

# PROTOTIPO DE ROBOT EXPLORADOR DE *MONILIOPTORA RORERI* EN CULTIVOS DE CACAO EN CIMITARRA SANTANDER

Kevin Yesid Lozano Sánchez<sup>1</sup>, Camila Alejandra Cárdenas<sup>2</sup>, Cristian Mauricio Estupiñan Manrique<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Aprendiz Tecnoacademia, Ingeniería y robótica, Tecnoacademia, Vélez-Cimitarra Santander

<sup>2</sup>. Aprendiz Tecnoacademia, Ingeniería y robótica, Tecnoacademia, Vélez-Cimitarra Santander

<sup>3</sup>. Facilitador Tecnoacademia, Ingeniería y robótica, Tecnoacademia, Vélez-Cimitarra Santander

## Resumen

El árbol de cacao, es una planta originaria de la selva Amazónica, cuyo nombre científico es "*Theobroma cacao L*" (Gutiérrez et al. 2011). El departamento de Santander produce el 42.1 % del cacao a nivel nacional representando 25.158 toneladas en la producción anual del año 2019, seguido de Antioquia con 8.8% (Federación Nacional de Cacoateros, 2019), siendo este cultivo atacado constantemente por la enfermedad llamada *Moniliophthora roreri*, la cual diseca la mata hasta dañarla completamente. Este proyecto busca por medio del procesamiento de imágenes reconocer la enfermedad de la *Moniliasis*. Las aplicaciones de la robótica en la agricultura poseen un amplio espectro de desarrollo, tomando la visión artificial como herramienta de navegación y simulación del comportamiento en los ambientes agrícolas (Rodríguez C. et al., 2018).

La implementación del proyecto se realiza con base en la estructura del Rover Spirit, uno de los robots del programa de exploración de Marte de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (León et al, 2019)

**Palabras Clave:** *Moniliophthora roreri*, Cacao, Procesamiento de imágenes, Rover, Robot explorador.

## Introducción

La *Moniliasis (Moniliophthora Roreri)*, es un hongo mitospórico dentro del orden *Agaricales*, tiene forma esférica y color marrón, puede llegar a ser imperceptible y provoca una enfermedad de difícil manejo, causando pérdidas hasta el 40% de la producción en las cosechas. Debido a esto, este trabajo consiste en la identificación y detalle de los síntomas iniciales de la enfermedad como la aparición de decoloraciones acuosas y grasientas (hidrosis) (Pérez-Vicente, 2018), lo cual es una razón para la implementación de métodos tempranos en la

solución de la enfermedad. Para esto diseñamos un robot basándonos en la estructura robótica del Rover, el cual posee las cualidades para posicionarse en lugares con grado de inclinación hasta el 30%, tiene seis articulaciones y se le pueden añadir sensores de posicionamiento, visión, procesadores de imágenes, teleoperación de seguimiento y obstáculos que sea similar al robot en huertas de zanahoria afectadas por bacterias mediante imágenes espectrales descrito por Cubero et al. (2009) (Cubero, y otros, 2019). La visión artificial es concebida como una rama de la inteligencia artificial se define según (Viera-Maza, 2017) como "conjunto de teorías, técnicas y métodos que nos permiten simular el proceso de visión biológico de los humanos y la capacidad de extraer y analizar automáticamente información de las imágenes obtenidas". La visión artificial nos permite crear algoritmos y aplicaciones para interpretar el significado de una imagen, con esto podemos obtener información de un objeto espacial (3D) a partir de la adquisición y procesamiento de una o varias imágenes digitales (2D) de dicho objeto.

La pregunta planteada es muy importante ¿El Robot explorador todo terreno puede identificar los parámetros de la enfermedad de la *Moniliasis* del cultivo de cacao en Cimitarra Santander? Este problema, el cual es todo un reto, nos lleva a construir un prototipo de robot para el monitoreo de *Moniliasis* en el cultivo de cacao en Cimitarra Santander mediante el procesamiento de imágenes. Con esto, se busca mejorar la calidad de vida y economía en el sector campesino productor de cacao y así disminuir la mano de obra intensiva que se necesita para este cultivo; el proyecto se realizará con hardware abierto y software libre como prototipo de prueba.

## Metodología

EL diseño del prototipo consta de dos partes las cuales son: primero, diseñar de la estructura mecánica del

robot para zonas de laderas menores de 30°, la cual se enfoca en estudiar los conceptos de dinámica del robot y segundo, establecer los sistemas de potencia y sensores del robot.

Los robots tipo Rover se desarrollan para la exploración en el planeta Marte utilizando una suspensión Rocker-Bogie, el cual es utilizado en Curiosity Rover; este mecanismo de suspensión se define como un sistema que está compuesto por dos piezas que se unen y tienen libertad de giro. El Rocker es la pieza que se une al chasis del Rover gracias a un mecanismo diferencial, de manera que cuando un rocker asciende, el opuesto desciende y uno de los extremos del balancín se une a una rueda motora, mientras que en el otro extremo se acopla al elemento bogie, el cual puede pivotar sobre el balancín. El término bogie se refiere al mecanismo que aloja en cada extremo una rueda motriz, este tipo de soporte se suele utilizar para ayudar a distribuir la carga sobre las seis ruedas (García et al., 2019)

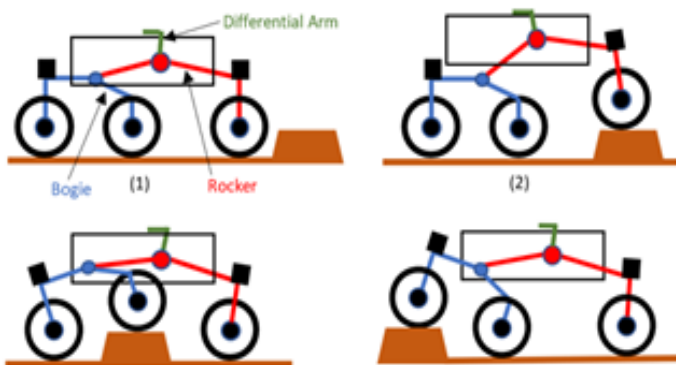


Figura 1: Proceso de superación de un obstáculo de un sistema rocker-bogie. Recuperado de (García et al., 2019)

Formalmente, el grado libertad (DOF) de un sistema mecánico se define como el número de coordenadas independientes o coordenadas mínimas para describir perfectamente su posición o configuración. Así, un cuerpo rígido que se mueve en el espacio cartesiano tridimensional tiene seis DOF, tres para la posición y tres para la orientación. Existen varias metodologías para determinar el DOF. Uno de estos métodos presentado por Grubler en 1917 para mecanismos planares, fue posteriormente generalizado por Kutzbach, en 1929, para mecanismos especiales. En forma conjunta se conoce como criterio de Grubler-Kutzbach. (Subir Kumar, 2018)

$$n = s(r - p - 1) + \sum_i^p n_i \quad (1)$$

s: dimensión del espacio de trabajo (para mecanismos planares,  $s = 3$ ; para espaciales,  $s = 6$ ).

r: número de cuerpos rígidos o eslabones en el sistema

p: número de pares cinemáticos o articulaciones en el sistema

ci: número de restricciones impuestas por cada articulación

c: número total de restricciones impuestas por articulaciones p

ni: grado de libertad relativo de cada articulación

n: grado de libertad de todo el sistema.

A continuación, con los parámetros que se disponen se presenta la ecuación de la velocidad angular que proporcionarán los motores para mover al prototipo en los terrenos de Cimitarra; donde T representa el torque del motor en [N.m], r representa el radio de la rueda en metros. Cuanto mayor es el radio de las ruedas mayor será la velocidad lineal y menor la fuerza ejercida por el motor. (García et al., 2019)

$$T_i = r * f \quad (2)$$

$$Vl = W * r \quad (3)$$

Para calcular la velocidad angular se tendrá en cuenta que la velocidad, la aceleración y la pendiente son posibles cálculos esperados.

La velocidad esperada (Vl)

La aceleración esperada (a)

Posible pendiente a superar ( $\alpha$ )

La eficacia de los reductores ( $\eta$ )

Número de ruedas motrices (n)

Radio de las ruedas motrices (r)

Mt representa la masa total aproximada del robot, Me es la masa estimada de los componentes electrónicos y Mm la masa estimada de los componentes mecánicos (García et al., 2019)

$$Mt = Me + Mm \quad (4)$$

A continuación, se relaciona la fuerza que deben ejercer los motores en función del peso del robot y la velocidad máxima deseada. Para ello, se pasará a calcular el par motor o torque necesario con (5) dónde

$$F = \frac{Mt * g * \text{sen}(\alpha) + Mt * a}{FS} \quad (5)$$

F representa la fuerza del motor en Newton, g la

aceleración gravitacional,  $\alpha$  es el ángulo de inclinación del terreno,  $\alpha$  es aceleración lineal del robot y FS es el factor de seguridad que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos. Teniendo en cuenta la topología de Rocker-Bogie, la cual cuenta con seis ruedas acopladas con un motor independiente para cada uno, de forma que el torque que deberá desarrollar el Rover, será dividido en el número de ruedas motrices (García et al., 2019)

$$T = \frac{T_i}{6} \quad (6)$$

El sistema potencial es un sistema muy importante ya que va hacer la etapa que nos proporciona control, es decir, nos va traducir la información de nuestro centro de control/emisora. (Nadales, 2009). P equivale a la potencia de los motores que se halla a través del torque del motor y la velocidad angular

$$P = \frac{T * W}{\eta} \quad (7)$$

Para el desarrollo del proyecto se realiza el esquema general de la arquitectura del robot, evidenciando la estructura modular para los componentes. En el siguiente apartado se estudiará los conceptos de dinámica de un robot para zonas inclinadas.

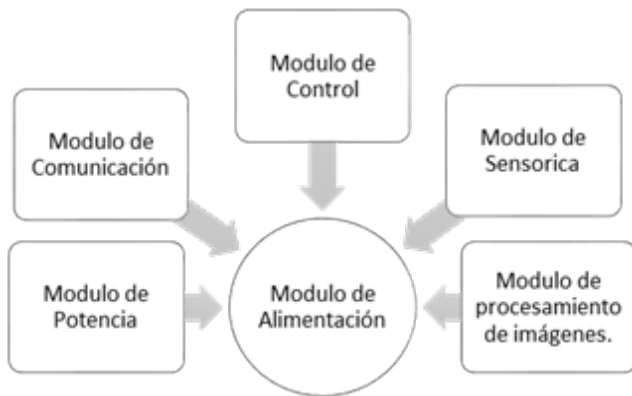


Figura 2: Arquitectura del robot explorador, Fuente los Autores.

## Resultados

A continuación, se muestra como resultados los cálculos matemáticos de la dinámica del robot y se muestra el resultado del diseño obtenido en el software Solidworks de la estructura mecánica del robot.

Los grados de libertad del robot (DOF):

Dimensión del trabajo se representa con la letra (s).  
 $s=3$

Número de cuerpos rígidos o eslabones se representa con la letra (r).  $r=2$

Número de pares de articulaciones se representa con la letra (p).  $p=2$

Es el total del número de restricciones impuestas al robot  $\Sigma=4$

$$n = s(r - p - 1) + n_i$$

$$n = 3(2 - 2 - 1) + 4$$

$$n = 3(-1) + 4$$

$$n = -3 + 4 = 1 \text{ DOF}$$

Por lo que se puede afirmar que nuestro robot cuenta con 1 DOF

Para calcular la velocidad angular se debe despejar la ecuación anterior mencionada y quedaría de la siguiente forma  $W=Vl/r$

**Parámetros a tener en cuenta:**

La velocidad esperada es de  $v = 1 \frac{m}{s}$

La aceleración esperada es de  $a = 0.6 \frac{m}{s^2}$

Posible pendiente a superar es de  $\alpha = 30^\circ$

La eficacia de los reductores es de  $\eta = 0.8$

Numero de ruedas motrices  $n = 6$

Radio de las ruedas motrices  $r = 0.06m$

Mt que equivale al peso aproximado del robot

$$MT = 3KG + 5KG = 8KG$$

$$W = \frac{Vl}{r}$$

$$W = \frac{1 \frac{m}{s}}{0.06m}$$

$$w = 16.6 \frac{rad}{s}$$

$$F = \frac{(8kg * 9.8 \frac{m}{s^2} * \text{sen}(30) + 8kg * 0.6 \frac{m}{s^2})}{0.7}$$

$$F = 78.6N$$

$$T_i = 0.06m * 78.6N$$

$$T_i = 4.71Nm$$

$$T = \frac{4.71Nm}{6}$$

$$T = 0.8 Nm \text{ (se aproxima 1 Nm)}$$

$$P = \frac{1 Nm * 16.6 \frac{rad}{s}}{0.8}$$

$$P \approx 16W$$

## Conclusión

Para concluir según las fórmulas empleadas y según todo lo planteado anteriormente el robot explorador podrá:

Ser capaz de superar pendientes de  $30^\circ$  con facilidad utilizando motores de  $P=16\text{ W}$

El robot contará con un (1) grado de libertad.

Según el prototipo que se muestra en CAD Solidworks el prototipo podrá superar obstáculos mucho mayor al radio de su rueda de  $0,06\text{ m}$  construyendo la estructura en plástico tipo PVC con esfuerzos y deformaciones dentro de los límites esperados para la operación.

## Bibliografía

- Cubero S., Lopez S., Noales E. M., Sanjuan V. A., Ruis C., Aguilar N., & Blasco, J. (2019). Robot de campo para detectar enfermedades, en cultivos hortícolas mediante imágenes espectrales. 33, 1
- Leon D, Tenesaca M. y Huaraca J. Rover Spirit, El Explorador de Marte Rover Spirit, The Martian Explorer. Revista Científica Perspectivas, 2007.
- García N. E., Cristian H., & Molina Hernández G. (2019). Desarrollo De Un Robot Móvil Terrestre Semi-Autónomo Con Acceso Remoto. Trabajo de grado. [https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1296/1/Trabajo de grado.pdf](https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1296/1/Trabajo%20de%20grado.pdf)
- Gutiérrez R. M, Gómez S. R. Rodríguez L. N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L.*), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12, 33-41
- Federacion Nacional de Cacaoteros (2019). Nacionales <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/nacionales>
- Nadales R. C. (2009). Control de un Quadrotor mediante la plataforma arduino. 1–77. Trabajo de grado. <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/8047/8/memoria.pdf>
- Pérez-Vicente, L. (2018). Monilophthora roreri H.C. Evans et al. y Monilophthora perniciosa (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(1).
- Rodríguez C., Jiménez L. A. F., Cárdenas H., P. F. (2018). Simulación del control y la coordinación de un robot explorador en un ambiente agrícola. *Pistas Educativas*, 39(128), 1376–1391. h
- Subir Kumar, S. (2010). Introducción a la robótica. México. Mc Graw Hill.
- Viera-Maza, G. (2017). Procesamiento de imágenes usando OpenCV aplicado en Raspberry Pi para la clasificación del cacao. Thesis, 136.

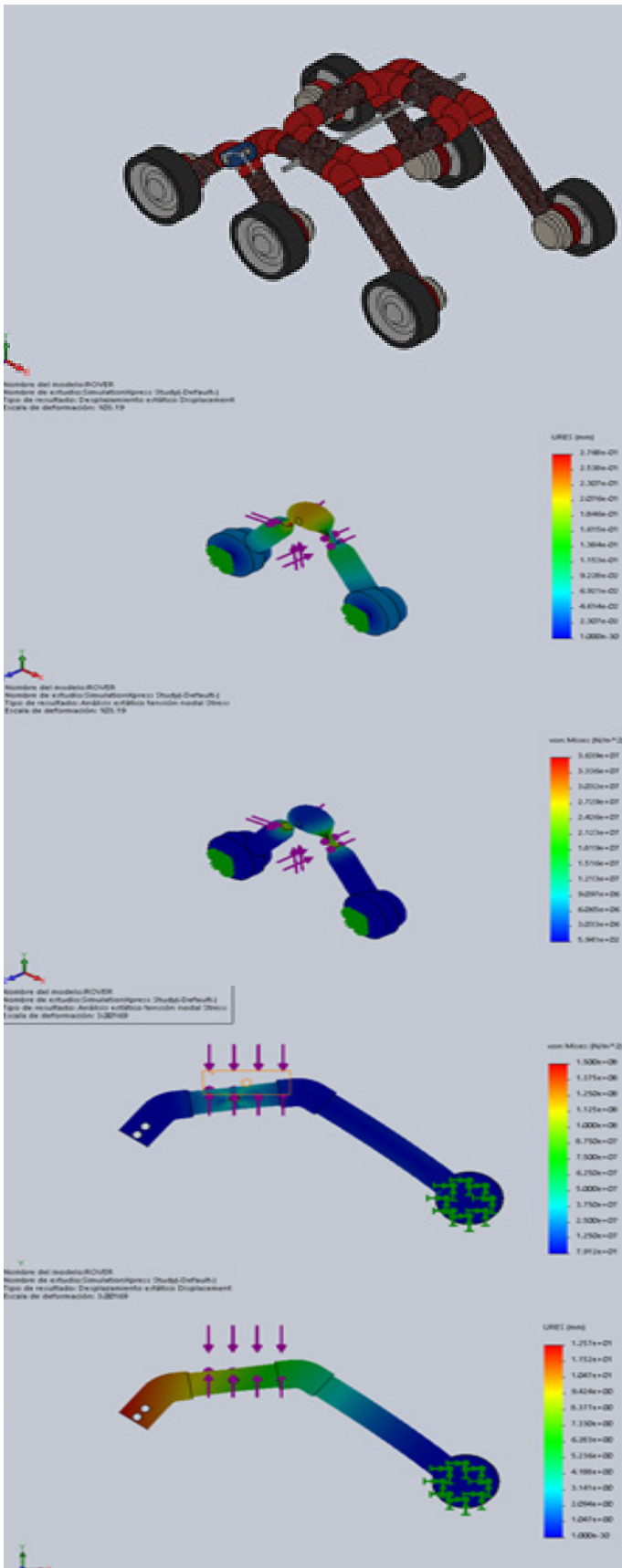


Figura 3 Robot explorador diseñado y simulado en el Software CAD Solidworks. Fuente Los Autores