

# Modelo y simulación de prototipo para un robot móvil de tipo diferencial mediante SIMSCAPE

Christian Amaro de la Rosa\*

Alfredo Roldán Caballero

Gerardo Taxis Taxis

Instituto Politécnico Nacional

UPIIT

[\\*camarod2100@alumno.ipn.mx](mailto:*camarod2100@alumno.ipn.mx)

Referencia de este artículo [1].

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el proceso de modelado y simulación de un prototipo de robot móvil con tracción diferencial, utilizando Simscape-Multibody dentro del entorno de simulación multicuerpo (anteriormente conocido como SimMechanics). Simscape, una herramienta integrada con Simulink, permite construir modelos y sistemas físicos mediante conexiones entre componentes, facilitando la simulación y animación de sistemas mecánicos en tres dimensiones. Además, ofrece módulos especializados para distintas áreas como Electrical, Battery, Fluids, Driveline y, en particular, Multibody, el cual se utilizó para el modelado y la simulación del prototipo para un robot móvil de tipo diferencial. En este trabajo también se muestra el resultado de trabajar en este entorno Simscape Multibody, agregando las articulaciones o puntos de unión, elementos de fuerza y sensores, definiendo cada una de sus partes y ensamblando el mecanismo.

## 1. Introducción

En nuestra era de cambios acelerados impulsados por la electrificación y la automatización, es fundamental comprender la dinámica de sistemas complejos con múltiples componentes móviles [The MathWorks, Inc., 2025a]. Nuestro mundo se ha convertido en un escenario dinámico, donde la tecnología juega un papel crucial [The MathWorks, Inc., 2025a]. En este sentido, se ha vuelto fundamental la comprensión de la dinámica de los sistemas con múltiples partes móviles para el diseño y la ingeniería moderna, gracias a los avances tan rápidos hacia la electrificación y automatización.

Frente a esta necesidad, herramientas como Simscape Multibody de MATLAB han surgido como entornos virtuales para el modelado y la simulación de sistemas físicos multidominio. Esta plataforma permite representar el comportamiento dinámico de mecanismos, proporcionando un laboratorio virtual en el que es posible diseñar, modelar y simular sistemas o equipos sin necesidad de fabricar prototipos físicos. Así, tareas como evaluar la estabilidad de una carretilla elevadora, simular la carga máxima de un sistema o prever fallas mecánicas se vuelven accesibles, seguras y económicas.

A lo largo de este trabajo, se explorará cómo se emplea Simscape Multibody para modelar el prototipo de un robot móvil de tipo diferencial y visualizar su comportamiento virtual mediante la herramienta Mechanics Explorer.

El uso de Simscape representa una solución práctica para el modelado y análisis de sistemas mecánicos, ya que permite parametrizar modelos, probar lazos de control, y realizar pruebas hardware-in-the-loop, sin necesidad de recurrir a prototipos físicos en las primeras etapas del desarrollo. Además, proporciona una plataforma segura para anticipar fallos y validar funcionalidades desde la simulación antes de implementar el prototipo final, lo que permite anticipar fallos en el comportamiento físico esperado.

## 2. Modelado y simulación del prototipo en Simscape Multibody

Al abrir un modelo nuevo de Simscape Multibody, existen tres bloques que configuran el sistema: Solver Configuration, World Frame y Mechanism Configuration. El bloque Solver Configuration especifica los parámetros que el modelo necesita para realizar la simulación de la estructura topológica. Mientras, el bloque World Frame permite el acceso a un sistema de coordenadas, o punto de referencia global, que es base de todos los demás puntos de referencia que se definen con respecto a este sistema de coordenadas global, siendo este inercial y estando en reposo absoluto. Y, por último, el bloque Mechanism Configuration, que especifica la gravedad y parámetros de simulación que establecen un valor delta para la linealización.

### 2.1. Modelado de sólidos

Los cuerpos son componentes principales de un mecanismo, por lo que deben modelarse para ensamblar y definir un sistema. Antes de modelar el prototipo, se considera una base donde se desplazará. Se conforma del bloque Infinite Plane, Figura 1, que genera un plano utilizado para modelar las fuerzas de contacto entre él y los sólidos del prototipo, con dimensiones de 40 m en el eje X y 40 m en el eje Y.

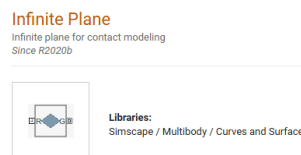


Figura 1. Bloque Infinite Plane de Simscape Multibody.

Para modelar el prototipo del robot móvil con tracción diferencial, se diseña un cuerpo simple, que cumple con las dimensiones de la implementación física. Utilizando el bloque Brick Solid, Figura 2, centrado en el punto cero del sistema de coordenadas y con parámetros de dimensión geométrica, similares al prototipo físico, de 12 cm en el eje X, 20 cm en el eje Y, y 0.05 cm en el eje Z.

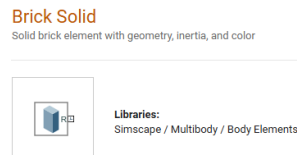


Figura 2. Bloque Brick Solid de Simscape Multibody.

Se implementan las cuatro ruedas del prototipo, utilizando el bloque Cylindrical Solid, Figura 3. Para cada una de las ruedas se le definen parámetros de radio y longitud de 3cm y 4 cm, respectivamente.

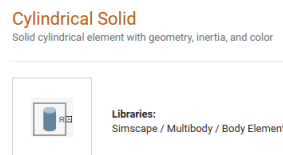


Figura 3. Bloque Cylindrical Solid de Simscape Multibody.

## 2.2. Creación de puntos de referencia personalizados

Cada modelo consta de puntos de referencia. Los puntos de referencia sirven para definir la posición y orientación de los cuerpos. Cada punto de referencia se conforma de tres ejes de coordenadas perpendiculares que se cruzan en un punto, el cual se denomina origen. Este punto indica la ubicación de los elementos y proporciona los puntos de unión para las articulaciones entre cuerpos. De forma predeterminada, cada sólido cuenta con un punto de referencia, cuyo origen coincide con su centro de masa. Para el modelado del prototipo, se crean nuevos puntos de referencia con el fin de conectar las articulaciones, ver Figura 4. Estos puntos de referencia personalizados permiten establecer uniones entre sólidos mediante articulaciones.

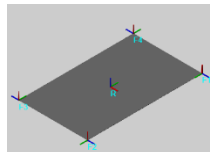


Figura 4. Nuevos puntos de referencia.

## 2.3. Conexión de articulaciones

En un modelo, las articulaciones representan las principales restricciones cinemáticas que determinan el movimiento relativo entre cuerpos. Estas articulaciones se definen mediante el uso de Joint Blocks. Cada tipo de bloque representa diferente clase de articulación, según el movimiento que se desea permitir entre los cuerpos. Para unir la base del prototipo con las ruedas antes modeladas, mediante una articulación, se agrega el bloque Revolute Joint, Figura 5. Este bloque de articulación tiene un grado de libertad rotacional, la cual restringe el movimiento entre dos puntos de referencia alrededor de un eje común donde se define uno como base Base y otro como seguidor Follower. El eje de rotación está alineado con el eje Z del punto de referencia base de la articulación, por lo que los puntos de referencia del sólido base y seguidor comparten un origen y eje Z común. Esto permite que el punto de referencia seguidor rote alrededor del

eje Z. Para ello, se conecta la articulación Revolute Joint a el bloque Brick Solid como base, y al bloque Cylindrical Solid como seguidor, como se muestra en la Figura 6.

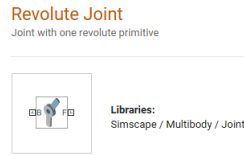


Figura 5. Bloque Revolute Joint de Simscape Multibody.

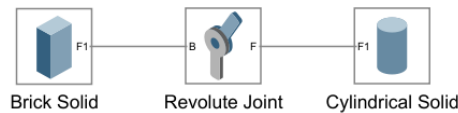


Figura 6. Conexión de Revolute Joint.

## 2.4. Fuerza de contacto espacial

Las articulaciones incluyen un apartado denominado Actuation, que permite definir entradas Torque y Motion, del cual depende el comportamiento de la articulación según la configuración seleccionada. Dado que se busca simular el comportamiento cinemático del sistema, se define el modo de actuación como Unactuated Motion, configurando los dos parámetros de entrada. Para el parámetro Torque, se selecciona la opción None, que establece fuerza/torque a cero, aunque la articulación puede moverse libremente durante la simulación. En el parámetro Motion, se selecciona Provided by Input para las dos ruedas frontales, donde la entrada es un objeto de serie temporal que especifica la trayectoria, y dicha trayectoria es la coordenada de posición a lo largo del eje, dada en función del tiempo. Para generar esta entrada se utiliza el bloque PS-Simulink Converter, Figura 7, tomando una señal de velocidad angular deseada, la cual se integra para obtener su posición angular y se deriva para obtener la aceleración angular, como se muestra en la Figura 8. Estas tres magnitudes se combinan en un único vector de señales físicas que varían en el tiempo, utilizando un bloque PS-Simulink Converter. Al recibir este vector en el puerto de entrada Motion en la articulación Revolute Joint, fuerza su comportamiento cinemático a seguir la trayectoria.



Figura 7. Bloque PS-Simulink Converter de Simscape Multibody.

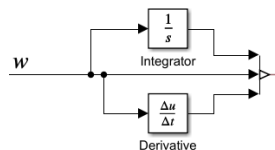


Figura 8. Conexión de bloque integrador y derivativo al bloque PS-Simulink Converter de Simscape Multibody.

## 2.5. Fuerza de contacto espacial

Para modelar el contacto entre las ruedas y el plano donde se desplaza el prototipo, se agrega el bloque

Spatial Contact Force, Figura 9, dado que únicamente modela contactos entre dos geometrías, se agrega uno en cada rueda. El bloque tiene dos puertos de geometría, definidos como base Base y otro como seguidor Follower. El puerto Base conecta al plano y el puerto Follower conecta a la rueda como se muestra en la Figura 10.

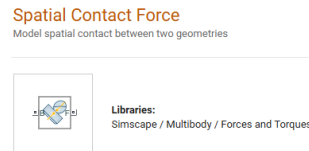


Figura 9. Bloque Spatial Contact Force de Simscape Multibody.

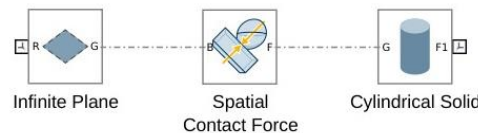


Figura 10. Conexión del bloque Spatial Contact Force.

### 3. Resultados

Con la aplicación Multibody Explorer, herramienta de Simscape Multibody, se puede explorar la simulación mediante un panel de visualización interactivo que permite manipular la perspectiva del modelo mediante vistas isométricas, frontales, laterales y superiores. En la Figura 11 se muestra el resultado virtual del prototipo del robot móvil con tracción diferencial utilizando la herramienta Simscape Multibody de MATLAB para modelar y simular el comportamiento cinemático.

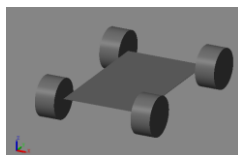


Figura 11. Resultado virtual del prototipo de robot móvil de tracción diferencial.

### 4. Conclusiones

El prototipo fue modelado y simulado exitosamente en el entorno de Simscape Multibody, reproduciendo de manera precisa el comportamiento cinemático esperado. A partir de las señales de velocidad angular deseadas, se integraron y derivaron las señales de posición y aceleración angular, las cuales fueron utilizadas como entradas cinemáticas para las articulaciones. La respuesta del sistema mostró una correspondencia entre las entradas cinemáticas y el desplazamiento angular de las ruedas, sin desviaciones ni inconsistencias. Esto confirma que la implementación del modelo en Simscape Multibody es adecuada para representar el comportamiento cinemático del sistema, validando la arquitectura del modelo e integración de señales en el entorno de simulación.

## Referencias bibliográficas

- The MathWorks, Inc. (2025a). Simscape Onramp [curso en línea]. Recuperado el 20 de junio de 2025, de [https://matlabacademy.mathworks.com/es/?page=1&sort=featured&s\\_tid=nav\\_learn\\_mlac](https://matlabacademy.mathworks.com/es/?page=1&sort=featured&s_tid=nav_learn_mlac)
- The MathWorks, Inc. (2025b). Simscape™ Multibody™ User's Guide. Recuperado el 28 de junio de 2025, de <https://la.mathworks.com/help/sm/index.html>
- The MathWorks, Inc. (2025c). MathWorks Help: Documentación de bloques Simscape. Recuperado el 30 de junio de 2025, de <https://la.mathworks.com/help/>
- Taxis, G. (2025, 10 de marzo). MATLAB: Importación de modelos CAD con Simulink | Webinar MULTION [video en línea]. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://www.youtube.com/watch?v=sZRsvmKkElc>

## Referencia del artículo

Amaro, C., Roldán, A. & Taxis, G. (noviembre - diciembre, 2025). Modelo y simulación de prototipo para un robot móvil de tipo diferencial mediante SIMSCAPE. *Boletín UPIITA*. año 20, (111), 2025.  
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1101-cyt-numero-111/2460-modelo-y-simulacion-de-prototipo-para-un-robot-movil-de-tipo-diferencial-mediante-simscape>