

Robótica Móvil

un enfoque probabilístico

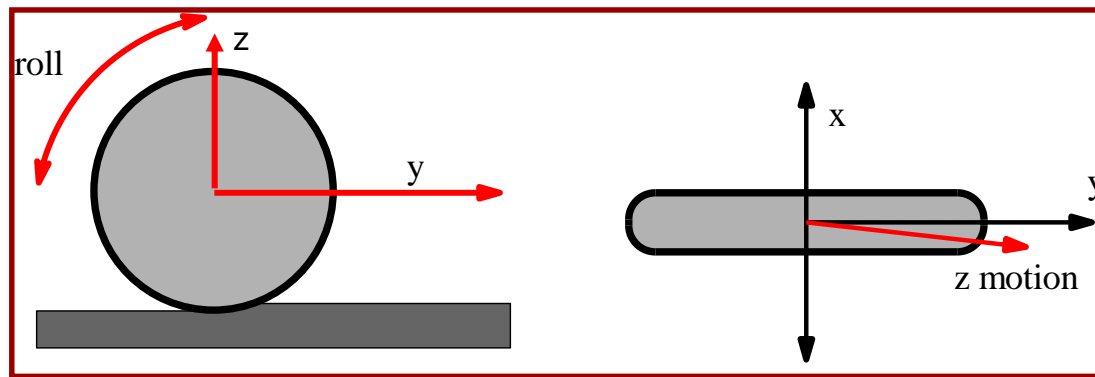
Locomoción sobre ruedas

Ignacio Mas

Locomoción sobre ruedas

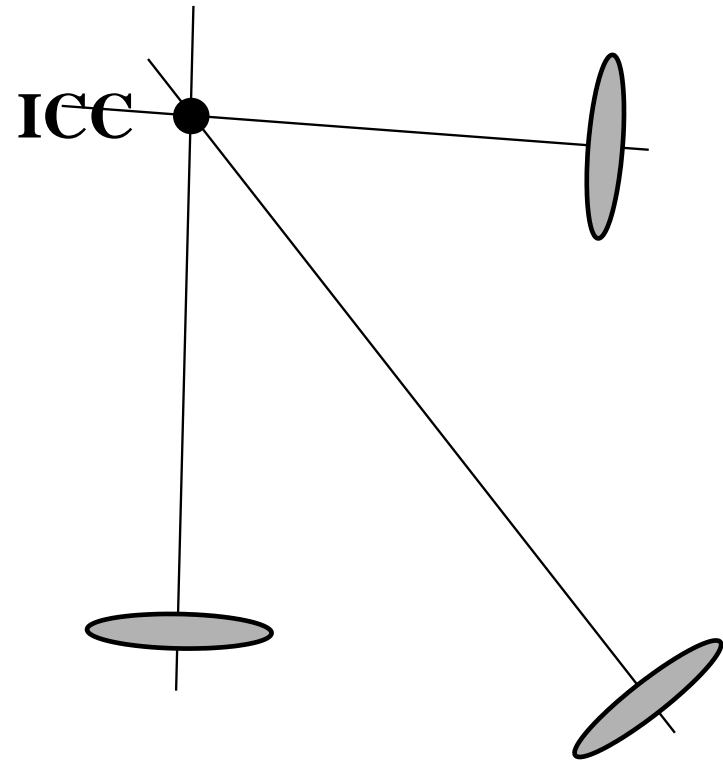
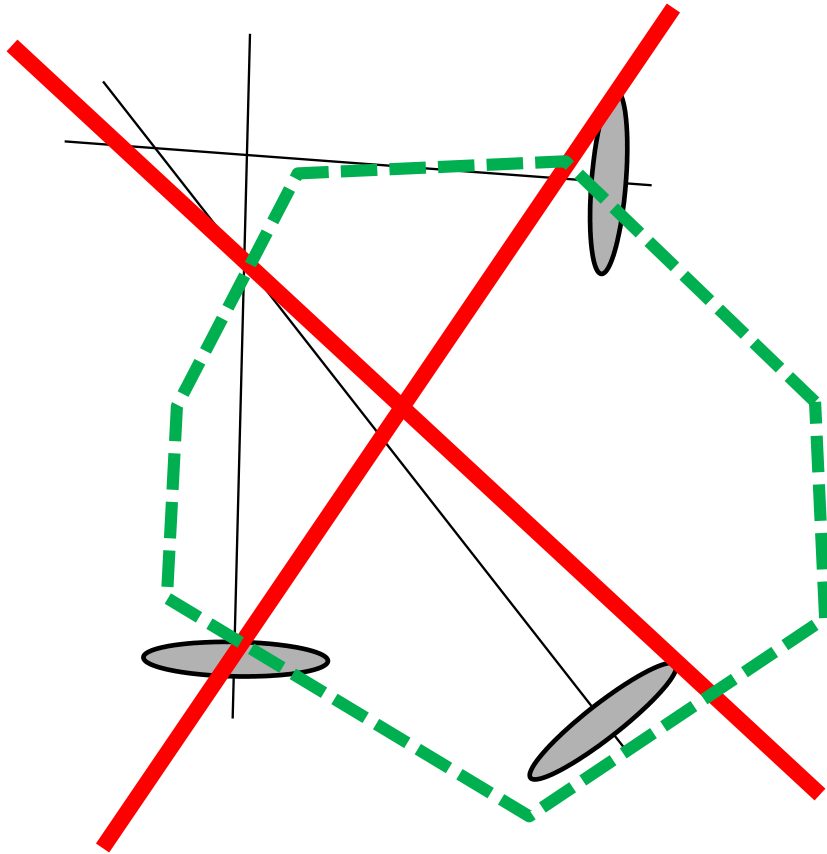
Locomoción: Capacidad de moverse de un lugar a otro

- Accionamiento Diferencial (AmigoBot, Pioneer 2)
- Automóvil (dirección tipo Ackerman)
- Accionamiento Síncrono (B21)
- XR4000
- Ruedas Mecanum (Omniruedas)



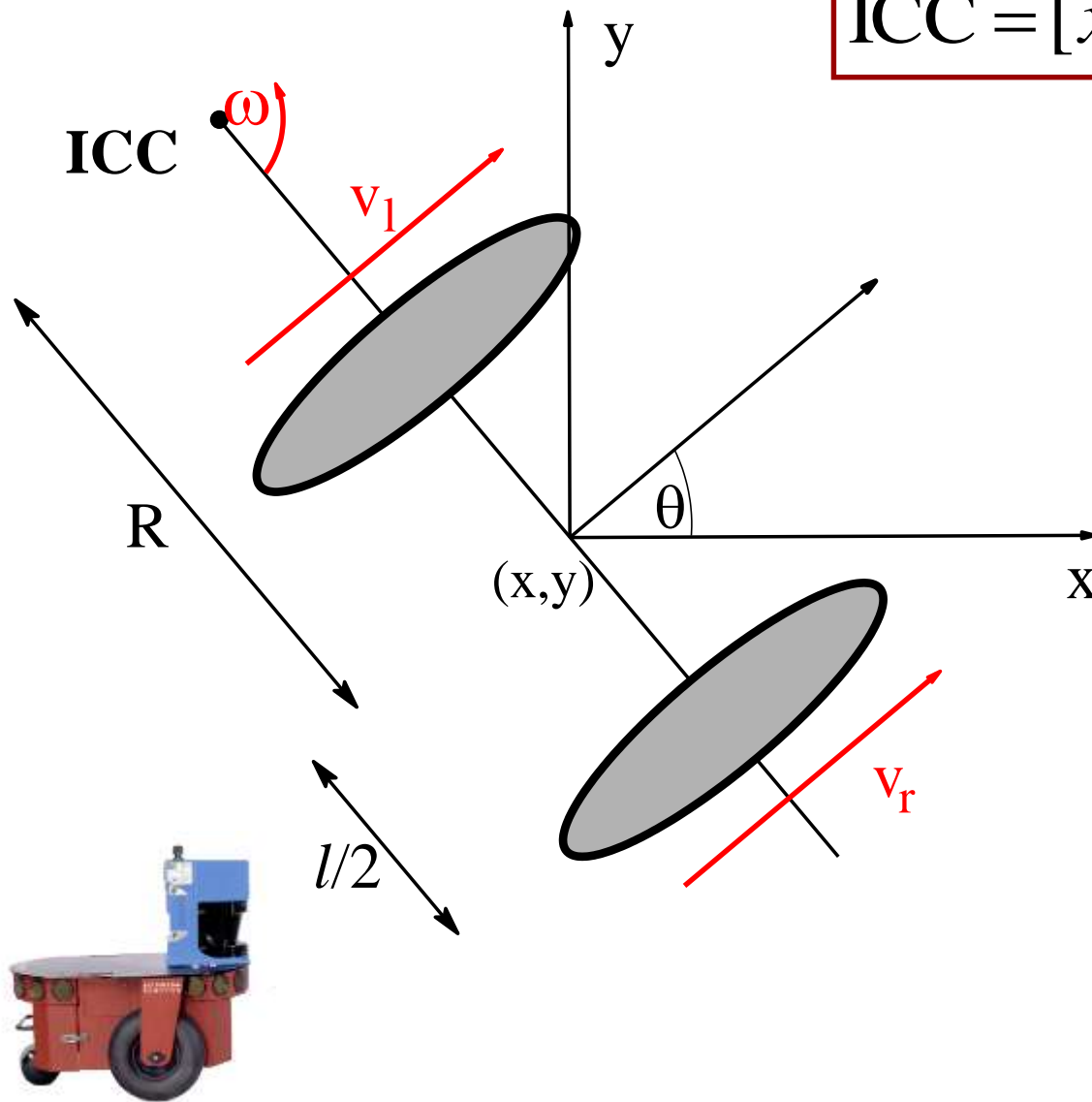
Las ruedas también pueden girar alrededor del eje z

Centro de Curvatura Instantáneo (ICC)



- Para que haya rodamiento, cada rueda debe moverse en la dirección de su eje "y"

Accionamiento diferencial



$$\text{ICC} = [x - R \sin \theta, y + R \cos \theta]$$

$$\omega(R + l/2) = v_r$$

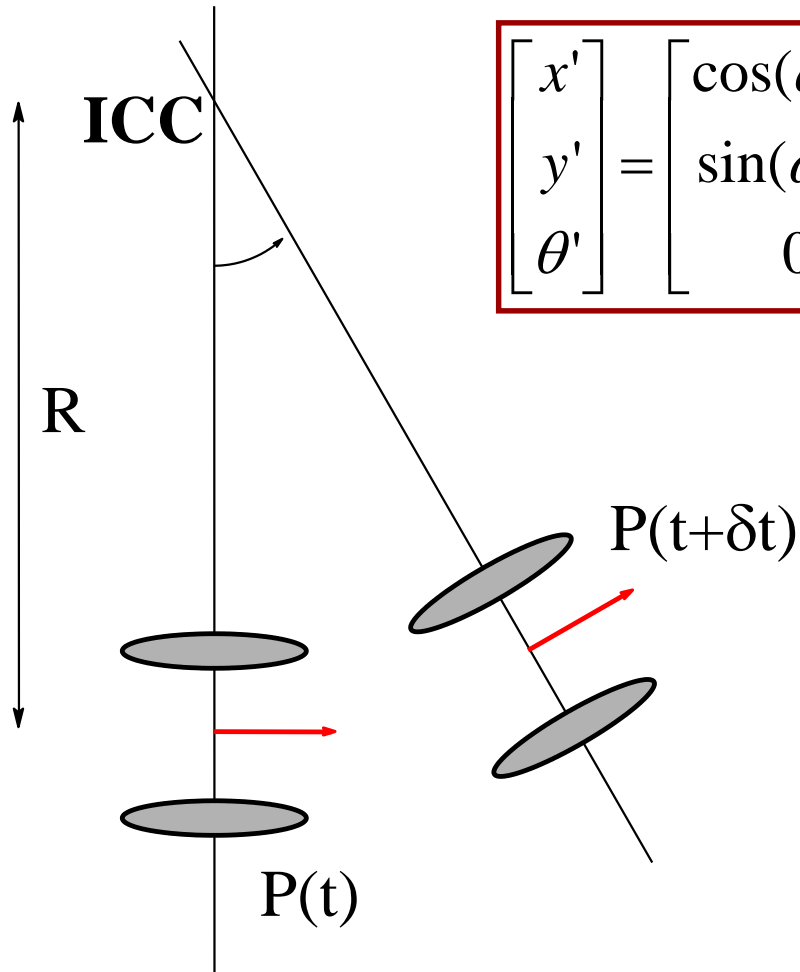
$$\omega(R - l/2) = v_l$$

$$R = \frac{l}{2} \frac{(v_l + v_r)}{(v_r - v_l)}$$

$$\omega = \frac{v_r - v_l}{l}$$

$$v = \frac{v_r + v_l}{2}$$

Acc. Diferencial: Cinemática directa



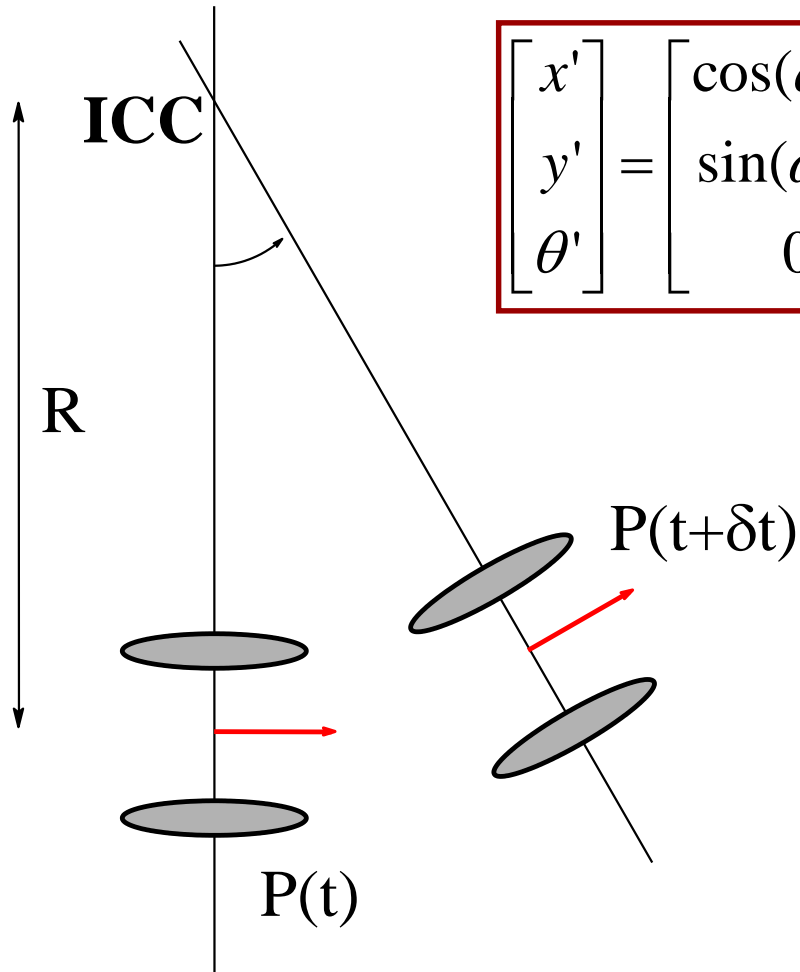
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega\delta t) & -\sin(\omega\delta t) & 0 \\ \sin(\omega\delta t) & \cos(\omega\delta t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - ICC_x \\ y - ICC_y \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} ICC_x \\ ICC_y \\ \omega\delta t \end{bmatrix}$$

$$x(t) = \int_0^t v(t') \cos[\theta(t')] dt'$$

$$y(t) = \int_0^t v(t') \sin[\theta(t')] dt'$$

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t') dt'$$

Acc. Diferencial: Cinemática directa



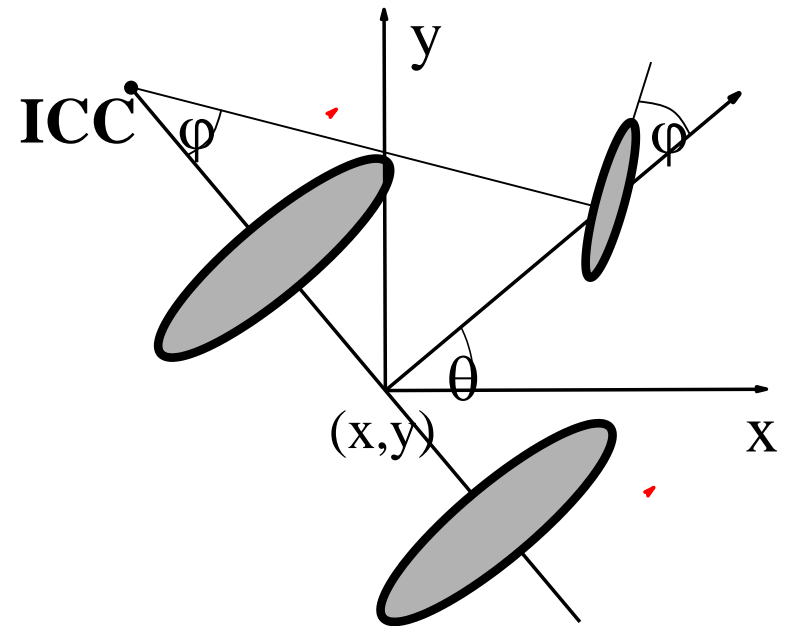
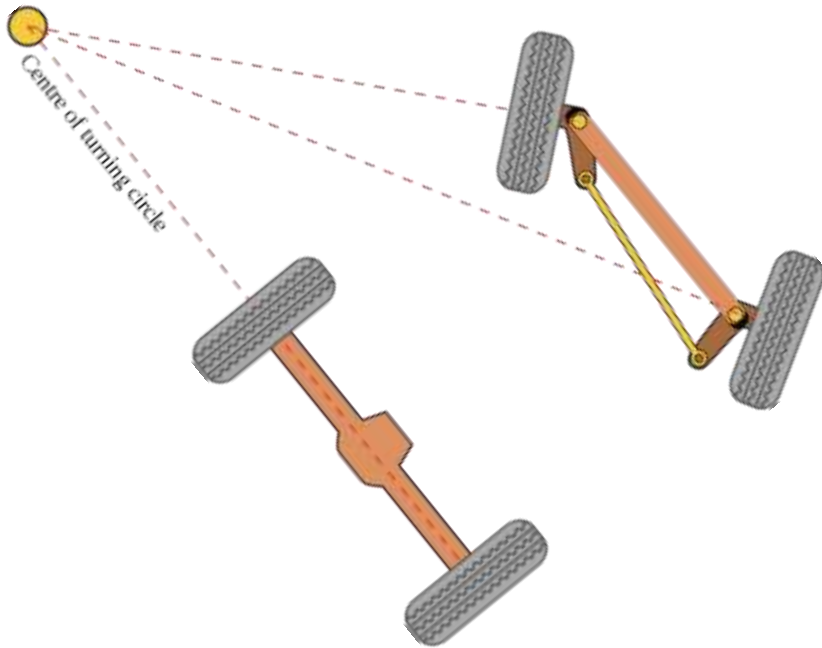
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega \delta t) & -\sin(\omega \delta t) & 0 \\ \sin(\omega \delta t) & \cos(\omega \delta t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - \text{ICC}_x \\ y - \text{ICC}_y \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{ICC}_x \\ \text{ICC}_y \\ \omega \delta t \end{bmatrix}$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t') + v_l(t')] \cos[\theta(t')] dt'$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t') + v_l(t')] \sin[\theta(t')] dt'$$

$$\theta(t) = \frac{1}{l} \int_0^t [v_r(t') - v_l(t')] dt'$$

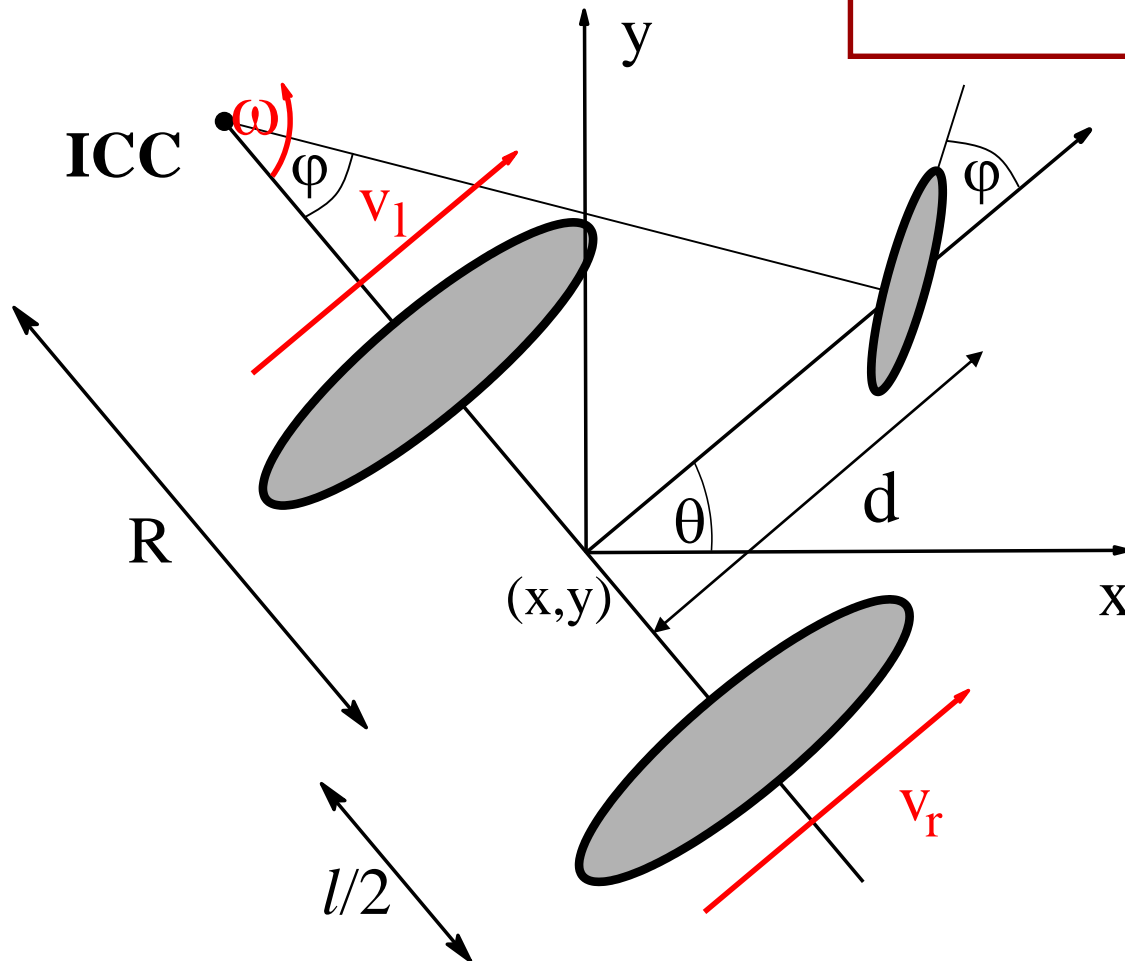
Dirección tipo Ackermann



Dirección tipo Ackermann

$$\text{ICC} = [x - R \sin \theta, y + R \cos \theta]$$

$$R = \frac{d}{\tan \varphi}$$



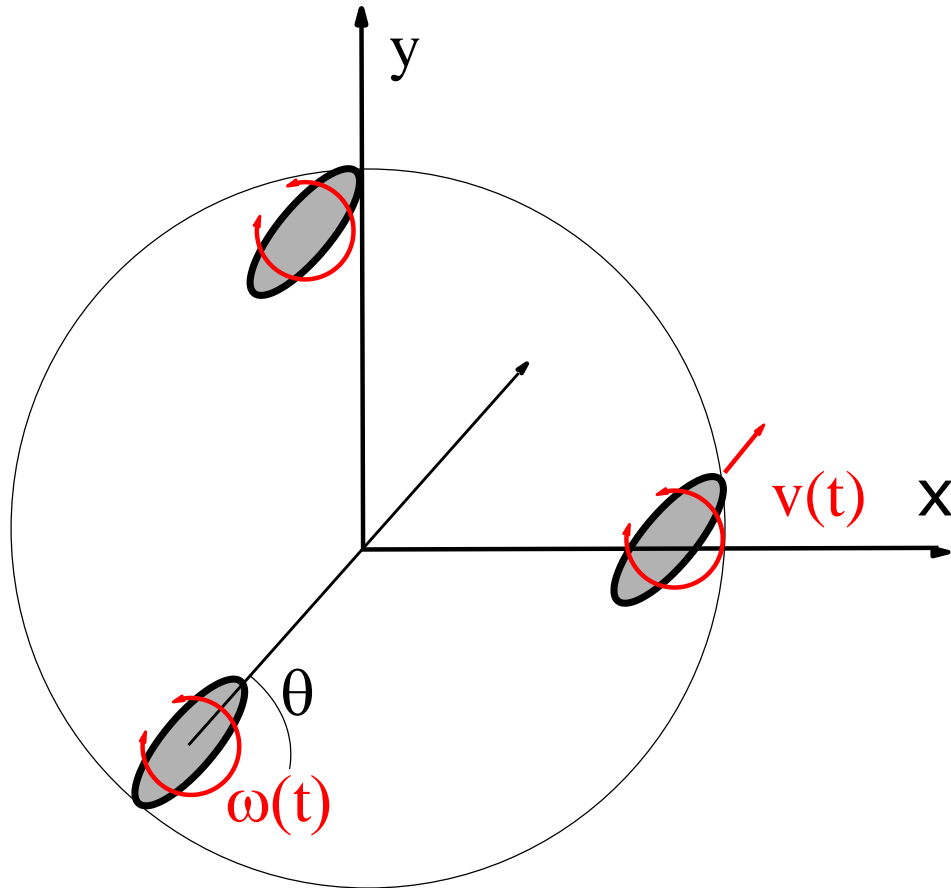
$$\omega(R + l / 2) = v_r$$

$$\omega(R - l / 2) = v_l$$

$$R = \frac{l}{2} \frac{(v_l + v_r)}{(v_r - v_l)}$$

$$\omega = \frac{v_r - v_l}{l}$$

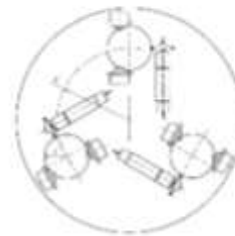
Accionamiento Síncrono



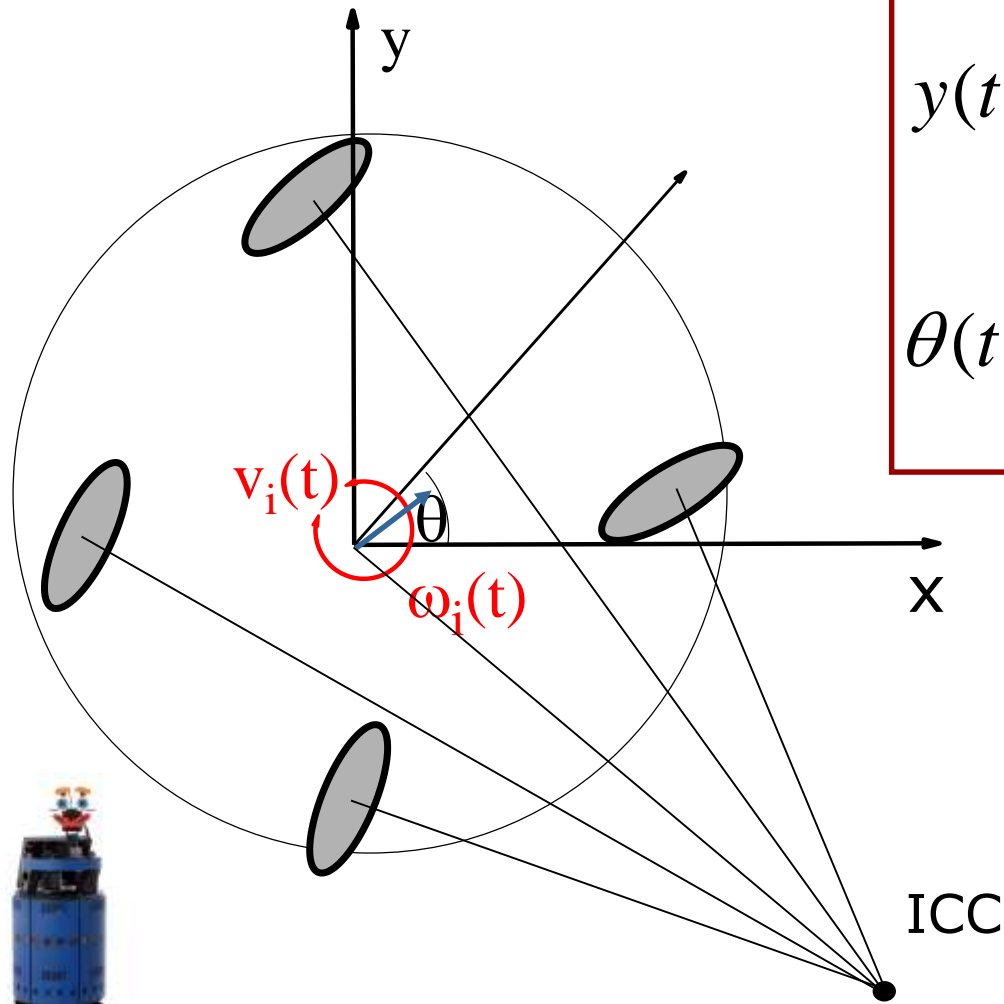
$$x(t) = \int_0^t v(t') \cos[\theta(t')] dt'$$

$$y(t) = \int_0^t v(t') \sin[\theta(t')] dt'$$

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t') dt'$$



XR4000



$$x(t) = \int_0^t v(t') \cos[\theta(t')] dt'$$

$$y(t) = \int_0^t v(t') \sin[\theta(t')] dt'$$

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t') dt'$$



XR4000



Ruedas Mecanum



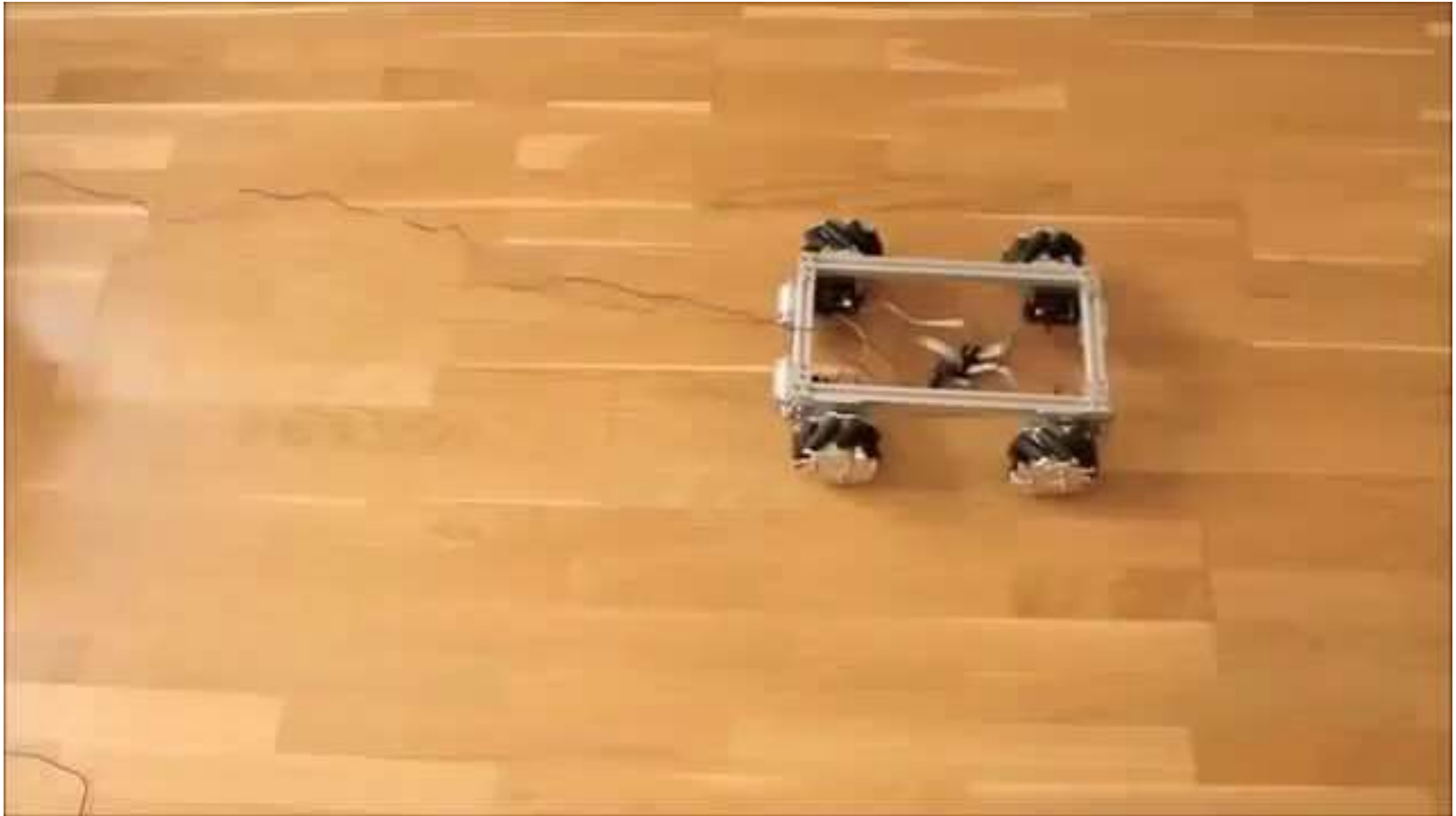
$$v_y = (v_0 + v_1 + v_2 + v_3) / 4$$

$$v_x = (v_0 - v_1 + v_2 - v_3) / 4$$

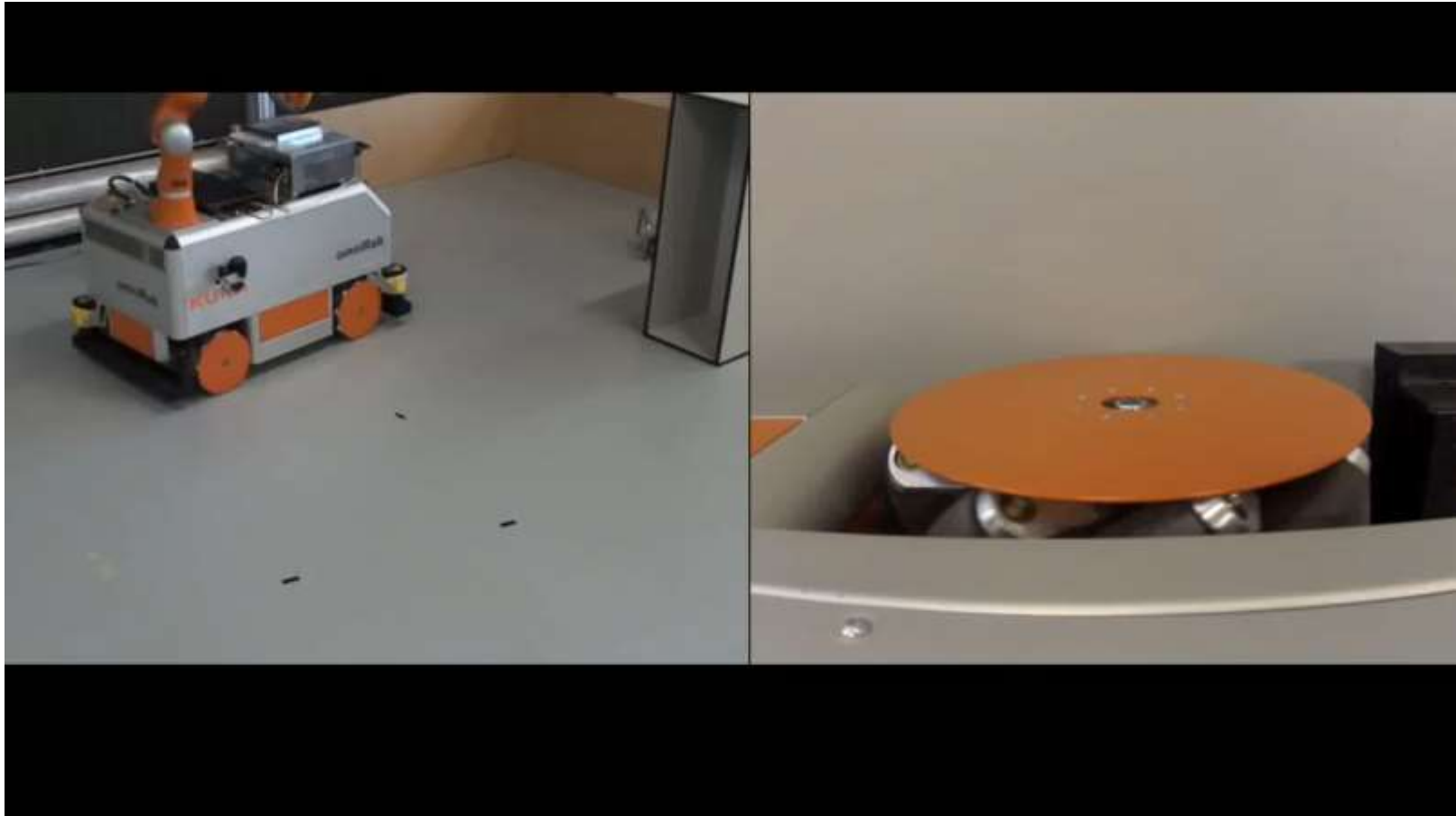
$$v_\theta = (v_0 + v_1 - v_2 - v_3) / 4$$

$$v_{error} = (v_0 - v_1 - v_2 + v_3) / 4$$

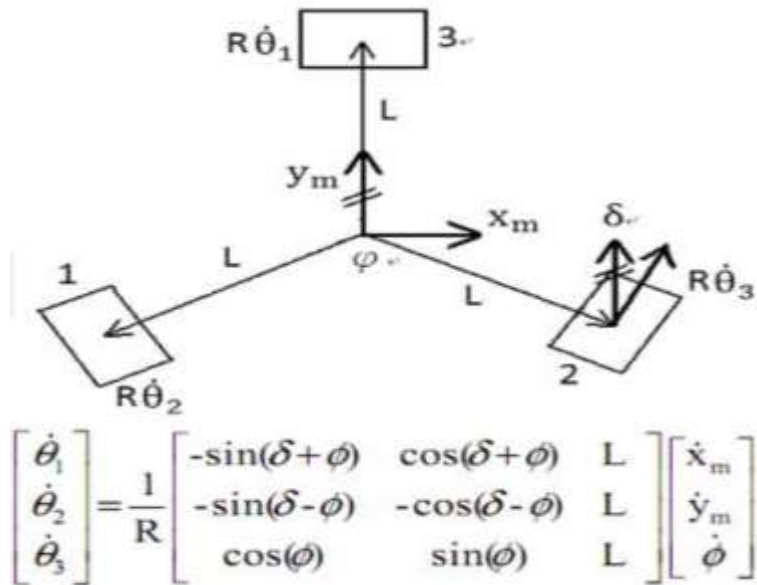
Ejemplo



Plataforma Kuka OmniRob



Omnibot de 3 ruedas



Vehículos tipo oruga



Otros Robots: OmniTread



[cortesía de Johann Borenstein]

Restricciones No-Holonómicas

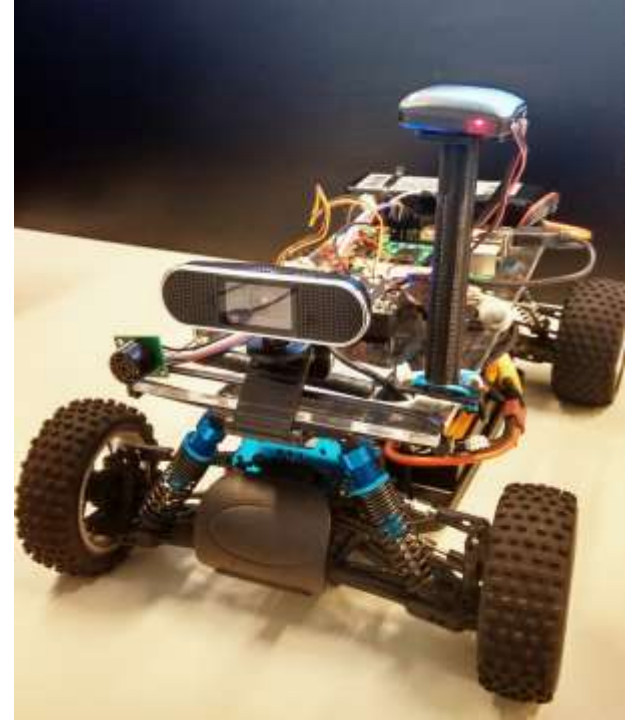
- Las restricciones no-holonómicas limitan los posibles **movimientos incrementales** dentro del espacio de configuración del robot.
- Robots con accionamiento diferencial o síncrono se mueven en trayectorias circulares y **no pueden moverse lateralmente**.
- Robots con **ruedas Mecanum** pueden moverse lateralmente (no tienen restricciones no-holonómicas).

Holonómica vs. No-Holonómica

- Restricciones no-holonómicas reducen el espacio de control a la configuración actual
 - no es posible moverse lateralmente
- Restricciones holonómicas reducen el espacio de configuración.
 - E.g., un tren sobre vías (no todas las posiciones y orientaciones son posibles)

Accionamiento con restricciones no-holonómicas

- Síncrono
- Diferencial
- Tipo Ackermann



Accionamiento sin restricciones no-holonómicas

- Ruedas Mecanum
- XR4000



Dead Reckoning y Odometría

- Estimación del movimiento basado en los comandos de control o lecturas de los encoders en las ruedas
- Integración en el tiempo



Resumen

- Introdujimos diferentes tipos de **accionamiento** para robots con ruedas
- **Ecuaciones** para describir el movimiento de los accionamientos básicos dada la velocidad de las ruedas
- Restricciones **no-holonómicas**
- **Odometría** y dead-reckoning