

DISSENY D'UN MECANISME CAMINADOR

PAULA RAMOS HERRERO

ENGINYERIA MECÀNICA

RESUM

Els mecanismes caminadors tenen la mateixa finalitat que la roda, el transport. Aquests dos tenen una gran diferència i és que el primer té la capacitat de passar per sobre dels obstacles i la facilitat per circular per terrenys irregulars, mentre que el segon no.

El concepte que tenen en comú tots els mecanismes caminadors és el recorregut. El punt que fa contacte amb el terra avança una distància determinada i després s'eleva aquest punt mentre torna cap enrere (al punt inicial) i torna a estar en contacte amb el terra.

Aquest projecte consisteix a escollir un dels mecanismes caminadors, dissenyar-lo, fabricar-lo i implementar-lo en una bicicleta.

La finalitat és crear un nou transport funcional i poder mostrar-lo en les diferents portes obertes de la universitat.

PARAULES CLAU

Cinemàtica, recorregut, posicions, mecanisme Theo Jansen – bicicleta, Mecanisme caminador i acoblament del mecanisme.

1. INTRODUCCIÓ

La finalitat d'aquest projecte és aconseguir construir una bicicleta que funcioni mitjançant un mecanisme caminador.

Per aconseguir això els objectius establerts són els següents:

- Estudiar que el mecanisme escollit és el més indicat per aplicar en aquest cas, pel qual es necessitarà una simulació cinètica.
- Fabricar un mecanisme caminador funcional.
- Fabricar un acoblament al mecanisme caminador.
- Integrar l'acoblament i el mecanisme caminador a la bicicleta.

La metodologia seguida ha començat amb l'estat de l'art, on cal destacar l'estudi realitzat sobre els diferents mecanismes caminadors existents per poder escollir un amb el qual treballar.

Per fer això, s'han estudiat amb més profunditat els dos mecanismes més ben valorats mitjançant les coordenades naturals. Aquests s'han esquematitzat per poder obtenir les equacions de restricció i mitjançant un programa realitzat en l'Octave poder iterar-les per obtenir la trajectòria del punt del

mecanisme caminador en contacte amb el sòl i així poder escollir el més adequat dels dos.

Finalment per a la fabricació, s'han modelat en 3D totes les peces i s'ha procedit a elaborar-les en el taller de mecànica (amb l'ajuda prèvia dels plànols i els fulls de ruta).

2. ESTAT DE L'ART

Pel que fa als mecanismes de transport, el primer que es va inventar va ser la roda en l'edat antiga. També en aquesta època arrossegaven els objectes a transportar per camins fets per objectes cilíndrics o bé s'utilitzava la força dels corrents dels rius o del vent per transportar els objectes en embarcacions. La resta d'innovacions en els mecanismes de transport no es van produir fins al començament del segle XIX. [1]

En referència a les bicicletes, aquestes no han tingut una gran trajectòria, ja que només va haver-hi dos models previs a l'actual [2]:

- Drasiana: consistia en dues rodes en un mateix eix i es movia mitjançant un impuls que havia de fer el viatger amb els peus.
- Gran Bi: la roda davantera era molt més gran que la posterior i funcionava mitjançant el manillar i pedal.

Finalment, s'han estudiat els diferents mecanismes caminadors existents, sent aquests [3]:

- Enllaç de Theo Jansen
- Enllaç de Klann
- Màquina de caminar mecànica Ghassei

- Mecanisme Lambda
- Mecanisme de potes de sis i vuit barres
- Mecanisme de pota de pantògraf 2 graus de llibertat i mecanisme de 2 potes 1 grau de llibertat del tipus RPRPR
- Cadira per caminar de l'institut de tecnologia de Tòquio
- Tortbot/Strider

3. SIMULACIONS, MITJANÇANT COORDENADES, DE MECANISMES CAMINADORS EN L'OCTAVE

La finalitat d'aquesta simulació és escollir el mecanisme caminador amb el qual treballar. Com existeixen molts només s'han estudiat amb profunditat dos d'aquests. Els escollits han sigut:

- Enllaç de Klann: poc voluminós, estructura simple, format només per parells de revolució i aplicat en projectes reals.
- Enllaç de Theo Jansen: inspiració en la qual està basada la creació d'altres dels mecanismes, molt bé documentat, format només per parells de revolució i aplicat en projectes reals.

La simulació s'ha efectuat mitjançant un codi en l'Octave que consisteix a iterar les diferents posicions dels mecanismes per així poder observar la trajectòria d'aquests en fer un recorregut complet.

Per fer aquest codi prèviament s'han necessitat saber les equacions de restricció de cada mecanisme. Aquestes equacions són les que defineixen les posicions (en aquest cas, de cada parell de revolució) i s'han trobat efectuant un anàlisi cinemàtic.

Per fer l'anàlisi cinemàtic s'han de seguir els següents passos:

- Calcular els graus de llibertat del mecanisme mitjançant l'equació de grübler:

$$G = 3 \cdot (N - 1) - 2P_1 - P_2 \quad (1)$$

$G \rightarrow$ Graus de llibertat

$N \rightarrow$ Número de barres

$P_1 \rightarrow$ Parells amb un grau de llibertat

$P_2 \rightarrow$ Parells amb dos graus de llibertat

- Determinar els paràmetres (posicions X i Y de les articulacions i posició angular de la barra accionada pel motor).
- Determinar variable independent (posició angular de la barra accionada pel motor).
- Determinar variables dependents (posicions X i Y de les articulacions).
- Determinar el número d'equacions de restriccions mitjançant la següent equació:

$$R = P - G \quad (2)$$

$R \rightarrow$ Número d'equacions de restricció

$P \rightarrow$ Número de paràmetres

$G \rightarrow$ Número de graus de llibertat

- Determinar les equacions mitjançant les coordenades naturals.

Un cop efectuat l'anàlisi cinemàtic i executat el codi en l'Octave s'obtenen els següents gràfics:

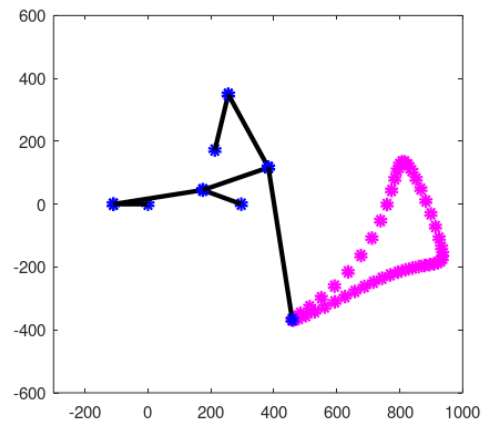


Figura 1. Recorregut mecanisme de Klann

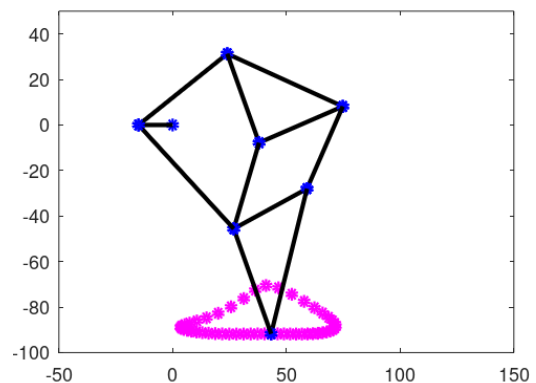


Figura 2. Recorregut mecanisme de Theo Jansen

Donat que les dimensions del primer mecanisme són bastant majors que la del segon, per poder comparar-los, s'ha buscat la proporció de la distància que hi ha entre el punt fix de la manovella i el punt inferior d'ambdós mecanismes.

Donat que el mecanisme de Klann és 3.76 vegades més gran que el de Theo Jansen, s'ha tornat a simular el primer mecanisme dividint prèviament les dades sobre aquest entre el factor de proporcionalitat.

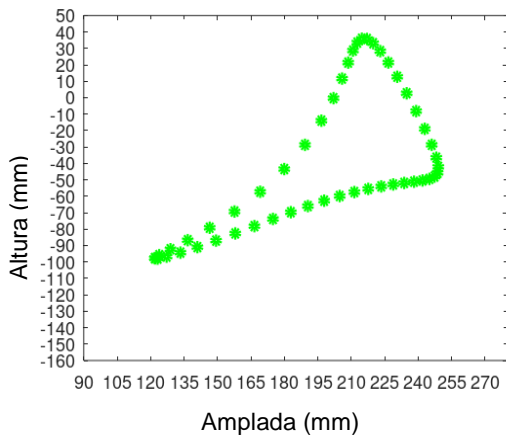


Figura 3. Recorregut del mecanisme de Klann amb una dimensió similar a l'altre mecanisme. Font: Elaboració pròpia

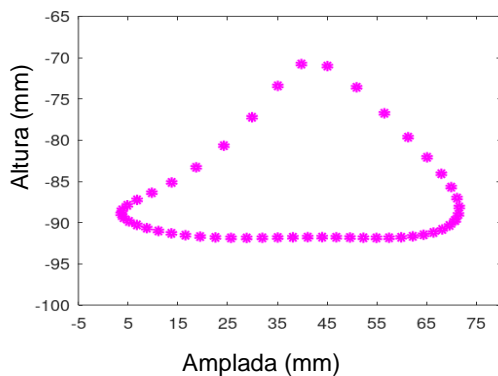


Figura 4. Recorregut del mecanisme de Theo Jansen amb una dimensió similar a l'altre mecanisme. Font: Elaboració pròpia

Un cop que els recorreguts tenen dimensions comparables s'ha observat que el primer fa passos més grans i llargs que el segon (en les dues figures anteriors no s'aprecia degut a les dimensions de les gràfiques, que són diferents).

Finalment s'ha estudiat el temps que el mecanisme roman recolzat sobre el sòl. Mentre que el primer només es recolza el 8.16% del temps que dura un cicle, el segon ho fa el 59.18%.

Finalment, el mecanisme caminador escollit ha sigut el de Theo Jansen, donat que aproximadament la meitat del recorregut fa contacte amb el terra i l'altra meitat fa un moviment bastant simètric (el qual dóna major sensació

d'estabilitat) i sobretot, perquè és el que descansa més temps sobre el sòl.

Una vegada determinat el mecanisme que s'utilitzarà en el projecte, per últim s'ha estudiat on es troba el punt de transició. Quan una pota comença a pujar des del sòl i una segona pota comença a baixar des del punt més alt, i a un moment on la distància entre el sòl i la part inferior de la pota és la mateixa en ambdues, el valor d'aquesta és equivalent al punt que es vol estudiar, que en el cas del mecanisme Theo Jansen simulat és de 4.5 mm, el qual pot variar si es varien les mesures del mecanisme.

A continuació es mostra la figura utilitzada per determinar aquest punt, on s'ha superposat el recorregut de baixada i el de pujada.

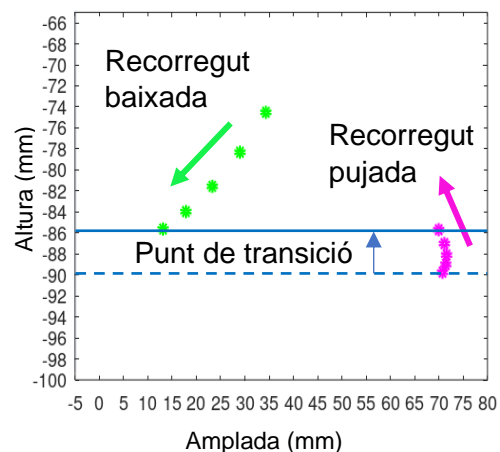


Figura 5. Figura 49. Superposició del recorregut de baixada i el recorregut de pujada per trobar el punt de transició. Font: Elaboració pròpia

4. DISSENY DEL PROTOTIP

Per començar, s'ha procedit a fabricar el propi mecanisme caminador.

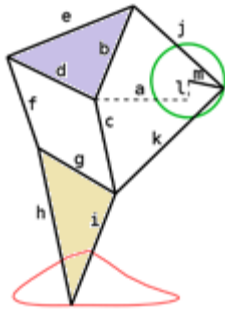


Figura 6. Mecanisme Theo Jansen [4]

Primer partint de les mesures originals, s'ha buscat la proporció necessària perquè la manovella del mecanisme quedi a l'altura de l'eix de la roda posterior de la bicicleta (la qual es vol substituir per aquest).

A continuació s'han elaborat les barres F, J i K. Seguidament s'han tallat les barres B, D, E, G, H i I; s'han soldat per un costat B, D i E per fer l'estructura Cuixa (de color lila en la figura 3) i per l'altre G, H i I per fer l'estructura Peu (de color marró en la figura 3) i finalment s'han foradat. Per acabar s'han elaborat dos tipus de casquets (amb diferents longituds), s'han muntat totes les peces i s'han posat tots els elements normalitzats necessaris (cargols, volanderes i rosques). La barra C no s'ha fabricat perquè s'ha substituït per la F, ja que la diferència entre la longitud d'aquestes és menyspreable, a més encara no s'ha fabricat la barra M (la manovella) perquè es farà més endavant.



Figura 7. Mecanisme Theo Jansen d'elaboració pròpia

Seguidament s'ha elaborat l'acoblament del mecanisme caminador.

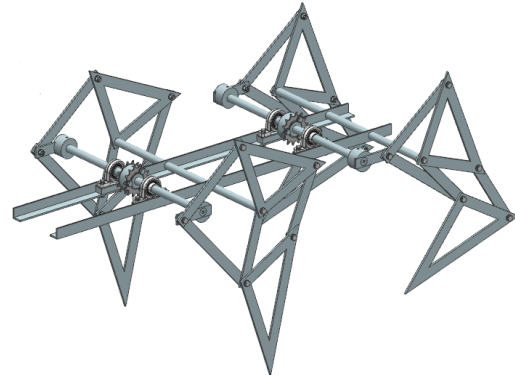


Figura 8. Model 3D de l'acoblament del mecanisme caminador

S'ha començat realitzant les peces que acoblen les potes a la primera barra de cada parell (barra accionadora) i realitzant la manovella, la qual per un costat va unida a la pota i per l'altre va introduïda i cargolada en una de les cares de la peça esmentada anteriorment.

Seguidament s'ha elaborat la segona barra de cada parell, que s'encarrega de fixar un punt de les potes. S'ha unit als perfils de 90° que seran el suport que s'acobli a la bicicleta, s'ha elaborat la primera barra de cada parell (encarregada de fer girar les manovelles) en la qual va cargolada la peça on s'acobla la manovella i aquesta última, s'ha elaborat quatre varetes que han sigut introduïdes dins de cada peça que acobla les potes i dins de la primera barra de cada parell (per tal que aquestes peces es moguin com una sola), s'han elaborat els dos suports utilitzats per recolzar cada rodament, s'han cargolat aquestes tres peces i finalment s'ha col·locat la primera barra de cada parell a través dels coixinets.

Abans de continuar amb el conjunt, s'ha hagut de modificar els perfils de 90° degut a que no hi havia suficient distància entre les potes davanteres i posteriors.



Figura 9. Solució a l'error de la distància entre les potes

Després, s'han realitzat les peces que serveixen per acoblar els plats a la primera barra de cada parell, se'ls ha cargolat els plats i s'ha realitzat la vareta que travessa tant aquesta peça acobladora com la barra on es recolza aquesta (perquè aquestes dues peces girin simultàniament com si només fossin una).

A continuació s'ha procedit a unir l'acoblament del mecanisme caminador a la bicicleta. Per fer això s'ha tret la roda posterior i sota els perfils s'ha soldat una barra que va recolzada al final del quadre de la bici, just on es recolzava l'eix de la roda extreta. S'ha desmuntat un dels pedals i els plats de la bicicleta per tal d'afegir un plat del mateix pas que els utilitzats anteriorment. Ha faltat tornar a muntar els plats i el pedal (degut a un error amb l'enviament del plat).

Finalment s'han de posar els dos pars de cadenes, una entre el plat de la bici i un dels plats de la primera barra de l'acoblament del mecanisme (que no s'ha fet perquè faltava un dels plats), i l'altre entre l'altre plat de la barra esmentada i el plat de la primera barra del segon parell de barres (que si s'ha pogut fer).



Figura 10. Prototip final del projecte

RESULTATS

S'ha posat en pràctica els conceptes assolits en diferents assignatures del grau d'enginyeria mecànica.

En relació amb objectius del projecte, encara que s'han assolit tots, esmentar que la integració de l'acoblament a la bicicleta encara que tècnicament està realitzada perquè l'acoblament del mecanisme es pot unir a aquesta, per ser més efectiu s'hauria d'haver millorat per tal que no hi hagués lloc entre aquests dos i es comportessin com un sol cos, a banda que ha faltat posar el plat i una de les cadenes per tal que el vehicle híbrid fos funcional (degut a que el material no va arribar a temps).

CONCLUSIÓ

- S'ha simulat amb èxit dos mecanismes caminadors diferents i s'ha comprovat que el mecanisme Theo Jansen té un recorregut molt favorable, simètric i estable.

- S'ha simulat el punt de transició, contacte amb el sòl del moviment successiu definit per dues potes. I s'ha pogut estimar, quant baixa la bicicleta durant una gambada.

- S'ha dissenyat el mecanisme caminador de Theo Jansen adaptat a les dimensions necessàries per ser acoblat a una bicicleta en substitució de la roda posterior.

- S'han fabricat quatre potes articulades basades en el mecanisme mencionat anteriorment.

- S'ha dissenyat i fabricat un acoblament per unir les potes i fixar-lo a l'estructura posterior d'una bicicleta.

- S'han arreglat els errors de fabricació que han anat sorgint en el projecte.

- S'han muntat les diferents peces i conjunts correctament.

REFERÈNCIES

[1] Wikipedia. Anexo: Cronología de las tecnologías del transporte [en línia]. [Consulta: 24 febrer 2021]. Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cronolog%C3%ADa_de_las_tecnolog%C3%ADas_del_transporte>.

[2] Es hora de cambiar la historia. Historia de la bicicleta y su evolución [en línia]. [Consulta: 22 febrer 2021]. Disponible a: <<https://eshoradecambiarlahistoria.es/historia-de-la-bicicleta-y-su-evolucion/>>.

[3] Wikipedia. Leg mechanism [en línia]. [Consulta: 27 febrer 2021]. Disponible a: <https://en.wikipedia.org/wiki/Leg_mechanism>.

[4] Wikipedia. Strandbeest Leg Proportions [en línia]. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible a: <https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Strandbeest_Leg_Proportions.svg>.