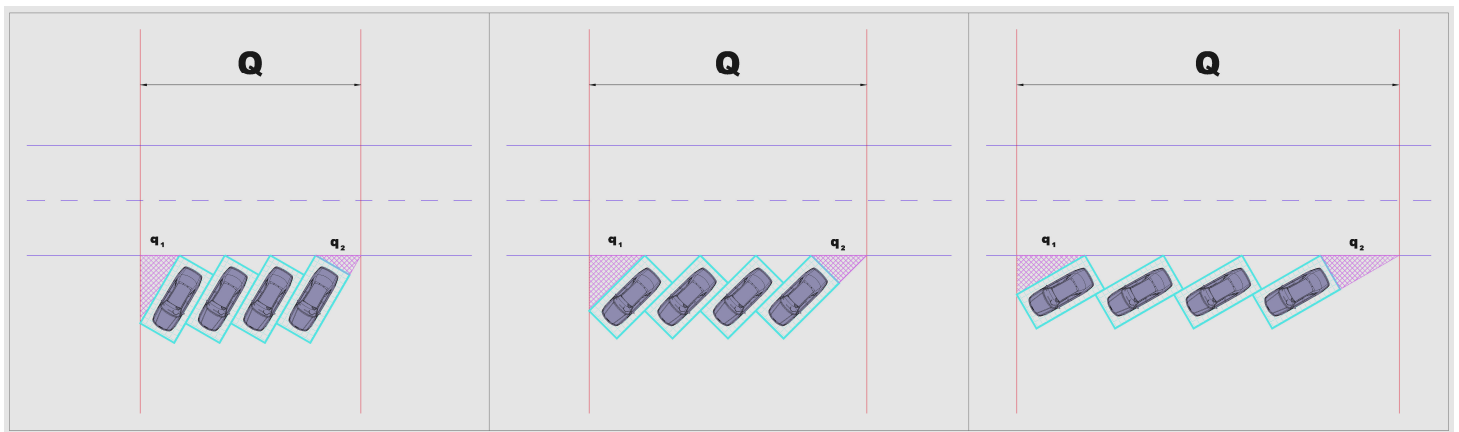


figura 13

Es poden observar en la *figura 13* que es pot extreure una pauta dels tres models, en la que el costat q_1 es troba un sol cop i el costat q_2 es repeteix n vegades, tantes com places d'aparcament. Llavors es pot afirmar el següent:

$$Q = q_1 + (n \cdot q_2)$$

La figura 14 mostra com dur a terme el càlcul de q_1 y q_2 .

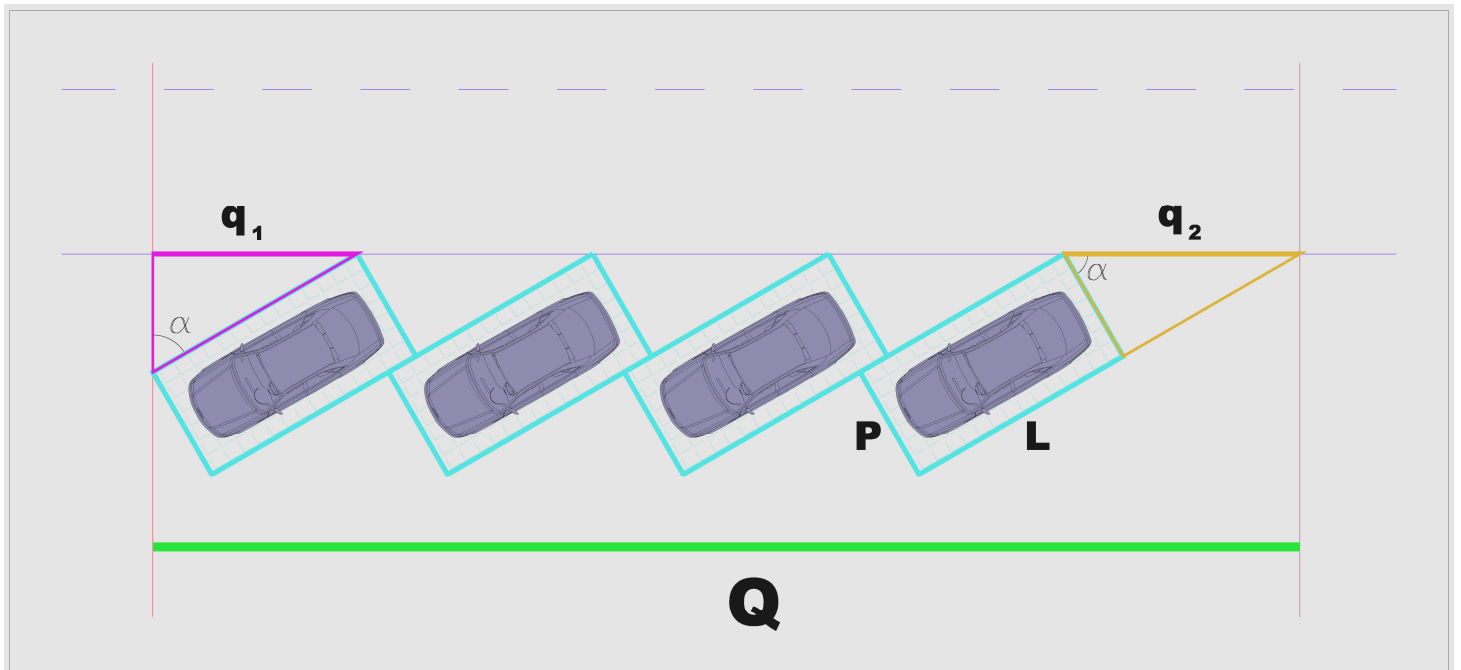


figura 14

$$\sin \alpha = \frac{q_1}{L} \Rightarrow \boxed{q_1 = L \cdot \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{P}{q_2} \Rightarrow \boxed{q_2 = \frac{P}{\cos \alpha}}$$

$$\boxed{Q = \frac{n \cdot P}{\cos \alpha} + L \cdot \sin \alpha}$$

Una vegada s'han trobat les distàncies transversal, U , i longitudinal, Q , respecte la marxa del vehicle, en tractar-se de distàncies ortogonals entre sí, la seva multiplicació resulta ser els metres quadrats que s'usen en total en la zona d'aparcament.

Annex 1

Com es pot observar en la *figura 6*, l'espai que s'utilitza en el gir és **G-R**. Si es divideix aquest valor per l'ample de carril, **C**, s'obté el nombre de carrils que es necessiten per fer la maniobra d'estacionament. Anomenarem **T** a aquest nombre.

$$T = \frac{(G - R)}{C}$$

Per a obtenir l'ordre de magnitud de **T**, resulta interessant veure que els valors que pot prendre **G-R**, sempre que $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, estan compresos entre **G** y **P**. D'això es dedueix el següent:

$$\frac{G}{C} \geq T \geq \frac{P}{C}$$

S'ha de tenir en compte que per casos molt propers a $\alpha = 90^\circ$, un vehicle d'ample menor o igual a **P** podria accedir a la plaça, atès que $G-R \geq P$, però aquest hauria de realitzar un tipus de maniobra d'estacionament que no està estudiada en aquest treball. Això podria comportar errors de càlcul en les distàncies necessàries per a practicar correctament l'estacionament.

Si es volgués que el gir es produís dintre d'un sol carril, s'ha d'assumir que $T = 1$. Si, i només si, $T = 1$, llavors:

$$C = G - R$$

$$\boxed{C = G - ((G - P) \cdot \sin \alpha)}$$

I d'aquesta igualtat es poden deduir les següents:

a)

$$\sin \alpha = \frac{(G - C)}{(G - P)}$$

$$\boxed{\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{(G - C)}{(G - P)} \right)}$$

b)

$$G \cdot (\sin \alpha - 1) = (P \cdot \sin \alpha) - C$$

$$\boxed{G = \frac{(P \cdot \sin \alpha) - C}{\sin \alpha - 1}}$$

En el supòsit que es necessités crear aparcament en bateria però que la distància disponible fos inferior a la necessària per a realitzar el gir i mantenir la longitud de la plaça, es pot reduir l'espai de gir en detriment d'augmentar l'ample de plaça, i en conseqüència, ocupar més espai longitudinal o reduir el nombre total de places.

En la *figura 15* es pot observar en color verd fosc la maniobra que ha de fer un vehicle en veure reduït l'espai disponible per a realitzar el gir. També, es pot observar en color taronja la maniobra que faria el mateix vehicle en condicions òptimes d'espai.

Es defineixen, J , com la distància que és necessari reduir de la maniobra d'estacionament en condicions òptimes d'espai per a poder fer-la en l'espai disponible, i, g , com el radi interior del radi de gir, G .

$$g = G - P$$

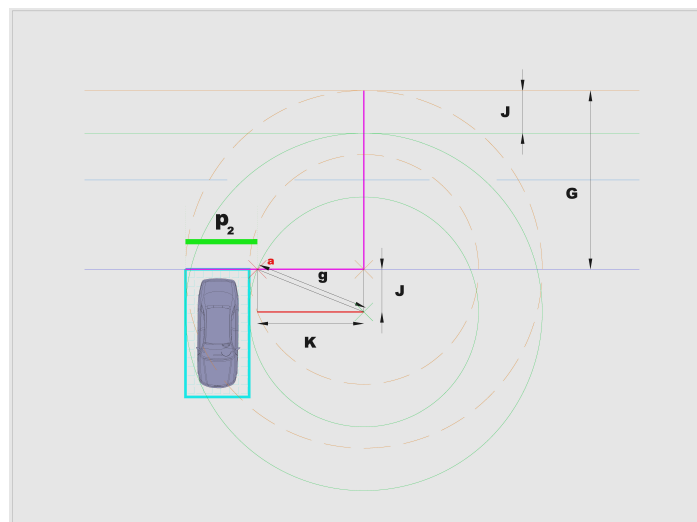


figura 15

En la *figura 15*, el punt en el que el vehicle obligat a fer la maniobra amb un espai menor de gir entraria a la plaça, a , es troba a una distància, K , del centre del radi de gir, G .

$$K = (g^2 - J^2)^{1/2}$$

A partir del càlcul de K , es pot conèixer el valor nou que tindrà P , l'ample de plaça, per a poder realitzar la maniobra d'estacionament utilitzant un menor espai de gir.

$$\boxed{P_2 = G - K}$$

P , pren el valor de P_2 .