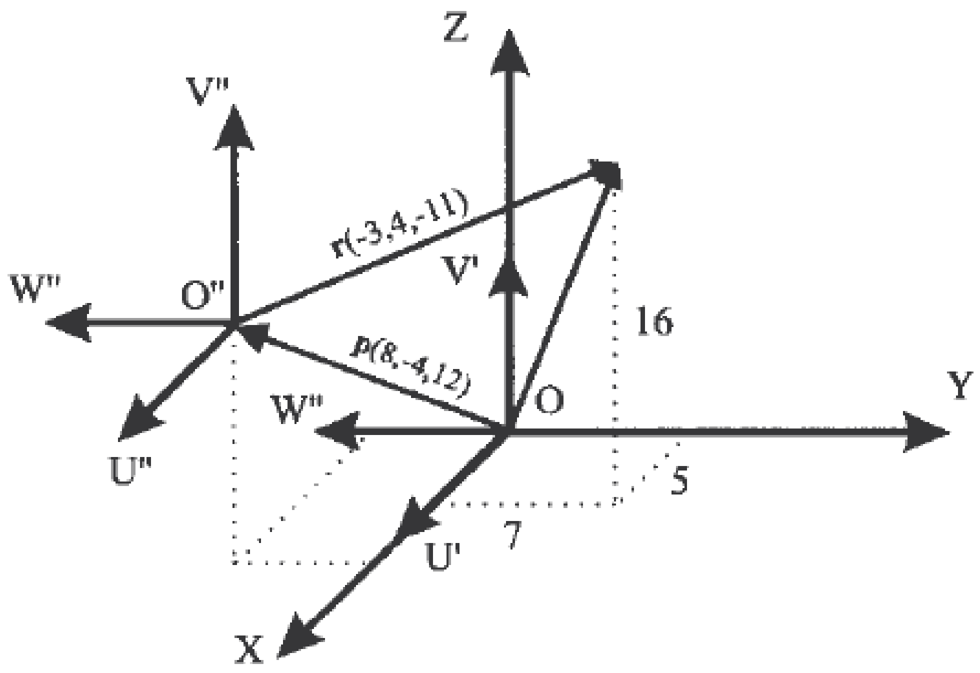
4. GAIA BALIABIDE MATEMATIKOAK
ARIKETAK

ROBOTIKA

4.1 ariketa

Irudiaren arabera {S'} O'UVW sistema OX ardatzarekiko 90º biratuta dago {S} OXYZ sistema finkoarekiko. Ondoren trasladatu da p(8,-4,12) bektorean. Kalkulatu ruvw(-3,4,-11) koordenatuak dituen r bektorearen rxyz koordenatuak.



Bektore baten koordenatu aldaketa

1 90º-ko biraketa OX-ekiko→ T(x, 90)

2 Jatorriaren traslazioa→ T(p)=T(8,-4,12)

$$ {}^{S}_{S'}T = T(p)T(x,90) = \overset{2}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 0 & -4 \\ 0 & 0 & 1 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \overset{1}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta & -S\theta & 0 \\ 0 & S\theta & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} $$

$$ {}^{S}_{S'}T = T(p)T(x,90) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 0 & -4 \\ 0 & 0 & 1 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & -1 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Bektore baten koordenatu aldaketa

r$_{uvw}$(-3,4,11)=r$_{\{s'\}}$ bektorea **r**$_{xyz=}$ r$_{\{s\}}$ ardatzarekiko

$$r_{\{s\}} = {}^{S}_{S'}T \; \mathbf{r\{s'\}}$$

$$\begin{bmatrix} rx \\ ry \\ rz \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & -1 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} ru \\ rv \\ rw \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & -1 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & 12 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} -3 \\ 4 \\ -11 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 16 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{\mathbf{r}_{xyz} = (5,7,16)}$$

ARIKETAK

4.2 ariketa

Demagun OXYZ erreferentzi sisteman ondoko koordenatuak dituzten puntu-multzoak irudiko piramidea mugatzen dutela. Piramideak ondoko mugimenduak pairatzen ditu:

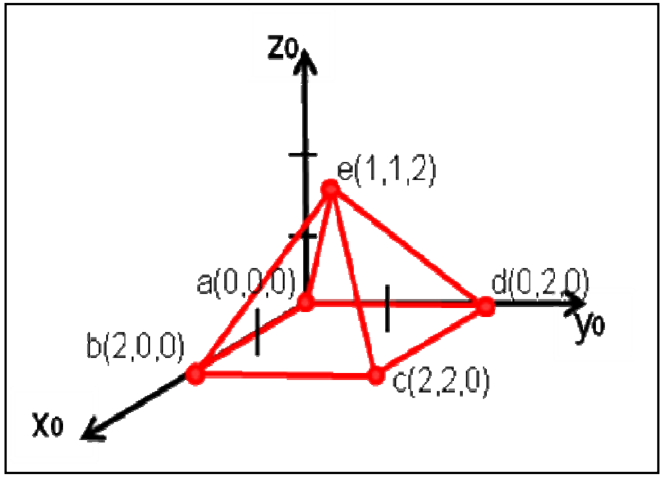
1. OXYZ sistemarekiko +90ºko errotazio bat Z ardatzaren inguruan (S1 sisteman bihurtzen da)
2. O1X1Y1Z1 sistemarekiko -90ºko errotazio bat Y ardatzaren inguruan (S2 sisteman bihurtzen da)
3. OXYZ sistemarekiko p=(0,3,0) bektore baten desplazatzen da. inguruan (S3 sisteman bihurtzen da)

Eskatzen dena

A. Mugimendu bakoitzaren TMHak kalkulatu.

B. Piramidearen hasierako, bitarteko eta amaierako posizioak irudikatu.

C. Piramidearen puntu guztien koordenatu berriak kalkulatu, mugimendu guztiak egin ondoren S0=OXYZ sistemarekiko.



Jon Legarreta/ Raquel Martinez

ARIKETAK

1) OXYZ sistemaren +90ºko biraketa Z ardatzarekiko

$$ {}^{0}_{1}T = Rot(z,+90) = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

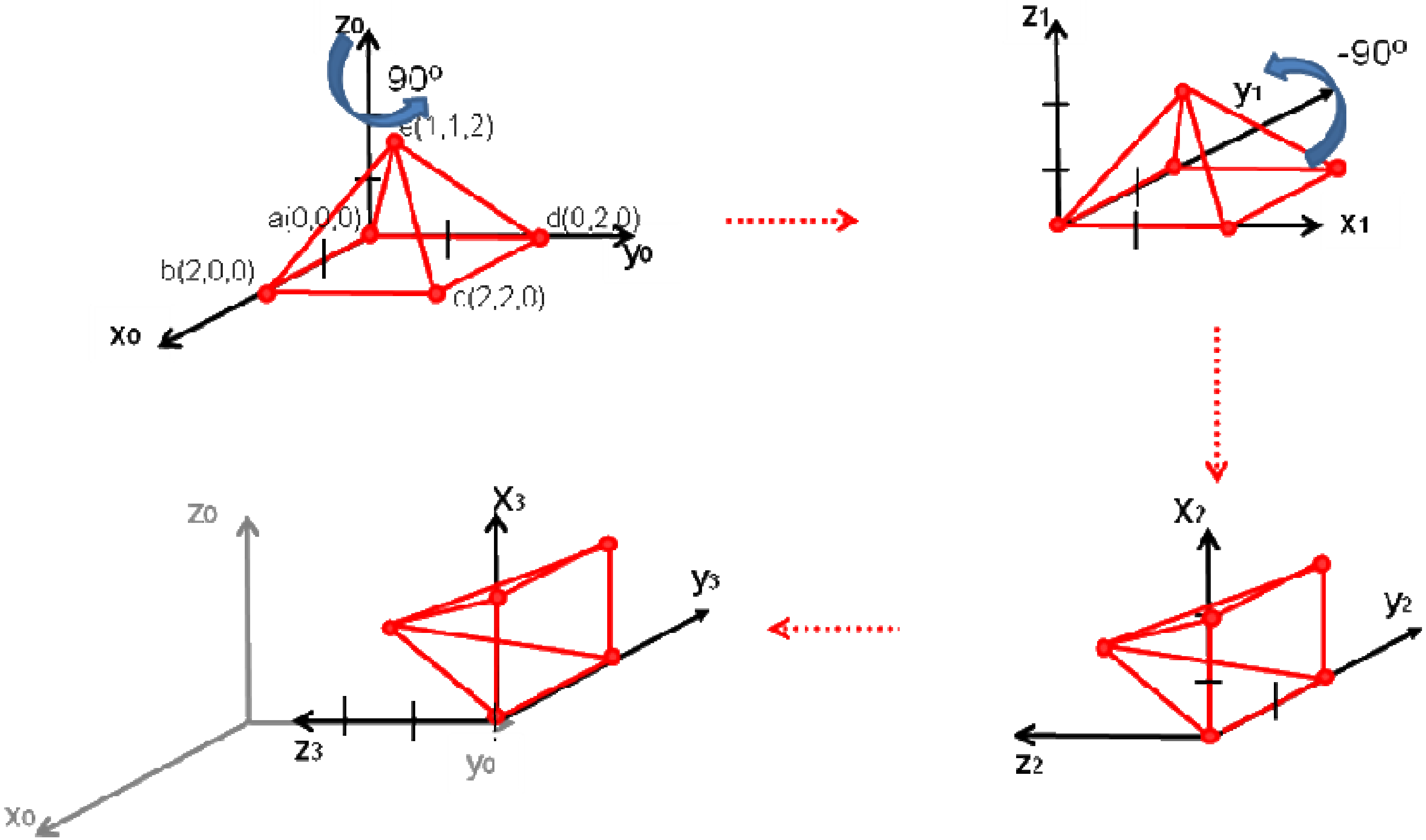
2) $O_1X_1Y_1Z_1$ sistemaren -90ºko biraketa Y

$$ {}^{1}_{2}T = Rot(Y,-90) = \begin{bmatrix} C\theta & 0 & S\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -S\theta & 0 & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

3) p=(0,5,0) desplazztzen da OXYZ sistemarekiko

$$ {}^{2}_{3}T = T(P = (0,3,0)) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

B) Piramidearen hasierako, bitarteko eta amaierako posizioak irudikatu.



C) Piramidearen puntu guztien koordenatu berriak kalkulatu, mugimendu guztiak egin ondoren S0=OXYZ sistemarekiko.

$$ {}_3^0T = T(P=(0,3,0))T(z,90)T(y,-90) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

“a” puntuaren koordenatuak S0 sistemarekiko

$$ {}^0a = {}_3^0T\,{}^3a = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} $$

"b" puntuaren koordenatuak S0 sistemarekiko

$$ {}^{0}b = {}^{0}_{3}T\,{}^{3}b = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} $$

"c" puntuaren koordenatuak S_0sistemarekiko

$$ {}^{0}c = {}^{0}_{3}T\,{}^{3}c = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} $$

"d" puntuaren koordenatuak S_0sistemarekiko

$$ {}^{0}d = {}^{0}_{3}T\,{}^{3}d = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} $$

"e" puntuaren koordenatuak S_0sistemarekiko

$$ {}^{0}e = {}^{0}_{3}T\,{}^{3}e = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} $$

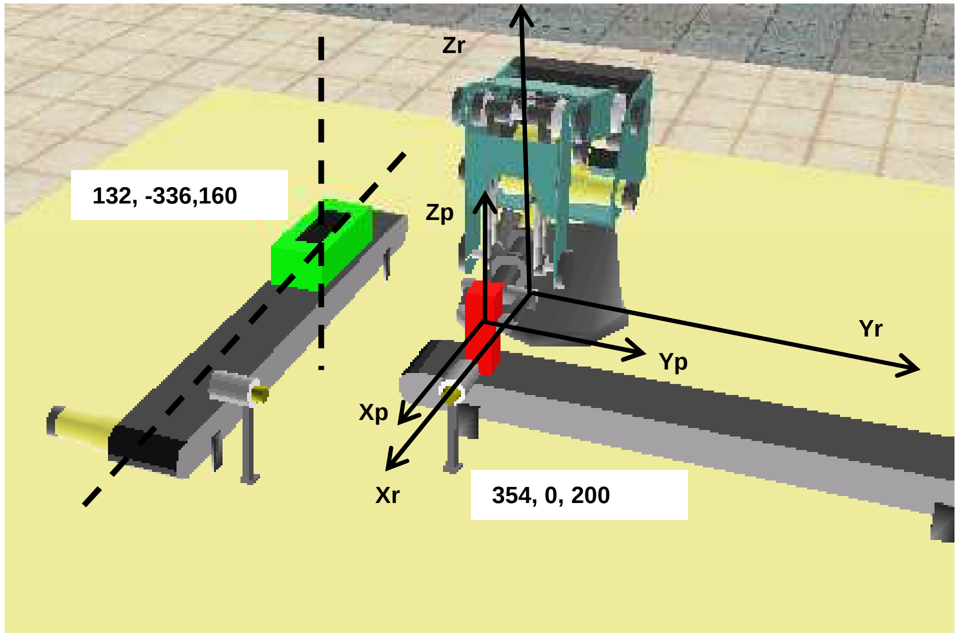
4.3 ariketa

Ondoko lan-zelulan, robotak sentsoreak detektatzen duen pieza bat hartu behar du eta biltegiaren (berdez) barruan kokatu behar du modu egokian (ikus irudia). Robotaren erreferentzi sistema Sr da eta piezarena Sp .

Robotarekiko piezaren koordenatuak ondokoak dira: (354,0,200)

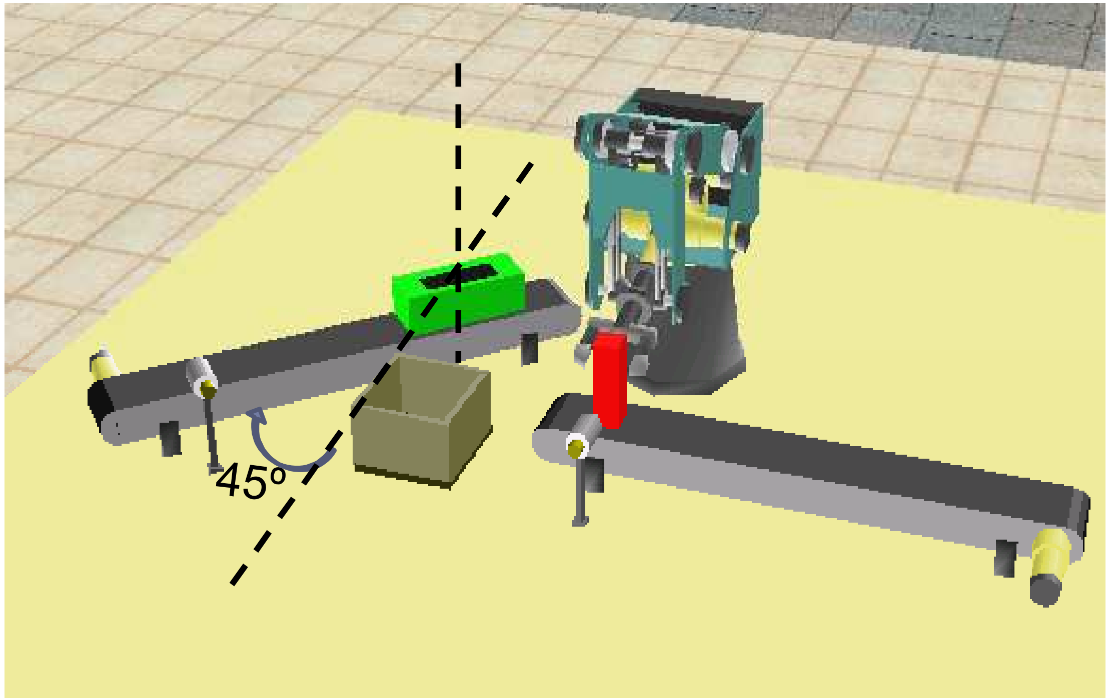
Robotarekiko biltegiaren koordenatuak ondokoak dira: 132,-336,160)

1) Robotak pieza biltegian sartzeko egin behar dituen mugimenduen deskribapena adierazten duen TMHa kalkulatu.



4.3 ariketa

2) Geroago akastun piezen biltegi baten beharra ikusi zen. Horretarako lan-zelula aldatu zen irudian ikusten den bezala. TMHak erabiliz, zeintzuk dira piezaren koordenatuak biltegiaren posizio berriarekiko?.



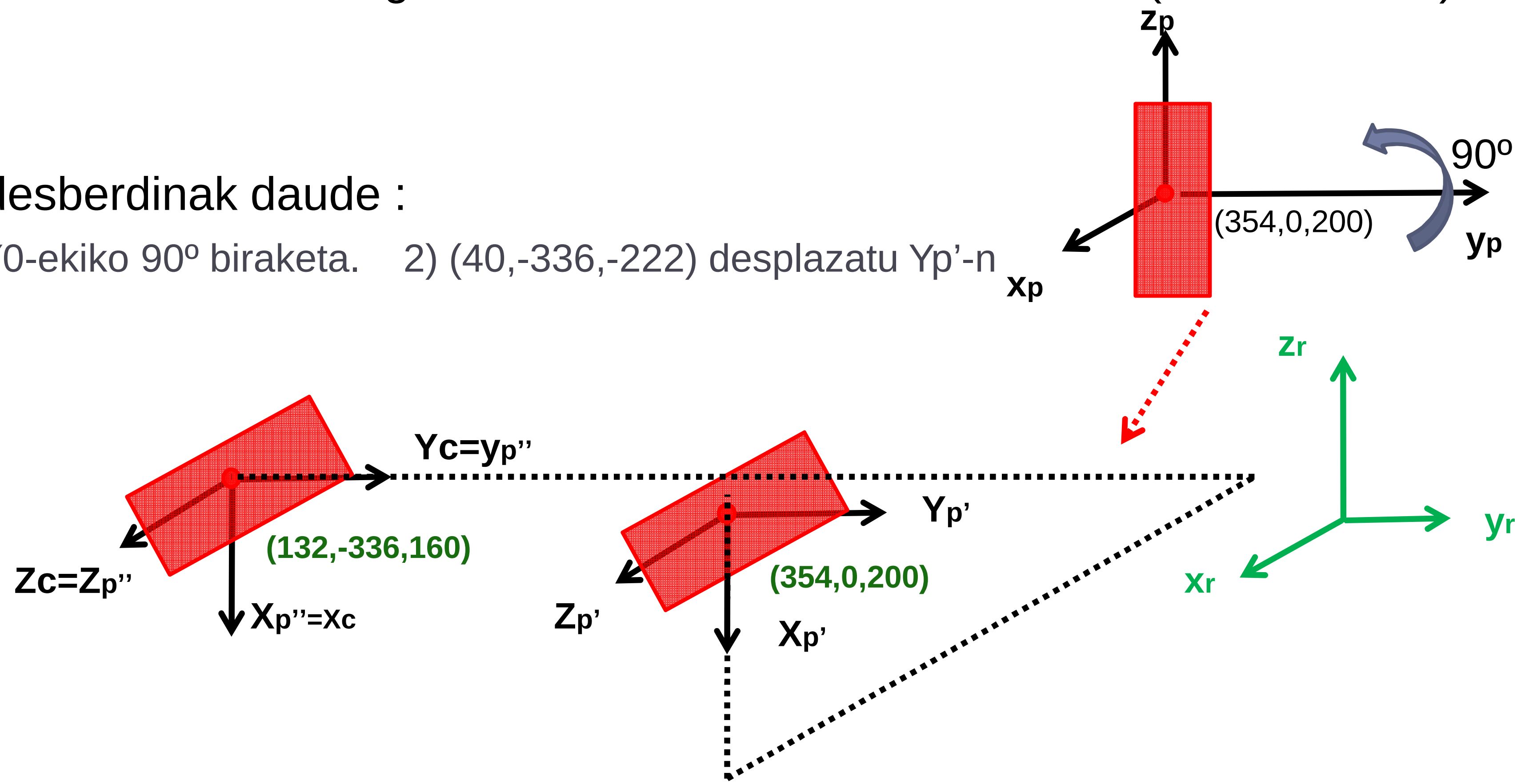
1) Robotak pieza biltegian sartzeko egin behar dituen mugimenduen deskribapena adierazten duen TMHa kalkulatu

Robotarekiko piezaren koordenatuak ondokoak dira: (354,0,200)

Robotarekiko biltegiaren koordenatuak ondokoak dira: (132,-336,160)

Aukera desberdinak daude :

- 1) Y0-ekiko 90º biraketa. 2) (40,-336,-222) desplazatu Yp'-n



ARIKETAK

- 1) Y0-ekiko 90º biraketa. 2) (40,-336,-222) desplazatu Yp'-n

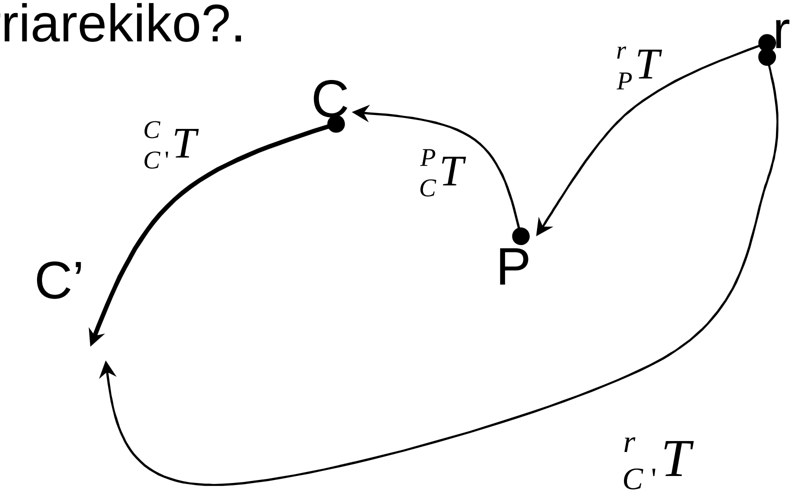
$${}^P_C T = T(y,90^\circ)T(40,-336,-222)$$

$${}^P_C T = \begin{bmatrix} C90 & 0 & S90 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -S90 & 0 & C90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 40 \\ 0 & 1 & 0 & -336 \\ 0 & 0 & 1 & -222 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 40 \\ 0 & 1 & 0 & -336 \\ 0 & 0 & 1 & -222 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \boxed{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -222 \\ 0 & 1 & 0 & -336 \\ -1 & 0 & 0 & -40 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}$$

2) Geroago akastun piezen biltegi baten beharra ikusi zen. Horretarako lan-zelula aldatu zen irudian ikusten den bezala. TMHak erabiliz, zeintzuk dira piezaren koordenatuak biltegiaren posizio berriarekiko?.

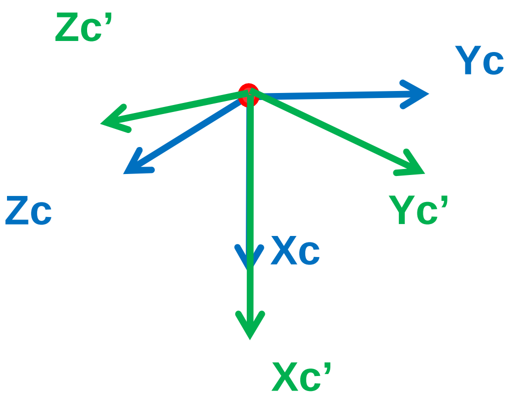
$$\boxed{\begin{array}{l} {}^{C'}Pi = {}^{C'}_{P}T * {}^{P}Pi \\ {}^{P}Pi = (0,0,0) \end{array}}$$



$${}^{C'}_{P}T = \left({}^{P}_{C'}T\right)^{-1} = \left({}^{P}_{C}T\,{}^{C}_{C'}T\right)^{-1} \ldots\ldots \quad O$$

$${}^{C'}_{P}T = {}^{C'}_{C}T\,{}^{C}_{p}T = {}^{C'}_{C}T\left({}^{P}_{C}T\right)^{-1}$$

ARIKETAK



$$ {}^{C'}_{P}T = \left({}^{P}_{C'}T \right)^{-1} = \left({}^{P}_{C}T \, {}^{C}_{C'}T \right)^{-1} $$

- C-tik C'-ra ${}^{C}_{C'}T$, 45º biratu behar da XC ardatza

$$ {}^{C}_{C'}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C45 & -S45 & 0 \\ 0 & S45 & C45 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & -0.7 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{C'}_{P}T = \left({}^{P}_{C'}T\right)^{-1} = \left({}^{P}_{C}T\,{}^{C}_{C'}T\right)^{-1} $$

$$ {}^{P}_{C'}T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -222 \\ 0 & 1 & 0 & -336 \\ -1 & 0 & 0 & -40 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C45 & -S45 & 0 \\ 0 & S45 & C45 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.7 & -222 \\ 0 & 0.7 & -0.7 & -336 \\ -1 & 0 & 0 & -40 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{C'}_{P}T = \left({}^{P}_{C'}T\right)^{-1} = \left(\begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.7 & -222 \\ 0 & 0.7 & -0.7 & -336 \\ -1 & 0 & 0 & -40 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\right)^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -40 \\ 0.7 & 0.7 & 0 & 390.6 \\ 0.7 & -0.7 & 0 & -79 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

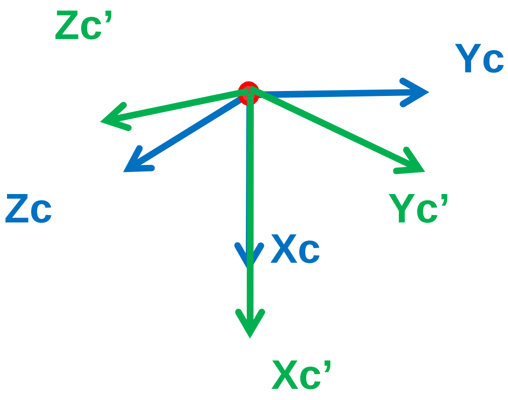
- Piezaren koordenatu berriak biltegiaren posizio berriarekiko:

$$^{C'}Pi = {}^{C'}_{P}T * {}^{P}Pi \Leftrightarrow {}^{P}Pi = (0,0,0)$$

$$^{C'}Pi = {}^{C'}_{P}T * {}^{P}Pi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -40 \\ 0.7 & 0.7 & 0 & 390.6 \\ 0.7 & -0.7 & 0 & -79 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -40 \\ 390.6 \\ -79 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{^{C'}Pi = (-40, 390.6, -79)}$$

Beste modu batera….



$$ {}^{C'}_{P}T = {}^{C'}_{C}T_{p}^{C}T = {}^{C'}_{C}T\left({}^{P}_{C}T\right)^{-1} $$

- C\`-tik C-ra ${}^{C'}_{C}T$, -45º biratu behar da XC\` ardatzean

$$ {}^{C'}_{C}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C-45 & -S-45 & 0 \\ 0 & S-45 & C-45 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.7 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{C'}_{P}T = {}^{C'}_{C}T \, {}^{C}_{p}T = {}^{C'}_{C}T \left({}^{P}_{C}T \right)^{-1} $$

$$ {}^{C'}_{P}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.7 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -222 \\ 0 & 1 & 0 & -336 \\ -1 & 0 & 0 & -40 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = $$

$$ {}^{C'}_{P}T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -40 \\ 0.7 & 0.7 & 0 & 390.6 \\ 0.7 & -0.7 & 0 & -79 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

- Piezaren koordenatu berriak biltegiaren posizio berriarekiko:

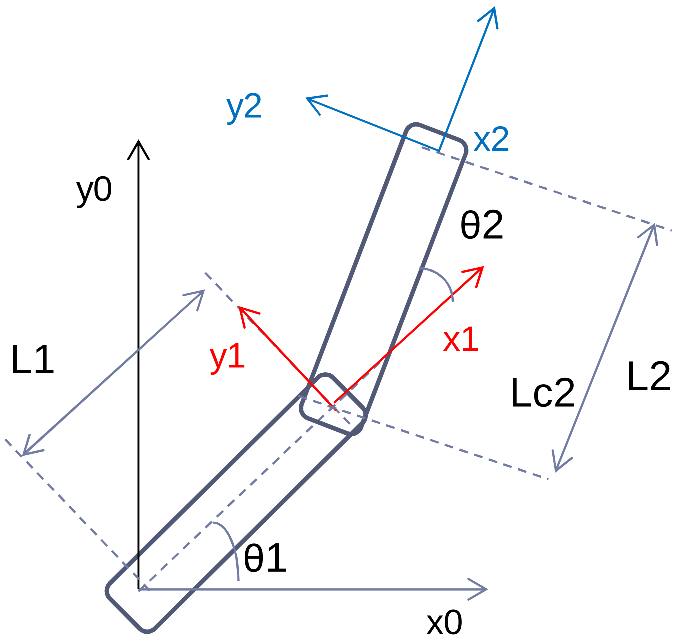
$$ {}^{C'}Pi = {}^{C'}_{P}T * {}^{P}Pi \Leftrightarrow {}^{P}Pi = (0,0,0) $$

$$ {}^{C'}Pi = {}^{C'}_{P}T * {}^{P}Pi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -40 \\ 0.7 & 0.7 & 0 & 390.6 \\ 0.7 & -0.7 & 0 & -79 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -40 \\ 390.6 \\ -79 \\ 1 \end{bmatrix} $$

$$ \boxed{{}^{C'}Pi = (-40, 390.6, -79)} $$

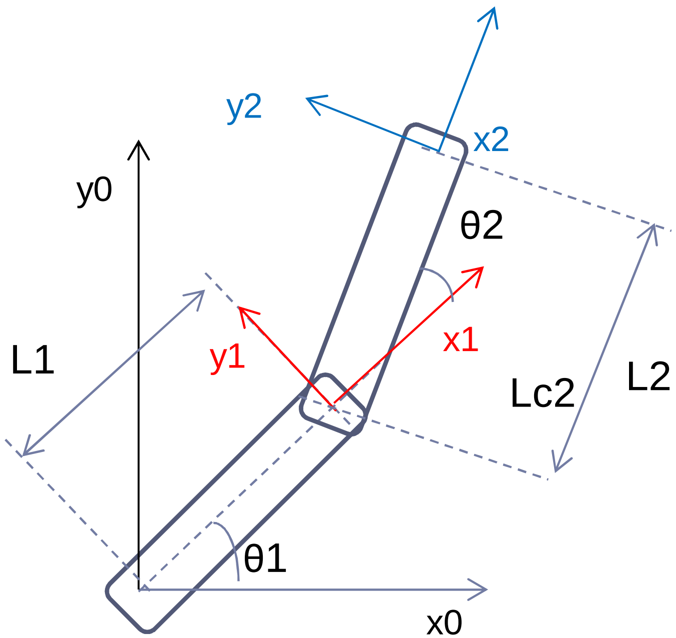
4.4 ariketa

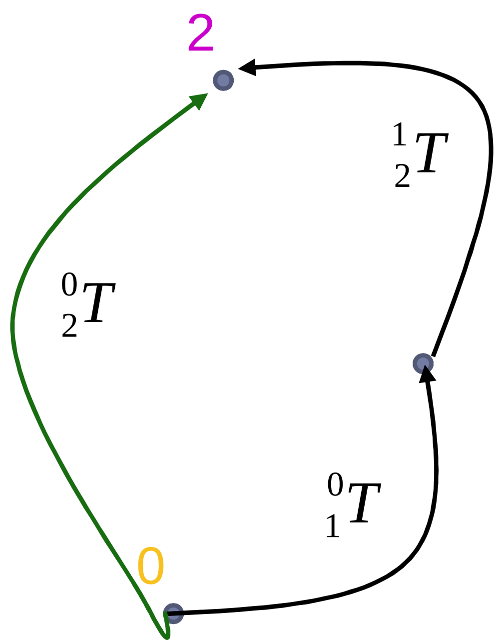
2 AG-ko robot baten muturrean kokatutako {2} koordenatu-sistema, oinarrian kokatutako {0} erreferentzi sistemarekin erlazionatzen duen transformazio-matrize homogeneoa kalkulatu.



4.4 ariketa

2 AG-ko robot baten muturrean kokatutako {2} koordenatu-sistema, oinarrian kokatutako {0} erreferentzi sistemarekin erlazionatzen duen transformazio-matrize homogeneoa kalkulatu.





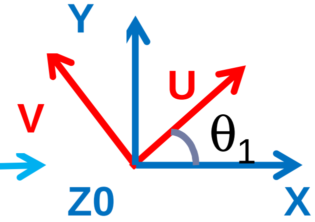
Jon Legarreta/ Raquel Martinez

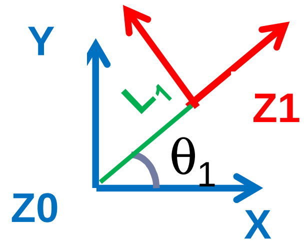
4.4 ariketa (1. modua):

{1} sistema {0} sistemarekin erlazionatzen duen matrizea lortu:

1 θ_1 angelu bat biratu Z_0 ardatzarekiko

2 p(L1,0,0) bektore bat desplazatu



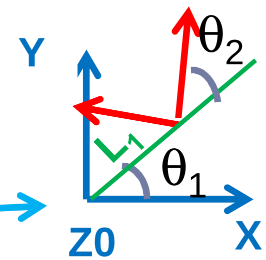


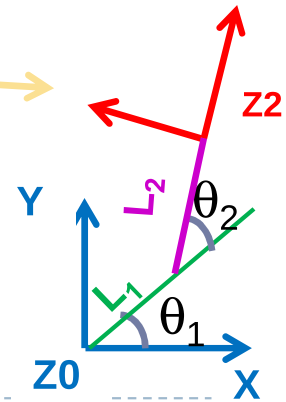
$$
{}^{0}_{1}T = T(z,\theta_1)T(p) = \overset{\boxed{1}}{\begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \overset{\boxed{2}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & L_1C\theta_1 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & L_1S\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

{2} sistema {1} sistemarekin erlazionatzen duen matrizea lortzen dugu:

1 θ_2 angelu bat biratu Z_1 ardatzarekiko

2 p(L2,0,0) bektore bat desplazatu





$$
{}^{1}_{2}T = T(z,\theta_2)T(p) = \overset{\boxed{1}}{\begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & 0 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \overset{\boxed{2}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_2C\theta_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & L_2S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

Beraz, {2} erreferentzi sistema, oinarrian kokatutako {0} erreferentzi sistemarekin erlazionatzen duen transformazio-matrize homogeneoa ondokoa izango da:

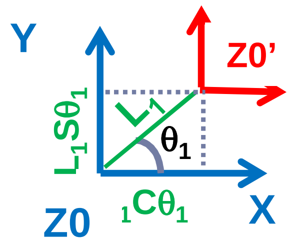
$$
{}^{0}_{2}T = {}^{0}_{1}T * {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & L_1C\theta_1 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & L_1S\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_2C\theta_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & L_2S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

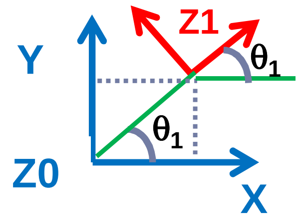
4.4. ariketa (2. modua):

{1} sistema {0} sistemarekin erlazionatzen duen matrizea lortu:

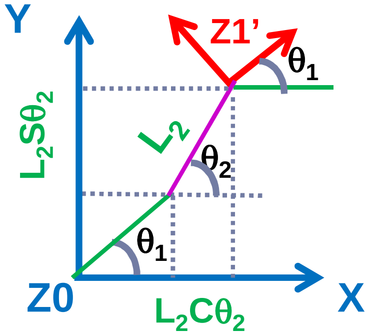
$\boxed{1}$ p($L_1C\theta_1, L_1S\theta_1, 0$) desplazatu

$\boxed{2}$ θ_1 angelu bat biratu **Z0'** ardatzarekiko





$$ {}^0_1T = T(p)T(z,\theta_1) = \overset{\boxed{1}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_1C\theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & L_1S\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \overset{\boxed{2}}{\begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & L_1C\theta_1 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & L_1S\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

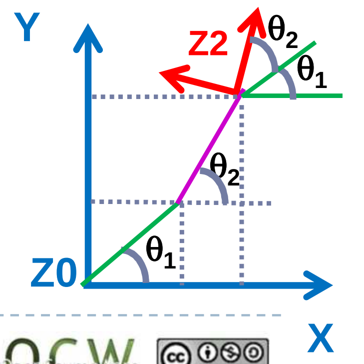


{2} sistema {1} sistemarekin erlazionatzen duen matrizea lortzen dugu

$\boxed{1}$ p($L_2C\theta_2, L_2S\theta_2, 0$) desplazatu

$\boxed{2}$ θ_2 angelu bat biratu **Z1'** ardatzarekiko

$$ {}^1_2T = T(p)T(z,\theta_2) = \overset{\boxed{1}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2C\theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & L_2S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \overset{\boxed{2}}{\begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & 0 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_2C\theta_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & L_2S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$



Beraz lehen bezala, {2} erreferentzi sistema, oinarrian kokatutako {0} erreferentzi sistemarekin erlazionatzen duen transformazio-matrize homogeneoa berdina izango da:

$$
{}^{0}_{2}T = {}^{0}_{1}T * {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & L_1 C\theta_1 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & L_1 S\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_2 C\theta_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & L_2 S\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$