

Dispositivo mecatrónico para el cultivo y cosecha de rosas.

- Mechatronic device for the roses cultivation and harvest.

Mag.Christian Renán Vásquez Falcony (1)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
crvasquez@utn.edu.ec

Ing. Edison Javier Achina (2)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
ejachinap@utn.edu.ec, edison.achina@cubosoft.net

Phd (c). Luz María Tobar Subía (3)
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
lmtobar@utn.edu.ec

Fecha de Recepción: 3 de Agosto de 2019 / Fecha de Aceptación: 30 de Octubre de 2019

Resumen: El proyecto de investigación presenta el desarrollo de un dispositivo mecatrónico para el cultivo y cosecha de rosas, con el objetivo de prevenir enfermedades de tipo laboral como tendinitis, síndrome de túnel carpiano y problemas en las articulaciones en las personas que laboran en la industria florícola en el área de cultivo debido al manejo continuo de tijeras mecánicas. Inicia con un análisis ergonómico mediante el método JSI para puestos de trabajo, luego se definen parámetros del diseño basados en investigaciones realizadas a la fuerza requerida para el corte de tallos de las rosas, así como datos ergonómicos que limitan la geometría del dispositivo, posteriormente se evalúa el funcionamiento de tijeras eléctricas similares utilizadas para el cultivo de viñas y árboles frutales para definir el sistema mecánico y de control del dispositivo mecatrónico. Finalmente se propone un sistema de control diferente con sensores infrarrojos para determinar la posición de la cuchilla en lugar de finales de carrera, además cuenta con sistema de seguridad que se integra a guantes de cuero que detienen el funcionamiento de la cuchilla, evitando cortes o amputaciones de los dedos. Las pruebas de funcionamiento se realizaron en plantaciones de diversas especies de rosas validando el diseño y resolviendo el problema para el cual fue diseñado.

Palabras clave: Dispositivo mecatrónico, cultivo, cosecha tendinitis, síndrome túnel carpiano.

Abstract: The research project presents the development of a mechatronic device for the cultivation and harvest of roses, with the aim to preventing occupational diseases such as tendonitis, carpal tunnel syndrome and joint problems in people working in the flower industry in the cultivation area due to the continuous handling of mechanical scissors. It starts with an ergonomic analysis using the JSI method for jobs, then design parameters are defined based on research carried out to the force required for the cutting of stems of the roses, as well as ergonomic data that limit the geometry of the device, subsequently evaluates the operation of similar electric scissors used for the cultivation of vines and fruit trees to define the mechanical and control system of the mechatronic device. Finally, a different control system with infrared sensors is proposed to determine the position of the blade instead of limit switches. It also has a safety system that integrates with leather gloves that stop the operation of the blade, avoiding cuts or amputations of the fingers. The functioning tests were carried out in plantations of different species of roses, validating the design and solving the problem for which it was designed.

Keywords: Mechatronic device, cultivation, harvest, tendonitis, carpal tunnel syndrome.

1. Ingeniero Mecánico y Magister en Gestión de Proyectos, de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE e Inspector de soldadura certificado por la American Welding Society, Actualmente, se desempeña como Ingeniero de Proyectos en la construcción de facilidades petroleras en PEC Project Engineering and Construction y cómo Docente de la Universidad Técnica del Norte y pertenece al Grupo Investigación, diseño y simulación - GIDSIM de la misma Universidad.

2. Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, Actualmente se desempeña como Ingeniero en desarrollo tecnológico en Cubosoft S.A.

3. Ingeniera en Mecatrónica y Magister Erasmus Mundus en Mecatrónica y Sistemas Micromecatrónicos de la Universidad de Oviedo y Karlsruhe University of Applied Sciences. Actualmente, cursa el Doctorado en Ingeniería Mecatrónica en la Universidad de Málaga, es docente de la Universitaria Técnica del Norte y pertenece al Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes-GISI de la misma Universidad.

1. Introducción:

En el sector florícola se tiene un alto índice de trastornos músculo esquelético considerando necesario implementar una adecuada intervención ergonómica para disminuir sus causas y riesgos laborales [1].

En la industria florícola las personas realizan actividades físicas que implican la constante movilidad de sus muñecas utilizando tijeras manuales como herramientas de trabajo.

El uso de herramientas manuales de forma repetitiva y por largos periodos de tiempo es un factor de riesgo predisponente para el desarrollo de enfermedades de tipo laboral en la muñeca [2].

En el área de post-cosecha el dolor de la muñeca y mano es más común, presenta un porcentaje de 42% de los trabajadores y un 35,9% de los empleados en el área de cultivo siendo el grupo de las mujeres el más afectado, la patología más frecuente es la tendinitis de muñeca [1].

La inexistencia de datos estadísticos en el ministerio de trabajo y departamento de seguridad del IESS acerca de enfermedades de tipo laboral es producto de una escasa educación a nivel general de lo que son los riesgos de trabajo y salud laboral, además al temor de las multas a las que se hacen acreedoras las empresas cuando se reporta una enfermedad profesional en un trabajador [2].

En una investigación realizada en Colombia [3], muestra que las enfermedades más típicas en el sector floricultor corresponden al síndrome de conducto carpiano, con el 47% total de diagnósticos, seguido por la sinovitis y tenosinovitis con el 9%, lumbago con el 7%, el síndrome de rotación dolorosa del hombro con el 3% y las entesopatías de la región del codo con el 3%. Colombia siendo el segundo país de exportación de rosas a nivel mundial, y fronterizo, revela cifras muy cercanas a la realidad de Ecuador, donde el uso de tijeras manuales es común en este tipo de cultivos.

A. Lesiones de tipo laboral más frecuentes.

Las lesiones más comunes son debidas a la repetitividad del movimiento que realiza el trabajador al manejar la tijera mecánica, en la mayoría de los casos conllevan a una intervención quirúrgica mediante la cual no se asegura de que la persona vuelva a estar en capacidad de trabajar normalmente en el área de cultivo de las rosas.

1) Síndrome de túnel carpiano. Este síndrome es una afección en la cual existe una presión excesiva en el nervio mediano, puede ser causado por hacer el mismo movimiento de la mano y la muñeca una y otra vez [4].

2) Tendinitis. Cuando se habla de tendinitis se hace referencia a una inflamación leve que causa un dolor moderado. Cuando la inflamación es más severa el dolor se intensifica, se producen desgarros y es difícil mover la zona afectada. En casos muy graves puede llegar a romperse el tendón [4].

B. Causas de Tendinitis.

Sobrecarga: suele ser la más común y está originada por el uso excesivo de la articulación o la repetición de una técnica deportiva desarrollada de forma errónea.

Micro traumatismos repetidos: se produce por la repetición exagerada de un mismo movimiento, lo que lleva a la inflamación del tendón.

Proceso degenerativo tendinoso: al debilitarse el tendón, la repetición de cualquier movimiento, aunque sea moderada, provoca que se inflame.



Fig. 1. Postura de la muñeca.

Por esta razón se ve la necesidad de implementar dispositivos de ingeniería que puedan servir de apoyo a las personas al realizar sus actividades. En el país no se ha desarrollado dispositivos tecnológicos enfocados en disminuir el riesgo al que se encuentran expuestas miles de personas que se dedican a la actividad florícola. Prototipos similares se han desarrollado y patentado en países europeos cuya aplicación está destinada a la poda de viñas y árboles frutales [5], [6] por lo cual la fuerza de corte de estos dispositivos no son los ideales para el cultivo de rosas ya que las plantas son más duras a diferencia de las viñas y árboles frutales que se encuentran en condiciones más amplias.

En el Ecuador las zonas de Cayambe y Tabacundo se han convertido en el centro de atención del sector floricultor de país, los cuales constituyen uno de los sectores de la economía ecuatoriana con importante presencia en el

mercado internacional, representando aproximadamente el 10% de la exportación mundial, detrás de Colombia (16%) y Holanda (49%). [7]

Con base a lo expuesto se ha diseñado e implementado un dispositivo mecatrónico para el cultivo y cosecha de rosas basándose en parámetros ergonómicos e industriales [3] para producir cortes en los tallos de las rosas con la fuerza y control necesarias además de un sistema de seguridad tipo guante que evita las heridas involuntarias con el uso dispositivo.

La configuración del sistema obliga al usuario al uso del guante de seguridad para las labores cotidianas, evitando la mutilación de miembros o heridas producto del funcionamiento, además de contar con una autonomía de 5 horas y un soporte ergonómico para la tarjeta electrónica y la batería.

2. Metodología:

El dispositivo propuesto tiene como propósito principal prevenir enfermedades de tipo laboral en las personas que trabajan en el sector florícola pero al mismo tiempo se pretende en lo mínimo afectar al rendimiento de la persona que trabaja con el dispositivo.

A. Análisis ergonómico

La ergonomía es una recolección de conocimientos científicos enfocados a la adaptación del trabajo a las capacidades y limitaciones de las personas.

1) Evaluación de ergonomía mediante el método (JSI)

científicos enfocados a la adaptación del trabajo a las capacidades y limitaciones de las personas.

JSI es un método de evaluación de puestos de trabajo que permite valorar si los trabajadores que los ocupan están expuestos a desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores debido a movimientos repetitivos [1].

El método relaciona el análisis de la mano, muñeca, antebrazo y codo basado en la medición de 6 variables que derivan de principios fisiológicos y biomecánicos. Las variables se detallan en las siguientes tablas así como su ponderación las cuales son aplicadas en la ecuación JSI.

2) Cálculo Strain Index (JSI):

El índice de tensión laboral se calcula mediante la aplicación de la siguiente ecuación [3], [8], [9].

$$JSI = IE \times DE \times EM \times HWP \times SW \times DD \quad (1)$$

$$JSI = 5.06$$

La ecuación es el producto de 6 factores:

- La intensidad del esfuerzo (IE)
- La duración del esfuerzo (DE)
- Los esfuerzos realizados por minuto (EM)
- La postura mano/muñeca (HWP)
- El ritmo de trabajo (SW)
- La duración por día de la tarea (DD)

La valoración de la puntuación obtenida se realiza en base al siguiente criterio:

Valores de JSI inferiores o iguales a 3 indican que la tarea es probablemente segura. Puntuaciones superiores o iguales a 7 indican que la tarea es probablemente peligrosa.

En general, puntuaciones superiores a 5 están asociadas a desórdenes músculo-esqueléticos de las extremidades superiores [9].

3) Análisis de tarea problemática

Metodología utilizada: Método JSI (Índice de Tensión Laboral)

Tarea problemática: Flexión y extensión de la muñeca de forma repetitiva. Compresión realizada por la muñeca de forma repetitiva.

Descripción de la tarea problemática: El trabajador realiza la tarea de cosecha y cultivo aplicando fuerza continuamente en sus muñecas lo que constituye en un riesgo ergonómico al ser una actividad repetitiva durante una jornada laboral de 8 horas con instrumentos tradicionales y netamente manuales.

Causas determinantes: La adopción herramientas manuales para el desarrollo de las actividades. La gran cantidad de cortes realizados en un rango de tiempo muy corto.

Mejoras propuestas: Desarrollar un dispositivo mecatrónico que pueda servir a los colaboradores de las empresas a realizar sus actividades de corte y cultivo de rosas con menor esfuerzo y reduciendo el riesgo ergonómico para su integridad física.

4) Requerimientos de diseño

La literatura internacional deduce que el máximo agarre para estas herramientas es aproximadamente de 9.0719 kgf (20 lbf) mediante el desarrollo de un análisis dinamométrico con tijeras mecánicas tradicionales [10]. Existieron esfuerzos de hasta 30,18kgf promedio lo cual fue equivalente a un 332.7% de esfuerzo externo recomendado en la literatura internacional [11].

B. Modelo de diseño

Las tijeras comprenden un sencillo y práctico mecanismo

para transmitir el movimiento desde el eje del motor que incorpora hasta un piñón cónico que transmite el movimiento median piñones rectos [12]. Normalmente, las tijeras eléctricas realizan un ciclo automático de cierre y apertura, una vez que actúa sobre un gatillo con el fin de llevar a cabo el corte de un tallo.

El diseño de la tijera se lo realizó conforme a los parámetros de funcionamiento que requieren este tipo de dispositivos, básicamente conformándose por una carcasa 1, donde se aloja el motor reductor 6, y al menos 2 hojas de corte 9 y 10, y un mecanismo de transmisión de movimiento 8, 4, 3 y 5, para mover al menos una de las hojas, respecto a otra entre una posición abierta y cerrada como se ilustra en la figura 2a y 2b.

La característica principal del diseño se basa en que el accionamiento no va a ser por medio de un gatillo, reduciendo así el riesgo ergonómico por flexo extensión forzada de falanges [3], se va a utilizar un botón en su lugar.

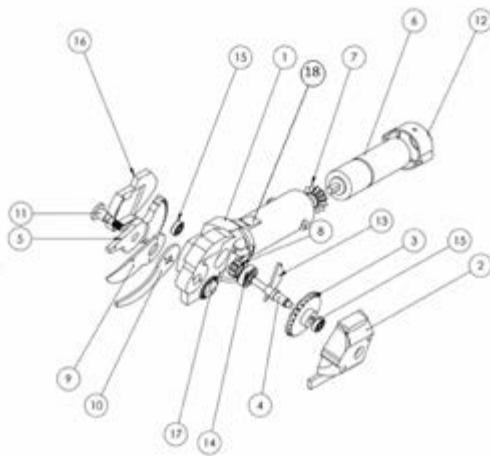


Fig. 2a. Despiece de diseño.

1) Análisis dinámico del dispositivo

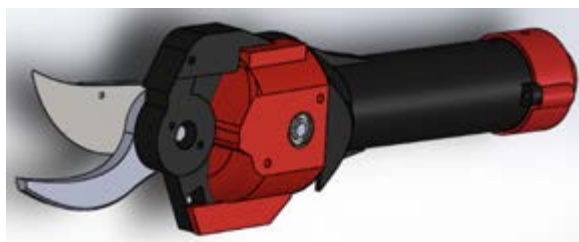


Fig. 2b. Modelo de diseño.

De acuerdo al modelo de diseño seleccionado [12] el

dispositivo cuenta con un motor dc controlado, acoplado a un sistema mecánico de reducción y transmisión de potencia por cual se ha escogido un motor dc y un reductor de velocidad.

Para el análisis de fuerzas y velocidades en el sistema motor-reductor se basa en la potencia P, que suministra el motor dc la cual se constituye como el producto entre la velocidad del motor w y el momento de torque suministrado por el motor M, mediante la siguiente ecuación.

$$P=w.M \quad (2)$$

El motor a utilizarse cuenta con las siguientes propiedades en la Tabla I.

Se tiene como dato la relación de reducción Re con la cual se calcula la velocidad w2 en la salida del motor-reductor que es expresada como:

$$w2=w/Re \quad (3)$$

Tabla I. Datos del Motor DC.

Parámetro	Magnitud
Marca	Maxon
Tensión nominal	24 V
Velocidad nominal	9830 rpm
Par nominal (máx. par en continuo)	48.4 mNm

Para el cálculo del momento de fuerza M2 en la salida del motor-reductor se considera que la potencia P del motor en todo el sistema y su magnitud es constante, por lo que utilizando la velocidad de salida w2, se obtiene:

$$M2=P/w2 \quad (4)$$

2) *Análisis de dimensiones, velocidades y fuerzas de los engranes cónicos*

La característica de los engranes cónicos Fig.3 es la capacidad de transmitir potencia entre dos ejes que se intersectan (En este caso es el eje del motor-reductor y eje en el cual gira la cuchilla del dispositivo) mismos que se intersectan con un ángulo de 90°.

La segunda etapa de reducción de velocidad consta de engranes cónicos con distintos diámetros d_{p1} y d_{e1} .

Donde:

Diámetro del piñón cónico $d_{p1}=0.0176\text{ m}$

Diámetro del engrane cónico $d_{e1}=0.035\text{ m}$

El piñón cónico este acoplado al eje del motor-reductor por lo cual su velocidad w_{p1} y momento de torque M_{p1} es el mismo que el calculado en la primera etapa de reducción.

$$M_{p1}=M_2 \quad (5)$$

$$w_{p1}=w_2 \quad (6)$$

Para el cálculo de velocidad del engrane cónico w_{e1} se relaciona la velocidad w_{p1} del par de engranes con sus respectivos diámetros, siendo:

$$w_{e1}=(w_{p1}.d_{p1})/d_{e1} \quad (7)$$



Fig. 3 Engranes cónicos entre ejes de 90 grados

Para el cálculo del momento de fuerza en el engrane cónico M_{e1} , se requiere la ecuación 11 que demuestra que la potencia P es constante en el sistema moto reductor.

$$P=P_{p1}=P_{e1} \quad (8)$$

$$M_{p1}.w_{p1}=M_{e1}.w_{e1} \quad (9)$$

$$M_{e1}=(M_{p1}.w_{p1})/w_{e1} \quad (10)$$

3) *Análisis de dimensiones velocidades y fuerzas en los engranes rectos*

Los engranes rectos Fig.4 cumplen la función de transmitir al elemento de corte (cuchilla) la potencia del motor eléctrico entre dos ejes paralelos para lo cual, al estar el Engrane cónico impulsado en el mismo eje del piñón

recto la velocidad y momento de fuerza es el mismo para éste.

$$w_{e1}=w_{p2} \quad (11)$$

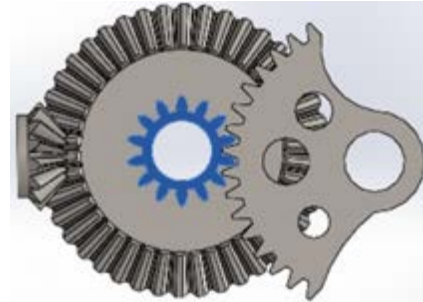


Fig. 4 Sistema de transmisión de potencia

Los diámetros primitivos de los engranes rectos son:

- Diámetro primitivo del piñón recto $d_{p2}= 0.020\text{ m}$.
- Diámetro primitivo del engrane recto $d_{e2}= 0.070\text{ m}$.

La relación entre los diámetros d_{p2} , d_{e2} y velocidades w_{e2} , w_{p2} para el cálculo de la velocidad del engrane w_{e2} recto acoplándola a los parámetros del engrane, se obtiene:

$$w_{e2}=(w_{p2}.d_{p2})/d_{e2} \quad (13)$$

El cálculo del momento de fuerza en el M_{e2} engrane recto se lo realiza mediante la ecuación 14 que lo relaciona con la velocidad del engrane w_{e2} .

$$M_{e2}=(M_{p2}.w_{p2})/w_{e2} \quad (14)$$

4) *Fuerza aplicada en el punto de corte (F_c)*

El modelo de diseño la cuchilla es acoplada al engrane recto del sistema de transmisión de potencia y debido a ello, el momento de fuerza M_{e2} y velocidad son transmitidos directamente con las mismas magnitudes. En relación a la geometría de la cuchilla su punto de corte más común se centra a 3 cm de distancia D_{cp} desde el centro de su eje por lo cual:

$$F_c=M_{e2}/D_{cp} \quad (15)$$

$$F_c=389.77\text{ N}$$

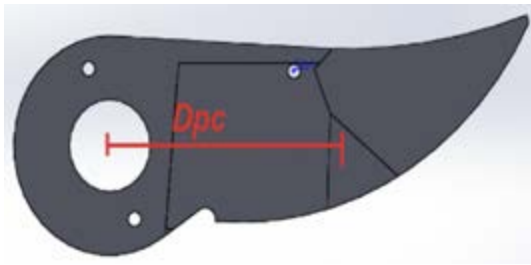


Fig. 5 Cuchilla del dispositivo

5) Diseño del eje

Para el análisis de cargas es necesario encontrar las componentes en el eje x e y los cuales son la fuerza tangencial y radial mismas que se aplican directamente al eje de transmisión de potencia y la carcasa del dispositivo. Propiedades mecánicas del acero *E410 SOQT300 (AISI 8620)*.

La propiedad del acero [13], [14] permite diseñar el eje con las dimensiones adecuadas para las cargas a las que se encuentra sometido el mecanismo.

- Resistencia a la tensión
- $S_u := 1300 \text{ MPa}$
- Resistencia de fluencia
- $S_y := 1030 \text{ MPa}$
- Factor de diseño
- $N=2$

6) Análisis estático de la estructura

La estructura del dispositivo se construirá mediante impresión 3D, utilizando ABS siendo un termoplástico con propiedades que ideales para piezas mecánicas.

En la figura 6, utilizando el esfuerzo de Von Mises y se analiza principalmente los apoyos en los que descansa los rodamientos del eje ya que en estos se concentra toda la carga de los ejes del dispositivo.

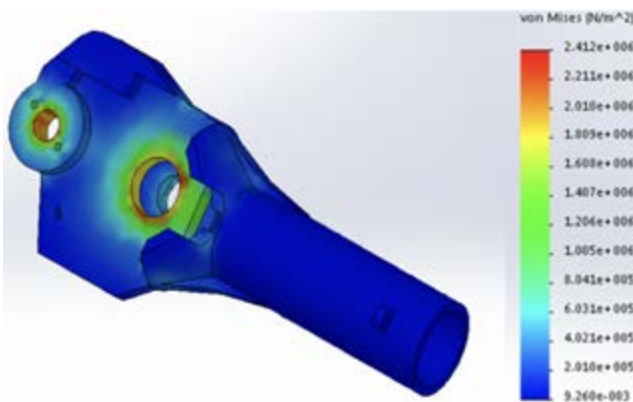


Fig. 6 Esfuerzo de von mises en la estructura

7) Sistema de seguridad

Con el fin de evitar heridas involuntarias se diseña un guante especial, utilizando los guantes de cuero comunes y revistiéndolos con filamento de acero como método de seguridad mediante el cual se permite bloquear el movimiento de la cuchilla por completo cuando sistema de control de dispositivo haya sido accionado durante un ciclo de corte, cuando la cuchilla entre en contacto con el filamento. Los guantes se diseñaron acorde a las necesidades del sector florícola ya que se manipulan tallos con espinas que pueden herir al trabajador florícola por lo cual se utilizó los guantes de cuero tradicionales disponibles en el mercado como base del diseño.



Fig. 7 Guantes de seguridad

El sistema de control se basa en una tarjeta electrónica, con un control ON – OFF para activar la fuente de tensión que energiza a un microprocesador para controlar la dirección del giro del motor, cuando el circuito eléctrico se cierra al accionar un pulsador. Por medio de la señal que emite un sensor inductivo, se puede determinar la ubicación de la hoja. El dispositivo de seguridad consta de un guante de protección, que al entrar en contacto con el filamento del conductor paraliza el sistema. Al ser una tijera sensible a la manipulación, el sistema obliga al usuario a ocupar el guante en la mano opuesta.

Para las pruebas de funcionamiento y resultados se cuenta con la ayuda de la empresa florícola Rosas Land.

3. Resultados:

Para las pruebas de funcionamiento y resultados se cuenta con la ayuda de la empresa florícola Rosas Land.

En la Tabla II se detalla los tallos cosechados en la jornada en las diferentes variedades el diámetro promedio del tallo por lo general está en proporción a la longitud del mismo.

En una jornada se ha cosechado 625 tallos además de realizar labores de limpieza de las plantas con un tiempo alrededor de 45 minutos siendo en total 5 horas de autonomía del dispositivo.



Fig. 6 Esfuerzo de von mises en la estructura

En una jornada se ha cosechado 625 tallos además de realizar labores de limpieza de las plantas con un tiempo alrededor de 45 minutos siendo en total 5 horas de autonomía del dispositivo.

Tabla II.

DATOS OBTENIDOS DE LA JORNADA DE TRABAJO

Variedad	90-80cm	70-60cm	50-40cm
	12mmø Tallos (u)	8-10mmø Tallos (u)	6-7 mmø Tallos (u)
Mondial	50	25	50
Tibet	-	75	50
Freedom	75	50	25
Pink floyd	-	50	25
Explorer	25	75	50
Total	150	225	200

4. Conclusiones:

El proyecto de investigación es de gran relevancia para la industria florícola al tener como fin principal evitar enfermedades de tipo laboral originadas por la manipulación de herramientas inadecuadas para el corte y cultivo de las rosas.

Las soluciones de ingeniería mitigan los riesgos de aparición de enfermedades laborales y la adquisición de éste tipo de dispositivos conlleva una inversión importante, lamentablemente, las empresas y los propios

empleados los adoptan cuando ya existe una lesión. La fuerza de corte de las cuchillas es de 389.77N siendo la necesaria para cortar tallos por encima de los 16mm, adicional, que como parte de diseño las cuchillas son intercambiables por la utilizadas en marcas comerciales. El rendimiento de los trabajadores no se ve afectado por el uso del dispositivo tanto en el proceso de cosecha como en el mantenimiento de las plantas.

5. Recomendaciones:

Se recomienda realizar más investigaciones a fondo acerca del método de control de los motores sin escobillas para futuros diseños ya que estos al no tener fricción por escobillas pueden brindar mayor potencia a futuras mejoras del dispositivo mostrado en este trabajo. Los engranes requeridos fueron mecanizados, para poder disminuir costos de fabricación se plantea investigar sobre nuevos métodos constructivos o materiales compuestos.

REFERENCIAS / REFERENCES:

[1] D. Mena, Efecto de un programa de pausas activas sobre los trastornos músculo esqueléticos del antebrazo y mano dominante en los trabajadores de una florícola, Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1038/1/96269.pdf>, 2015.

[2] M. Murillo, Incidencia de tendinitis de muñeca en una florícola, Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2011.

[3] Y. A. Suárez, «Caracterización de pautas de diseño de tijeras usadas por mujeres que realizan corte de rosas en cultivos de flores en la Sabana de Bogotá,» INVENTUM, vol. 11, n° 20, pp. 25-35, 2016.

[4] Sanitas, «Tendinitis de muñeca,» 5 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/Lesiones/lesion-tendinosa/tendinitis-muneca.html>.

[5] R. G. Carbonés, «Tijera de podar eléctrica con dispositivo de seguridad». España patente es1184658 u , 19 05 2017.

[6] Daniele Sarri, Stefano Gemignani, Riccardo Lischi, Marco Vieri, «A Body Impedance-Based Safety System for Electrical Pruning Tools,» CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, vol. 58, pp. 127-132, 2017.

[7] V. Z. A, «Negocios y Economía,» Ekos, n° 300, p. 255, 2019.

[8] J. A. Diego-Mas, «Hergonautas,» 20 10 2016. [En línea]. Available: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/jsi/jsi-ayuda.php>.

[9] Moore J, Garg, A., « The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders,» American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 56, pp. 443-458, 1995.

[10] C. Mateus, Manual para la adquisición de herramientas en el trabajo, bogota, 2006.

- [11] Q. L. Savedra Luis, «Análisis dinamométrico de las herramientas de corte de rosas,» 11 10 2016. [En línea]. Available: www.infopreben.com/index.php/item/.../129_c0d6cd1443f82f674dc3a09374a367eb.
- [12] O. E. D. P. MARCAS, «Solicitud de modelo de utilidad,» 28 10 2016. [En línea]. Available: http://www.espatentes.com/pdf/1047958_u.pdf.
- [13] R. G. B. J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de shigley, mexico df: mc graw hi, 2012.
- [14] R. I. Mott, Resistencia de materiales, Mexico: Pearson educación, 2009.

