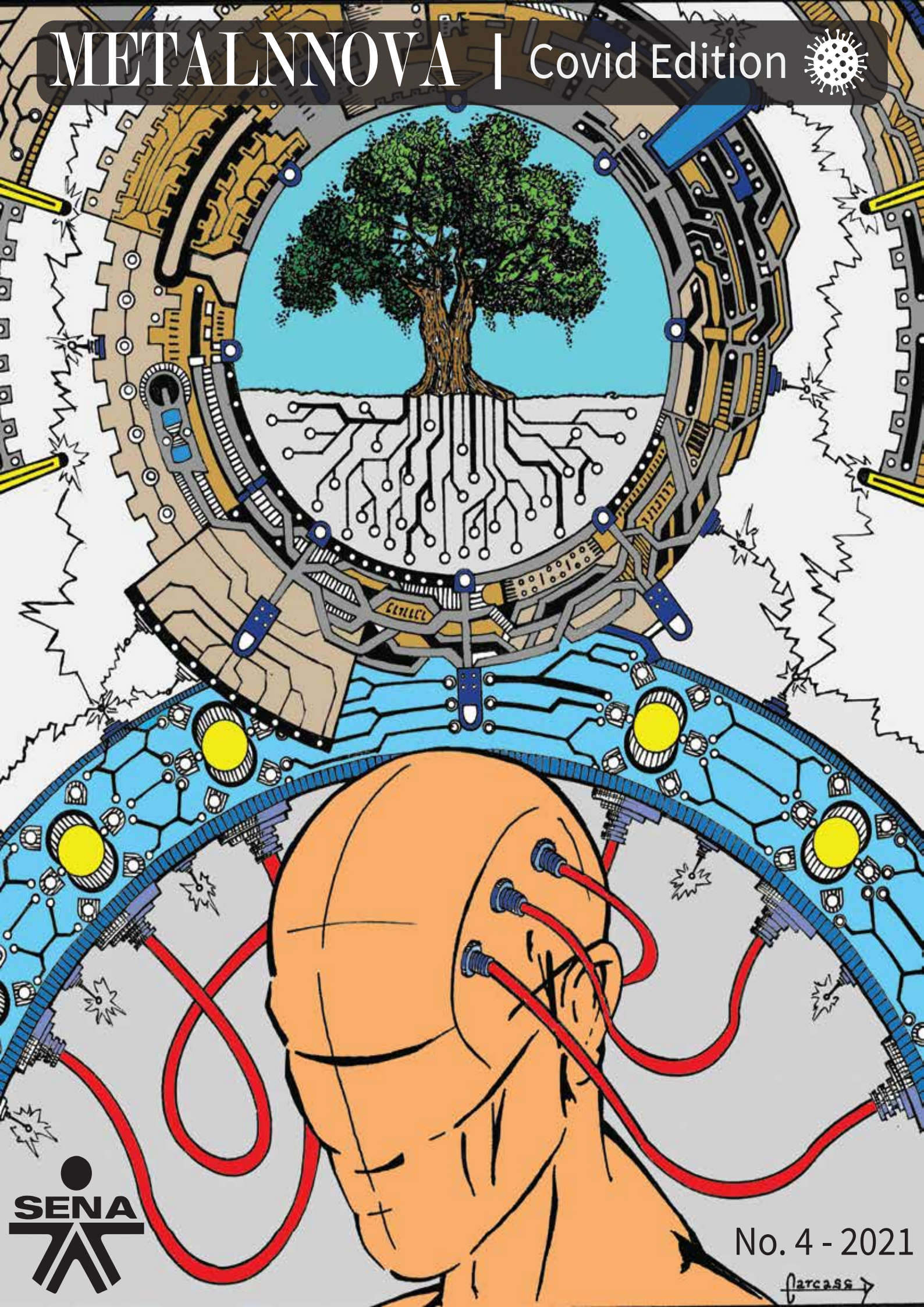


METALNNOVA | Covid Edition



Metalnova

2021

Revista Metalnova

2021
No. 4

SENA

Centro Metalmecánico
Regional Distrito Capital

Director General
Carlos Mario Estrada

**Directora de Formación
Profesional**
Nidia Jeannette Gómez Pérez

Coordinadora SENNOVA
Nancy Briceño Moreno

Subdirector
Centro Metalmecánico (E)
Alvaro Alberto Castellanos Aya

Equipo Editorial
Darwin Dubay Rodríguez Pinto
Carlos Alfonso Rodríguez Castillo
Marjorye Villabona Cárdenas



En nuestro cuarto número de la revista Metalnova, queremos exponer los resultados de proyectos de investigación, innovación, ciencia, tecnología y divulgación, donde se resalta el uso y apropiación de la tecnología, así como de buenas prácticas pedagógicas e innovadoras. Queremos que se sientan motivados a seguir el desarrollo de la ciencia y la tecnología en las áreas de productivas de la revista.

“Cuando pongo mi
mente en esto, puedo ser
un megalómano”

Bram Cohen (1975)

Contenido

	Pag.
1.Herramienta aspersora de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas con sistema de control y mando a distancia	5
2.Diseño de una prótesis transtibial con módulo electrónico y GPS	14
3.Desarrollo de un robot bípedo para fines de robótica educativa en Tecnoacademia Cúcuta	22
4.Estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos	36
5.Baterías costeras basadas en micro reactores como la décima (# 10) alternativa en energías renovables para la disminución de la huella de carbono en la región caribe colombiana	47
6.Soluciones informáticas desde el semillero de investigación TECSIS	53
7.Análisis y aplicación de herramientas para gestión del conocimiento en la educación tecnológica del SENA Distrito Capital	58
8.Con-Ciencia – caricatura	65

Herramienta aspersora de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas con sistema de control y mando a distancia

Seed spraying tool for broadcast cultivation through agricultural drones with remote control and control system

MsC. Oscar
M. Duque S
1-4

oduques@sena
.edu.co

MsC. Jorge
L. Fuentes ²

jlfuentes@sen
a.edu.co

MsC. Jair E.
Araujo ³

jearaujo@sena
.edu.co

Nicolas
Daraviña ⁴

nicolas.daravin
a@unipampl
na.edu.co

Omar
Rodríguez ⁴

omar.rodrigue
z@unipampl
na.edu.co

Juan D.
Márquez F ⁴

juan.marquez2
@unipampl
na.edu.co

¹ ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0002-4062-5588, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

³ ORCID 0000-0003-3869-950X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

⁴ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen.

La siembra por el método de voleo se trata de un tipo de siembra realizada al azar; es decir, esparciendo la semilla lo más uniformemente posible sobre el terreno; además requiere de gran cantidad de semillas y no resulta rentable para la mayoría de los cultivos. Se utiliza fundamentalmente con cultivos intensivos, sobre todo para cereales o legumbres como el arroz, el trigo, el heno, la soja, hortalizas y semillas de forestación. [12]

El presente trabajo tiene como fin diseñar el prototipo de una Herramienta que pueda esparcir semillas para la siembra por el método de voleo; la herramienta es una extensión totalmente independiente, colocada en drones de aspersión de capacidad de más de 10 litros. El prototipo, estará conformado por un sistema mecánico que permite el ingreso de la semilla que viene del tanque de almacenamiento, pasando por un conducto de detección, posteriormente, la semilla llega a la parte expulsora que será el elemento final del sistema de control donde se tendrán en cuenta la lectura de variables de algunos gases que puedan afectar al cultivo considerando el almacenamiento de datos para una posterior optimización.

Palabras Clave: voleo, semillas, optimización, gases.

Abstract

The sowing by the broadcast method, it is a type of sowing carried out at random; that is to say, spreading the seed as evenly as possible on the ground; it also requires a large quantity of seeds and is not profitable for most crops. It is used mainly with intensive crops,

especially for cereals or legumes such as rice, wheat, hay, soybeans, vegetables, and forestry seeds. [12]

The present work aims to design the prototype of a Tool that can spread seeds for sowing by the broadcast method; The tool is a totally independent extension, placed on spray drones with a capacity of more than 10 liters. The prototype will be made up of a mechanical system that allows the entry of the seed that comes from the storage tank, passing through a detection conduit, later, the seed reaches the ejector part that will be the final element of the control system where it is They will consider the reading of variables of some gases that may affect the crop, considering data storage for further optimization.

Keywords: voleo, seeds, optimization, gases.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en el año 2020 dio al descubierto su gran debilidad, por causa de la pandemia que desplazó fuera del trabajo la mano de obra por reglas sanitarias en el país. Esta debilidad hubiese sido de menor impacto, si el conocimiento de las nuevas tecnologías agropecuarias estuviese mejor explorado en el sector; la implementación de las herramientas de aspersión aérea ha demostrado un rendimiento valioso en tiempo, calidad, materia prima y costos de todos los sectores agropecuarios, además, está en pro de la reforestación, usando un medio que esparce las semillas en lugares inaccesibles. Lo que más resalta esta herramienta de aspersión aérea es la ausencia de mano de obra en los procesos. A demás en este sector, la problemática ambiental que causa la deforestación es un tema de alta criticidad en la Tierra y la actividad de reforestación de ciertos lugares es casi

nula para el hombre, debido a la ubicación de las zonas, siendo peligrosa e inaccesible esta actividad.

El prototipo que se propone estará en la capacidad de:

- Mejorar los tiempos de aspersión de la semilla que estará sujeta a la capacidad de respuesta de la herramienta y del dron
- Mejorar la calidad de la siembra por su uniformidad de riego
- Consumo de menor materia prima por su capacidad de riego y bajo costos en: producción, mano de obra y compra de la herramienta para los agricultores que posean estos drones agricultores, así pues, fortaleciendo en gran manera estos procesos agrícolas.

II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

A. Problema

La pandemia reveló que el campo es un sector esencial para la seguridad alimentaria Nacional porque fue el responsable de garantizar los alimentos aún con la crisis mundial. Para el último trimestre del año pasado, la informalidad laboral en general para el país fue del 52%.

En el campo la tasa de informalidad laboral es del 86%, dato que permite afirmar que no existen garantías fundamentadas en un marco legal cómodo para el trabajador ni el contratista [10].

Cabe recalcar que con el desplazamiento de la mano obra a causa de la pandemia, se reveló la baja productividad en el sector agropecuario, dando al descubierto la poca investigación de este sector en muchos aspectos de producción y calidad.

El problema de la deforestación es una actividad humana que conlleva a un proceso de destrucción indiscriminada de los árboles, bosques y recursos forestales que existen en la Tierra. En este sentido, la deforestación tiene sus causas principales por la actividad humana, la agricultura y la industria de madera para la fabricación de papel a partir de recursos forestales que requieren de la tala de árboles [3];

La deforestación en 2019 alcanzó 158.894 hectáreas, es decir 38.265 hectáreas menos que en 2018. La Amazonía evidenció la mayor disminución en pérdida de bosque y aunque pasó de representar el 70% en 2018 al 62 % en 2019, la cifra todavía preocupa [11].

Los cambios climáticos e incendios forestales en zonas inaccesibles como la Amazonia dificultan la reforestación, además de que existe poca mano de obra voluntaria dispuesta a recuperar estas zonas que requieren de una atención pronta.

Determinar que la agricultura contemporánea enfrenta numerosos retos relacionados con la efectividad de la fertilización y su precisión, la numerosa contratación de

mano de obra para la siembra y aplicación de fertilizantes, entre un sinnúmero de retos más a mencionar. La aplicación de las nuevas tecnologías como los drones son muy acogidas en el sector agropecuario, pero se tiene la limitante de que no existen diferentes herramientas versátiles para la siembra de cultivos, a la cual se propone una solución con este prototipo de herramienta para drones.

B. Justificación

La deforestación es un tema de alto impacto para el planeta, en los últimos tiempos; la inaccesibilidad de terrenos devastados por los incendios de diversos territorios del planeta (como en la región Amazónica), restringe la reforestación. Por ello, se propone una respuesta al limitado catalogo de herramientas para drones agricultores, que busca por medio de materiales duraderos, ligeros y de bajo costo mejorar los procesos de siembra y forestación a los agricultores.

Las semillas que se usan para la forestación usualmente son de gran tamaño, la herramienta tendrá la capacidad de cambiar tanto los parámetros de control como los parámetros físicos para poder esparcir estas semillas.

Los agricultores que usan drones se limitan mucho a las marcas de drones, pues la herramienta de una marca no le sirve a otra. En el presente trabajo se diseña una herramienta que se adapta a la mayoría de los drones para siembra por voleo de bajo costo en comparación con las limitantes marcas, teniendo la posibilidad de cambiarle a la herramienta algunos aspectos para que pueda esparcir diferentes tipos de semillas, de tal manera que sea versátil.

III. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

A. Objetivo General

- Diseñar el prototipo de una herramienta genérica para drones de agricultura de capacidad de más de 10 Kg, para la aspersión de semillas por el método de voleo.

B. Objetivos Específicos

- Investigar las diferentes herramientas utilizadas en los drones para el sector agropecuario
- Establecer los criterios de diseño desde la disciplina mecánica, electrónica, de control y comunicación para el riego de semillas desde un dron.
- Diseñar desde la perspectiva de las disciplinas electrónica, mecánica, de control y comunicación las diferentes partes de la herramienta.
- Seleccionar los elementos requeridos para la transmisión, control, monitoreo de la herramienta y material de las partes mecánicas.
- Realizar un análisis de optimización por hectárea de la aspersión de las semillas.

- Formalizar la documentación necesaria mediante manuales de usuario y ficha técnica de la herramienta.

C. Metodología

Como metodología se usaron diversos componentes básicos para emular de modo similar el comportamiento real de los componentes que se usaron en este proyecto. Posteriormente se utilizó el programa CAD de SolidWorks 3D, para la realización de las piezas y ensambles de la Herramienta. Para el control del motor se utilizó la herramienta Simulink de Matlab, de manera que se pueda tener una simulación muy cercana a la vida real.

D. Antecedentes

En el 2020, la compañía DJI, creó el sistema de esparcimiento de la serie T, es compatible con los aviones de la serie T de Agras y ofrece operaciones de esparcimiento eficientes, confiables y estables. El sistema de entrega de material está controlado con precisión por el dispositivo de agitación incorporado y la compuerta de la tolva, que puede prevenir bloqueos de material y mejorar la precisión y confiabilidad operativa. [7]

El sistema de la compañía DJI de la serie T, aportó al prototipo la idea del disco giratorio con cavidades o rejillas y la idea de desacoplo del disco y la tolva, como se muestra en la Figura 1.

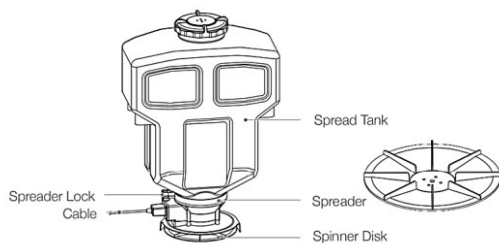


Figura No. 1: Sistema de aspersión DJI. Fuente: [11]

En el 2020 la compañía EFT, creó el Spreader V2.0 con un sistema de esparcimiento que adopta un tendido de 360° y el área de aspersión máxima de descarga se ha aumentado a 23 cm cuadrados, lo que mejora en gran medida la eficiencia de esparcimiento.

El sistema de la compañía EFT, Spreader V2.0, aportó al prototipo la idea de manejar la dispersión de semillas de 360° para una mayor eficiencia, la idea de manejar la modulación por ancho de pulso PWM fue un factor importante para el control motor, para poder hacer el control PID en términos de RPM, ya que se sabe que el Spreader V2.0 tiene una velocidad máxima de 1100 RPM y eso en distribución de semilla traduce a 12 metros de alcance de semilla de manera radial. [2]

1. Dispositivo de almacenamiento de la semilla

Se realiza un estudio de las diferentes medidas de los tanques de almacenamiento de los diversos drones en el mercado, para tener una visión de las medidas promedio de estos, con este estudio se ajustaron las medidas de la tolva, como se muestra en la Figura 2.

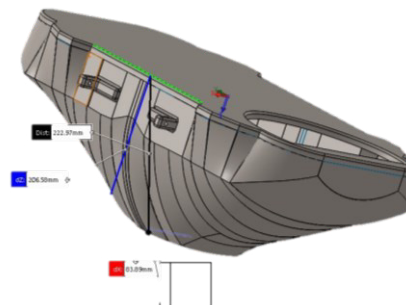


Figura No. 2: Tanque de almacenamiento de la semilla. Fuente: Propia

La capacidad de carga de la unidad es máxima de 10 Kg, a su vez el tanque cuenta con un sistema de apertura mecánico tipo diafragma, el cual nos ayuda al control de flujo de la semilla que sale de la tolva.

Al ser el mercado de drones en su medida, amplio, se implementó un sistema de acoplo a la estructura del tren de aterrizaje de la mayoría de los drones, como muestra la Figura 3, siendo este un sistema articulado.



Figura No. 3: Sistema de acoplamiento del tanque a trenes de aterrizaje en drones. Fuente: Propia

2. Disco giratorio (sistema de aspersión)

El sistema de giro se basa en la combinación de engranajes cónicos, formando 90 grados, transmitiendo la velocidad y la fuerza del motor al disco. Teniendo en cuenta la velocidad del motor con un control PID, se puede controlar la fuerza centrífuga de las semillas, haciendo que estas alcancen una longitud de riego óptimo, como muestra la Figura 4.

En conjunto con el sistema de apertura de la tolva y el control del motor, se puede lograr un control de la cantidad de semillas que se pueden regar.

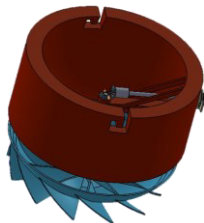


Figura No. 4: Sistema de esparcimiento de semillas (Disco giratorio). Fuente: Propia.

3. Sistema de comunicación

Se realizó la comunicación por medio de radio frecuencia, RF, utilizando el moduro transeptor NRF24L01, como se muestra en la Figura 5, los 6 canales de comunicación.

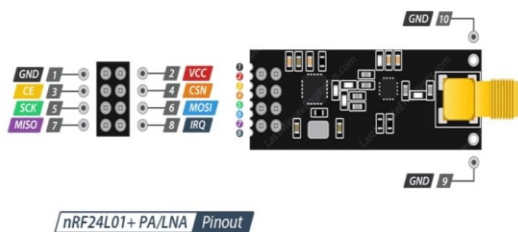


Figura No. 5: Transeptor NRF24L0. Fuente: Aranacorp

Con la utilización de un Arduino Uno, se realizó la comunicación de la herramienta y el sistema de control en tierra, la conexión es igual para ambas partes, como muestra la Figura 6.

4. Sistema de apertura tipo Diafragma

El diafragma es un dispositivo que tiene la capacidad de regular la cantidad de luz que entra a la cámara. Suele ser un disco o sistema de aletas dispuesto en el objetivo de una cámara, de tal forma que limita la cantidad de luz que llega hacia el medio fotosensible en la cámara, generalmente de forma ajustable.

Otro uso, mecánico, es el control de flujo, en este caso no de luz, sino de semillas, como en la Figura 7. Al ser un sistema bastante confiable y de precisión es considera adecuado para la herramienta de aspersión diseñada.

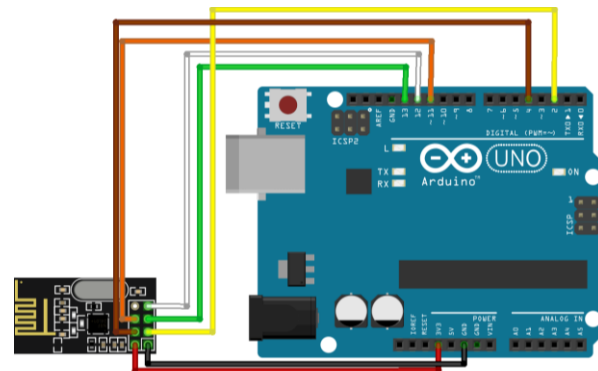


Figura No. 6: Conexión NRF24L01 al Arduino UNO. Fuente: Propia

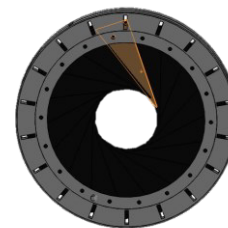


Figura No. 7: Sistema mecánico tipo Diafragma para el paso de la semilla de la tolva al sistema de aspersión. Fuente: Propia

5. Control PID del motor

Se utiliza un controlador PID para la implementación del motor ya que el control PID, en la Figura 8, proporciona un tratamiento tanto para la respuesta de estado estacionario como la respuesta transitoria, y ofrece una solución genérica y eficiente a los problemas de control del mundo real.

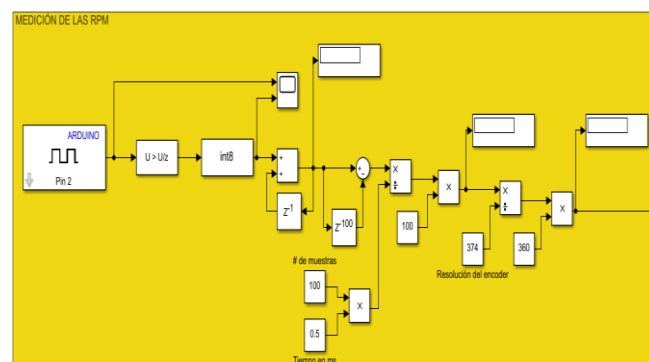


Figura No. 8: Cálculo de las RPM del motor de aspersión. Fuente: Propia

En la imagen anterior se evidencia la implementación en Simulink para el cálculo de las RPM del motor, En la figura 9, se determina el número de muestras y el tiempo que se desea calcular.

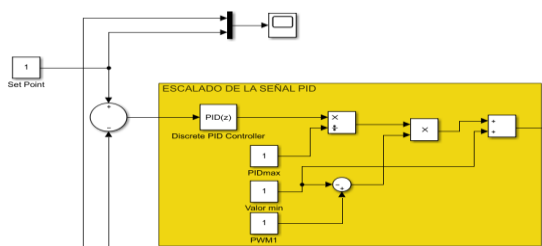


Figura No. 9: Cálculo por bloques del número de muestreo y el tiempo. Fuente: Propia

En el escalonamiento de la señal PID se realiza el cambio del set-point al valor que se desee. La operación que se realiza para calcular este escalonamiento se muestra en la Ecuación 1.

$$Valor = Valor_{Min} + (PWM - Valor_{Min}) * \frac{PID}{PID_{MAX}} \quad (1)$$

Ecuación 1 Escalonamiento

6. Lectura de gases y temperatura

Para la lectura de los gases (Calidad de Aire, CO₂, CO, Alcohol, NH₄, Tolueno, Acetona), se utilizó el sensor MQ-135 en la Figura 10, para los gases (LPG, CO, CH₄) se utilizó el sensor MQ-9 (Figura 10), para el monitoreo de los gases de efecto invernadero que afecten al cultivo, teniendo en cuenta solo los gases de CH₄, CO, CO₂, teniendo la posibilidad de hacer un estudio del terreno al que se desea sembrar.



Figura No. 10: Sensor MQ-9 y MQ-135. Fuente: Propia

En la Figura 11 se observa la conexión de los módulos al Arduino Uno.

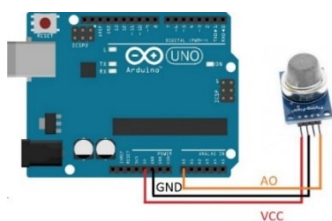


Figura No. 11: Conexión sensor MQ a Arduino UNO. Fuente: Propia

7. Características a tener en cuenta para el acoplo de la herramienta

La herramienta ensamblada tiene una longitud de 42 centímetros, como se ilustra en las Figuras 12 y 14, lo que

indica que, si el tren de aterrizaje es más angosto, se tendrá que separar el tanque del sistema giratorio y posteriormente acoplarse con el dron a una altura adecuada, dependiendo de la altura del operador como en la figura 13.

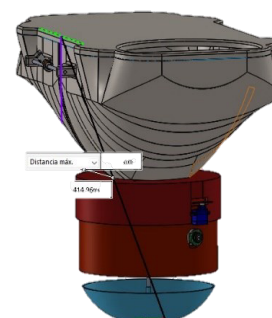


Figura No. 12: Altura de la herramienta ensamblada. Fuente: Propia

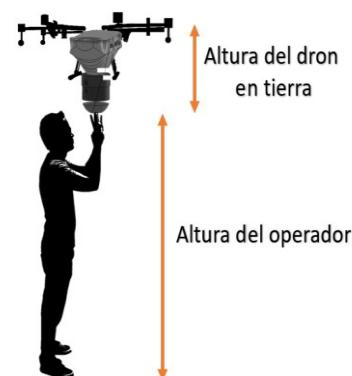


Figura No. 13: Posición y altura adecuada para el ensamblaje del disco giratorio con el dron en funcionamiento. Fuente: Propia

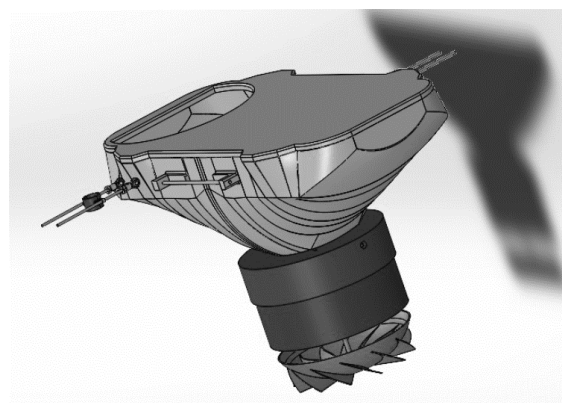


Figura No. 14: Diseño final de la herramienta de aspersión por voleo

8. Interfaz HMI

Para la visualización de las diferentes variables, se optó por una matriz led de 8x8, como se muestra en la Figura 15,

en la cual se puede observar los diferentes niveles de las variables.



Figura No. 15: Módulo Matriz LED 8x8 MAX7219. Fuente: [13]

Para indicar los diferentes niveles, se establecen los siguientes nombres para cada una de las variables:

1. Nivel de CO (C)
2. Nivel de CO₂ (D)
3. Nivel de CH₄ (E)
4. Apertura de la tolva (F)
5. Velocidad del motor (H)

En la figura 16, se realizó el siguiente orden de visualización:

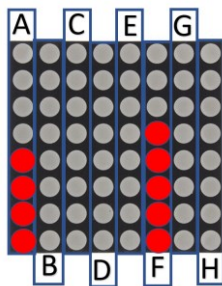


Figura No. 16: Indicadores de las variables de control y recepción de la Herramienta. Fuente: Propia

9. Conexiones receptor y transmisor

El control de las variables de: Velocidad del motor como se muestra en la figura 17 y apertura de la tolva se alteran con potenciómetros analógicos.

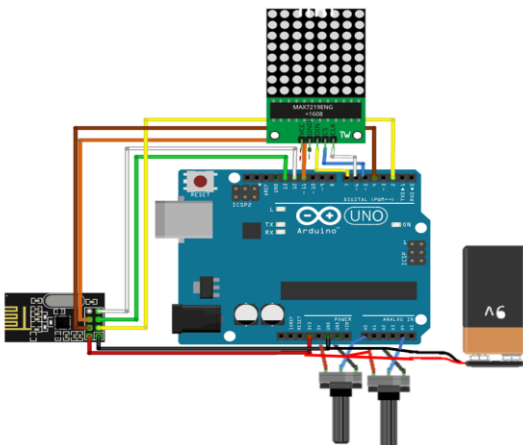


Figura No. 17: Conexión del receptor. Fuente: Propia

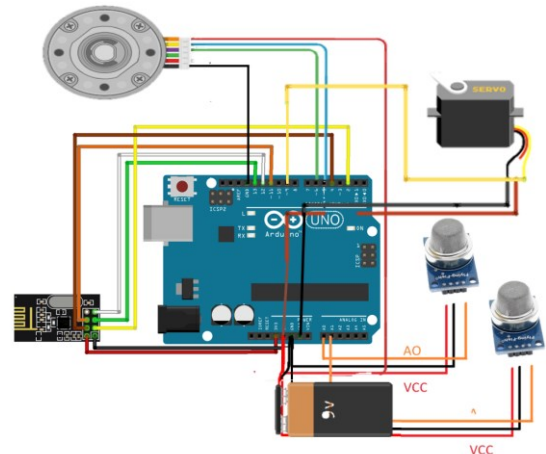


Figura No. 18: Conexión del transmisor. Fuente: Propia

La apertura de la tolva se realiza por medio de un servo motor, como se muestra en la Figura 18.

Las figuras 19 y 20, ilustran el prototipo real del sistema desarrollado de la herramienta aspersora de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas con sistema de control y mando a distancia.

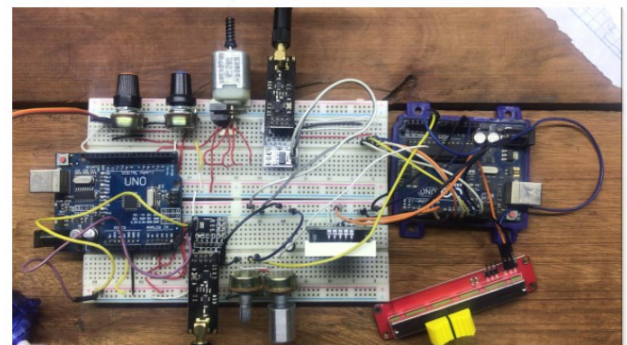


Figura No. 19: Sistema electrónico de comunicación por medio del módulo Transceptor Rf Nrf24l01.

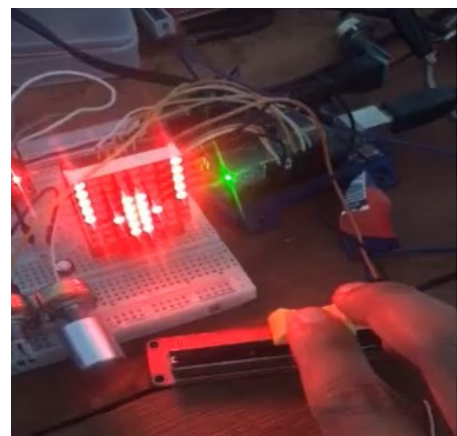


Figura No. 20: Demostrando el correcto funcionamiento del prototipo funcional

10. Deforestación

La deforestación es la pérdida de bosques y selvas debido al impacto de actividades humanas o causas naturales.

Existe un método práctico llamado Nendo Dango, que se basa principalmente en la filosofía de dar y recibir de forma natural, en lugar de exigir a la Tierra hasta agotarla.

Consiste básicamente en una técnica donde se encapsulan las semillas seleccionadas con arcilla, como en la figura 21, la cual actuará como un escudo protector que proporcionará el medio adecuado para que tu semilla germine, sin que las aves se la coman cuando sean expandidas por la tierra.



Figura No. 21: Semilla de reforestación. Fuente: [8]

Estas bolas de arcilla permitirán sustituir el arado y trabajar los suelos desde una perspectiva consciente hacia el cuidado del medio ambiente, ya que se evita todo tipo de intervención para que la naturaleza siga con su curso natural, ya que, al no arar, el suelo mantiene su composición con sus características óptimas.

De la misma forma, no se ocupan abonos ni fertilizantes puesto que, mediante la interacción de los diferentes elementos botánicos, animales y minerales del suelo, la fertilidad del terreno de cultivo se regenera como en cualquier ecosistema.

Y es que el Nendo Dango no solamente tiene un propósito en la agricultura natural, sino que cumple un rol importante en la reforestación, ya que muchas personas y/o fundaciones han optado por esta sencilla y económica práctica como vía para plantar árboles en lugares deforestados. [8]

Es posible adaptar la herramienta para esparcir este tipo de semillas de diámetro grande, tan solo resta quitar el mecanismo del disco giratorio y controlar la apertura de la tolva para que pueda liberar cierta cantidad de semilla.

Asimismo, teniendo en cuenta las semillas que se pueden sembrar por el método de voleo, de acuerdo con su diámetro las semillas y a la cantidad de semillas por hectárea para esta forma de siembra son

- Perejil: 3 a 5 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3-4 mm.
- Rabanito: 10 a 12 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3 a 3.5 mm.

- Arroz: 130 kilogramos por hectárea, él tiene una longitud del grano de más de 5,2 mm, pero no más de 6,0 mm y una relación longitud/anchura de menos de 3.
- Locoto: de 5 a 6 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 5 cm.
- Tomate: 0.20 a 0.40 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3 cm hasta 16 cm.
- Pasto: 650 a 800 kg kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 2 a 3 mm.

Por esta razón, el alcance de cada semilla a sembrar, como se muestra en la figura 21, por el método al voleo dependerá del motor que se vaya a utilizar para esparcir estas, sabiendo que este estará sujeto a cambios, hasta obtener un buen rango de trabajo, por lo cual, al no poder hacer las pruebas requeridas para dicha labor, el rango máximo estimado de trabajo será de 4 metros de radio, desde donde se lanza, tomando a consideraciones las diferentes variedades de semillas a plantar previamente dichas.

11. Recomendaciones de evolución a un prototipo 2.0

1. En la actualidad los drones mejoran sus capacidades, en cuanto al mando a distancia, teniendo la posibilidad de controlar más variables, por medio de los diferentes canales disponibles en el receptor que incluye el mando a distancia. Usualmente los drones que cumplen funciones agrícolas solo necesitan de 6 a 9 canales de comunicación. En el mercado actual, los controles RF, no solo han aumentado la capacidad de distancia, sino que también pueden tener hasta 10 canales de comunicación, dando paso a la posibilidad de controlar por medio del mando, las variables de la apertura de la tolva y la velocidad del motor.
2. La interfaz HMI, junto con la mejora antes mencionada, se puede cambiar la manera de visualización a una pantalla LCD, para poder mostrar a detalle las variables.
3. Teniendo en cuenta la toma de datos de calidad del aire, y de efecto invernadero, podemos almacenar los datos recolectados de estos sensores para realizar un estudio de la zona o región en donde se está implementando esta herramienta, para tener mejor calidad de los datos de la zona más afectada por estos gases que en su momento son nocivos para el cultivo.

E. Análisis Costo Beneficio.

Aclaraciones respecto al análisis costo beneficio

- Se realizaron 3 análisis costo beneficio.
- En los dos primeros se realiza un análisis considerando la fabricación del producto sobre pedidos.

- En el último análisis se revisó la oferta del servicio haciendo una inversión de dos unidades y analizando el mercado actual del mismo, en zonas agrícolas, teniendo en cuenta algunos viáticos y daños mes a mes de la Herramienta.
- Las proyecciones se hicieron a 1 año.

Decisión de inversión ASPERSION por meses con flujo de caja					
Nombre del proyecto a Evaluar	aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas		total	\$1.500.000
Tasa de descuento	5%	5%			
Periodo	aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas		aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas
0	Flujo de Fondos	Flujo de Fondos		TIR	5,40%
1	\$1.000.000	-\$13.000.000		VAN	\$ 294.877,45
2	\$1.500.000	\$3.000.000		TIR	12,63%
3	\$1.500.000	\$3.000.000		VAN	\$ 2.227.076,20
4	\$1.500.000	\$3.000.000			
5	\$1.500.000	\$3.000.000			
6	\$1.500.000	\$3.000.000			
7	\$1.500.000	\$3.000.000			
8	\$1.500.000	\$3.000.000			
9	\$1.500.000	\$3.000.000			
10	\$1.500.000	\$3.000.000			
11	\$1.500.000	\$3.000.000			
12	\$1.500.000	\$3.000.000			

Figura No. 22: Análisis costo beneficio vendiendo el producto
Fuente: Propia

Nombre del proyecto a Evaluar	aspiracion com.	viaticos Mes a mes	\$320.000	total	\$1.080.000
Tasa de descuento	6%	Cantidad por mes	\$1.400.000		
Periodo	aspiracion com.	ganado mes - T descuento		aspiracion com.	
0	Flujo de Fondos			TIR	7,13%
1	\$1.080.000	\$760.000		VAN	\$ 3.371.721,95
2	\$1.080.000	\$760.000			
3	\$1.080.000	\$760.000			
4	\$1.080.000	\$760.000			
5	\$1.080.000	\$760.000			
6	\$1.080.000	\$760.000			
7	\$1.080.000	\$760.000			
8	\$1.080.000	\$760.000			
9	\$1.080.000	\$760.000			
10	\$1.080.000	\$760.000			
11	\$1.080.000	\$760.000			
12	\$1.080.000	\$760.000			

Figura No. 143: Análisis costo beneficio ofreciendo el servicio de aspersión. Fuente: Propia

Para el tercer análisis se realizó la siguiente tabla que estima los gastos con respecto a los viáticos y a los costos por daños durante el mes.

dinero para daños mes a mes	viaticos mes	gastos
1	\$20.000	\$300.000
2	\$20.000	\$300.000
3	\$20.000	\$300.000
4	\$20.000	\$300.000
5	\$20.000	\$300.000
6	\$20.000	\$300.000
7	\$20.000	\$300.000
8	\$20.000	\$300.000
10	\$20.000	\$300.000
11	\$20.000	\$300.000
12	\$20.000	\$300.000

Figura No. 24: Tabla de gastos. Fuente: Propia

En las figuras 22 a la 24, se realizaron los análisis basados en valor actual neto (VAN) correspondiente a \$ 5.343.453,79 de pesos colombianos y la tasa interna de retorno (TIR) de 8,02%, estos evaluados bajo el 6% de tasa de descuento, asimismo, se puede decir que se obtuvo que la rentabilidad del proyecto actual es viable si se hace la prestación del servicio, se empieza a recuperar el dinero en un lapso de 5 meses, resaltando que esta herramienta disminuiría dinero en cuanto a la mano de obra y perdidas por repetibilidad en la aspersión de semillas.

La mejora proyectada de acuerdo con los resultados obtenidos, se enmarcan en cuanto a la mejora en la

repetibilidad en el proceso de aspersión de las semillas aumentando los índices de repetibilidad en cuanto a la aspersión acertada, mencionando que la herramienta desarrollada que proyecta mejorar en la velocidad de dispersión que es de 15 kg/min, confrontando con la siembra directa y tradicional que se realiza con granos de 0,5-5 mm de tamaño, también este prototipo propone un funcionamiento aproximadamente mayor a 70 veces más rápido que las operaciones tradicionales de aspersión.

El prototipo tiene un valor aproximado de \$ 1.008.145,00 de pesos colombianos, sin tener en cuenta imprevistos en la ejecución del proyecto, analizando los prototipos del mercado con los métodos tradicionales, su beneficio se recuperaría en 5 meses, lo que será poco tiempo para visualizar en tiempo real las ventajas de un sistema aspersor de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas bajo un sistema de control y mando a distancia, que mejoraría la aspersión de semillas en tiempos de sequía o lluvias en los campos y terrenos aptos para la siembra.

IV. CONCLUSIONES

En cuanto a la adaptabilidad de la herramienta a los diferentes drones del mercado, se cuenta con la posibilidad de utilizar los diferentes canales que no utiliza el mando a distancia del dron para poder controlar las diferentes variables de la herramienta permitiendo que solo se haga la toma de datos en la interfaz HMI de los diferentes sensores y la controlabilidad del motor y la apertura de la tolva se haga por medio del control que usa el dron.

Para la toma de datos se pudo observar por medio de pruebas e investigación (Datasheet), que los sensores MQ deben pasar por un proceso de iniciación para lograr tomar medidas exactas, esto nos constituye un problema a la hora de poner el mecanismo en funcionamiento en términos de eficiencia.

La mayoría de las herramientas de aspersión de semillas en el mercado, se limitan a dispersar las semillas en un Angulo total de 360°, lo cual desaprovechan el alcance al que puede llegar la semilla, como se puede evidenciar en los antecedentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ambientales, M. (2018). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Obtenido de Ambientales.Info
- [2] Effort-tech (2020). SPREADING SYSTEM V2.0.
- [3] Encolombia (2021). El problema de la Deforestación.
- [4] González, G. (2016). ¿Por qué es Arduino útil y qué se puede crear con él? Obtenido de blogthinkbig.com
- [5] H. A. Solórzano-Plaza, C. C. Torres-Estacio, J. S. Hernández Martínez. (2018). Diseño de un robot aéreo móvil con un sistema de sensores inalámbricos para el monitoreo de gases tóxicos en el exterior de la refinería estatal de Esmeraldas. Polo del Conocimiento.

- [6] Hernández, S. (2017). Minambiente. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res-2254-de-2017.pdf>
- [7] Hobby Tuxtla (2020). Agras T20: Dron para fumigación y aspersión de 20L.
- [8] Landerasur (2019). Nendo dango, el poder de lo simple en la agricultura natural
- [9] Llamas, L. (2016). Detector de gases con Arduino y familias MQ. Ingeniería, Informática, Diseño.
- [10] LR La República (2021). “El campo debe tener régimen laboral propio, que permita contratos de trabajo por horas”.
- [11] Mongabay (2021). Colombia: el 62% de la deforestación de 2019 se concentró en la Amazonia.
- [12] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021) Mecanización Agrícola Sostenible. Obtenido de AMBIENTALES.INFO
- [13] Programarfácil (2020). Matriz LED con Arduino MAX7219 MAX7221.
- [14] Robots-argentina (2020). Arduino: Comunicación inalámbrica con NRF24L01
- [15] Vargas, M. (2015). Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación. Revista Tecnológica e Innovación.

Diseño de una prótesis transtibial con módulo electrónico y GPS

Design of a transtibial prosthesis with electronic module and GPS

MsC. Oscar M.
Duque S ¹⁻³

oduques@sena.edu.
co

MsC. Jair E.
Araujo ²

jearaujo@sena.edu.c
o

Brannif Z.
Cañizalez G ³

[brannif.canizalez@u
nipamplona.edu.co](mailto:brannif.canizalez@unipamplona.edu.co)

Jorge M. Ortiz ³

jorge.ortiz2@unipa
mplona.edu.co

Jesus D.
Peñaloza C. ³

jesusdavidpianista@
gmail.com

¹ ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0003-3869-950X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

⁴ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen: El presente artículo está relacionado con el proyecto de investigación, se presenta el desarrollo de una prótesis transtibial con módulo electrónico. Como primera etapa la construcción de este equipo se requirió iniciar con la búsqueda de información en diversas fuentes referentes a la robótica médica y el desarrollo de robots de rehabilitación, para seleccionar los elementos de instrumentación, procesamiento, visualización y materiales necesarios para el proyecto, el trabajo se enfocó finalmente en la simulación de la extremidad inferior con módulo electrónico. La segunda etapa fue establecer el enfoque eléctrico y electrónico, que permitió la obtención de estos datos. Se usó como base la tarjeta de Arduino por su fiabilidad de uso en términos de tamaño, conexión con sensores, costo y demás aplicaciones.

Para lograr el objetivo y resultado final se recurrió a las diversas herramientas computacionales necesarias para su diseño, modelado y construcción simulada, que posteriormente permitió realizar la construcción del diseño final de la prótesis de extremidad inferior con módulo electrónico el cual se presentará en este trabajo.

Palabras Clave: Prótesis, Miembro Inferior, Amputación, Accidente, sensor

Abstract

This article, whose research project, presents the development of a transtibial prosthesis with an electronic module. As a first stage, the construction of this equipment was required to start with the search for information in various sources related to medical robotics and the development of rehabilitation robots, to select the elements of instrumentation, processing, visualization and materials necessary for the project, the work finally focused on the simulation of the lower limb with an electronic module. The second stage was to establish the electrical and electronic approach, which allowed obtaining these data. The Arduino board was used as a basis for its reliability of use in terms of size, connection with sensors and cost and other applications.

Finally, the data obtained throughout the work was organized, where the various computational tools necessary for its design, modeling and simulated construction were used, which later allowed to carry out the construction of the final design of the lower limb prosthesis with an electronic module. which will be presented in this work.

Keywords: Prosthesis, Lower Limb, Amputation, Accident, sensor

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay muchas personas que carecen de alguna de sus extremidades en el cuerpo debido a amputaciones por accidentes o debido a alguna malformación en la etapa de gestación que produce que la persona nazca así.

Colombia es un país con una población aproximada de 50.374.000 personas las cuales el censo 2018 del DANE captó a 2.624.898 las cuales el 6,1% (1.601.187) personas que refirieron tener alguna discapacidad relacionada[1].

En accidentes de trabajo en industria en el 2019 se atendieron a 40.982 de personas los cuales un promedio aproximado de 2.700 pacientes tuvo que ser amputadas sus extremidades inferiores [1].

En accidentes de tránsito en el 2019 se atendió a más de 5 millones de personas los cuales 1.290 pacientes tuvieron que ser amputadas sus extremidades inferiores [1].

En las prótesis convencionales generalmente trae un solo uso, que permite al usuario volver a tomar la marcha humana como lo solía hacer antes, pero a la hora de correr a altas velocidades no genera una optimización, debido a que puede lastimar o en ciertos casos dañarse por la fuerza generada.

En los últimos años la industria protésica ha experimentado un salto gigantesco en el desarrollo de elementos y mecanismos artificiales, que cumplen la misma función que las piernas humanas naturales, lo que les ha permitido ejecutar casi cualquier actividad a través de prótesis especializadas para distintas partes del cuerpo. Sin embargo, uno de los aspectos limitantes ha sido el costo de manufactura de estos elementos, el cual cada día se reduce progresivamente, con lo cual se posibilita que el acceso pueda ser masivo.

La evolución constante del diseño extremidades inferiores que se ha realizado en las últimas décadas ha permitido cada vez acercarse un poco más a la completa simulación del miembro humano como dispositivo mecánico, desarrollándose a lo largo de este trayecto técnicas cada vez más sofisticadas y precisas, dispositivos que reaccionan inmediatamente frente a súbitas fuerzas externas, y mecanismos cada vez más similares a las estructuras biológicas que componen una extremidad inferior humana promedio [2].

La aplicación de componentes electrónicos y tecnología al prototipo que se realizará se basa en las necesidades y acciones cotidianas. Insertando un panel electrónico de control en el que se pueda obtener información sobre la frecuencia cardíaca, pulso del usuario, estado del clima diario en llegado caso de que se vaya a utilizar para actividades deportivas, un sistema de GPS, recordatorios, y algunas funcionalidades más.

El elevado costo de los materiales para realizar una prótesis de pierna influye en la construcción, por ende, se planteó el uso de materiales con un menor valor comercial y que puedan brindar el mismo uso para la persona que lo necesite [3].

Sin duda el avance tecnológico que ha tenido el campo de desarrollo en extremidades inferiores ha sido enorme, lo cual ha permitido poco a poco adaptar sus innovaciones al desarrollo de prótesis de piernas robóticas, campo de investigación que en comparación en estos momentos se ha visto limitado por diversos factores tales como el tipo de uso que se le dará al dispositivo, el tamaño, peso y forma del mecanismo el cual cambia de persona a persona, o la complejidad del sistema de control y procesamiento de datos para generar una respuesta, y el factor más importante, la simulación de la respuesta sensitiva pérdida después de la amputación del miembro. Por esta razón en los últimos años se ha buscado atacar el problema desde un punto de vista del paciente más que de la solución de ingeniería que puede suponer el desarrollo de una extremidad inferior robótica. Ya que finalmente es el propio paciente el encargado de determinar que una prótesis de extremidad inferior sea adecuada para él o no [4].

Desde este punto de vista la simplificación de los diversos subsistemas que componen una pierna humana permite obtener diseños en los cuales la prótesis de extremidad inferior es bastante parecida al miembro perdido, sin que la complejidad que pueda resultar de adoptar esta solución sea alta, es decir el costo-beneficio entre las características que se pierdan al simplificar un dispositivo no deben de verse comprometidas por la complejidad del diseño del mismo.

II. METODOLOGÍA

Para la investigación del proyecto se utilizó el método empírico analítico ya que se profundizó en el estudio de los desarrollos que se han hecho sobre las prótesis, especialmente de extremidad inferior.

En la búsqueda de información pertinente a la marcha humana y demás procesos, a fin de lograr un entendimiento claro y preciso de lo relativo al movimiento del pie, utilizando fuentes bibliográficas científicas, hospitales donde se hayan tratado personas con amputaciones, artículos médicos, artículos científicos y proyectos o tesis donde el tema principal sea las prótesis de extremidad inferior [5].

Mahavir Kmina es un proyecto nace como iniciativa de un industrial antioqueño que anhela crear una fábrica de prótesis de piernas para víctimas de la violencia en Colombia la cual esta activa en el año en curso 2021.

Prótesis prosthesis leg 2021, universidad Nacional con el proyecto “Give me five” una organización sin ánimo de lucro ligada a la red e-NABLE enfocada en temas de biomecánica e impresión 3D, las diferentes prótesis que se realicen deben estar verificadas por profesionales de la salud, terapeutas, fisioterapeuta, fisiatra y colaboración de un profesional en psicología.

Para el desarrollo de la prótesis de extremidad inferior con módulo electrónico y GPS se clasificó mediante la realización de una matriz de selección el material de fibra de carbono el cual fue adquirido con otros materiales por medio de sus propiedades mecánicas [6].

Instrumentación con Fibra de Carbono - Quadcarbon.

Este material compuesto hecho con fibras sintéticas y varias resinas mantiene una baja densidad y gran resistencia para ser el ideal al momento del desarrollo de la prótesis y sus componentes [7].

Desarrollo Sensor DHT11 - Okystar Technology Co.

Este sensor de temperatura y humedad conocido como DHT11, fabricado por Okystar Technology Co. ideal debido a su calidad tanto funcional como de durabilidad y ergonomía ver Fig. 1.

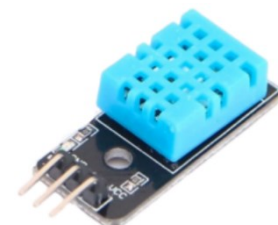


Figura No. 1: Sensor DHT11. Fuente: IEEE.ORG- retomada por Sigma electrónica

Desarrollo con Max30100 - Wearable Healt.

Este sensor de Pulso Cardíaco y medida de saturación de oxígeno conocido como Max30100, fabricado por Wearable Healt es ideal debido a su calidad tanto funcional como de durabilidad y ergonomía, ver Fig. 2 [8].



Figura No. 2: Max30100 Fuente: Components 101

Procesamiento – ARDUINO MEGA 2560

Para el procesamiento se escogió la Arduino Mega, dado que cuenta con los requerimientos de este proyecto adoptados por la matriz de selección ver Fig. 3.

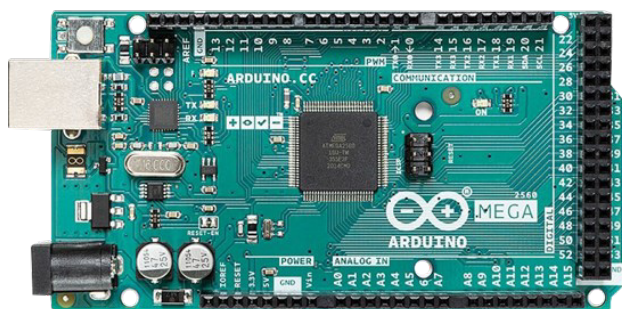


Figura No. 3: Arduino MEGA 2560

Visualización en Python se optó por seleccionar la interfaz de visualización para lo que se escogió el lenguaje de Python para diseñarla y realizarla de acuerdo a las exigencias requeridas.

Desarrollo del diseño de la prótesis en SolidWorks. Para el desarrollo del diseño de la prótesis se realizó en tres etapas, comenzando a diseñar el stock o encaje en primera estancia, seguido el pilar y por último el pie o apoyo de la prótesis.

En la creación del encaje (Ver Fig. 4.) se observaron varias dificultades una de las cual fue el tamaño del orificio de esta, pues por lo general las prótesis transtibiales se encajan por medio de la presión ejercida al apretar la pierna de la persona con esta. Se tomaron de referencia varios diseños hechos por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y la Tec, para las medidas de nuestra prótesis y así obtener un tamaño ideal para el usuario., dado que cada

prótesis se personaliza a las medidas morfológicas del paciente.

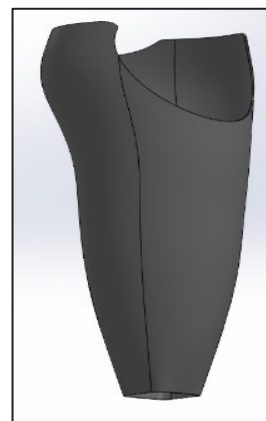


Figura No. 4: Socket o encaje. Fuente: Propia

El desarrollo del pilar (Ver Fig. 5.) fue un proceso más largo. En primera estancia se diseñó internamente el espacio para el actuador lineal que permitió el estiramiento de este para el ajuste de altura de la prótesis

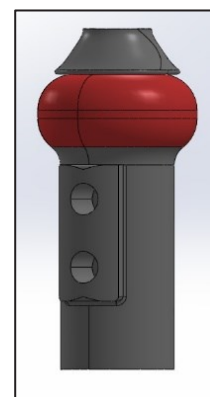


Figura No. 5: Pilar. Fuente: Propia

Diseñar el pie (Ver Fig. 6) este fue sometido a pruebas de impacto y presión para rectificar que el grosor y calidad del resorte fuera óptima para la marcha del usuario. El pie se encajaría por medio de dos tornillos al pilar, permitiéndole al poseedor retirarlo cuando desee y cambiarlo por un pie de tipo deportivo.

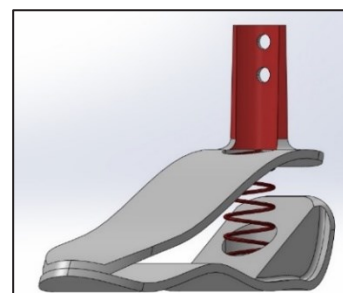


Figura No. 6: Pie. Fuente: Propia

Desarrollo del sistema esquemático de los circuitos de los sensores en Proteus 8.11.

Para el desarrollo de los circuitos se optó por el Software de Proteus 8.11 (Ver Fig. 7.) debido a que es bastante estable en sus últimas actualizaciones y contienen una amplia gama de componentes y funciones que permiten una mejor experiencia a la hora de realizar simulaciones de circuitos eléctricos y electrónicos.

Cabe resaltar la necesidad de añadir librerías complementarias para poder realizar con éxito todos los esquemas, como el caso del circuito del GPS, en donde se tuvo que implementar unas librerías de The Engineering Projects

Ya que para usar los módulos y servicios de Google Maps, es necesario obtener una licencia que permita el uso de este y mantienen un alto costo que no se cubre en el presupuesto del proyecto.

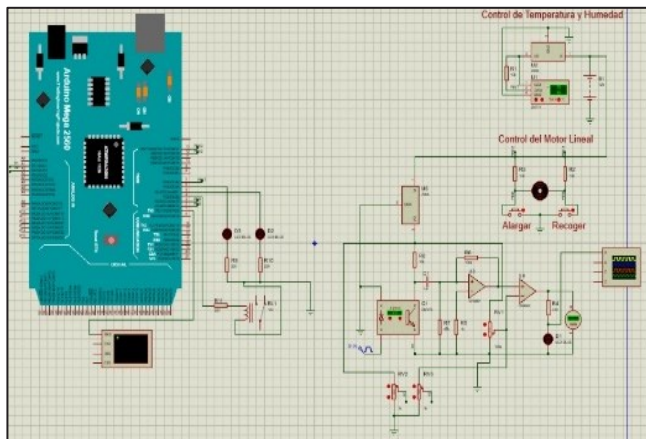


Figura No. 7: Esquema general de los sensores. Fuente: Propia

La creación del esquema del circuito del sensor DHT11 (Temperatura y Humedad) (Ver Fig. 8.) se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar, como la fuente de alimentación que vamos a utilizar para todos los componentes de la prótesis es la GTK Lifepo4 (Ver Fig 9.) que maneja un voltaje de salida de 12V fue necesario recurrir a un regulador de voltaje, en este caso el Módulo LM7805 (Ver Imagen. 3.) que regula el voltaje a 5V, que es el voltaje necesario para la manipulación del sensor DHT11.

Para poder tener control sobre la temperatura leída y mostrarla en grados centígrados fue necesario realizar un

código de control en el sketch de Arduino. Para el porcentaje de humedad se hizo de la misma manera.

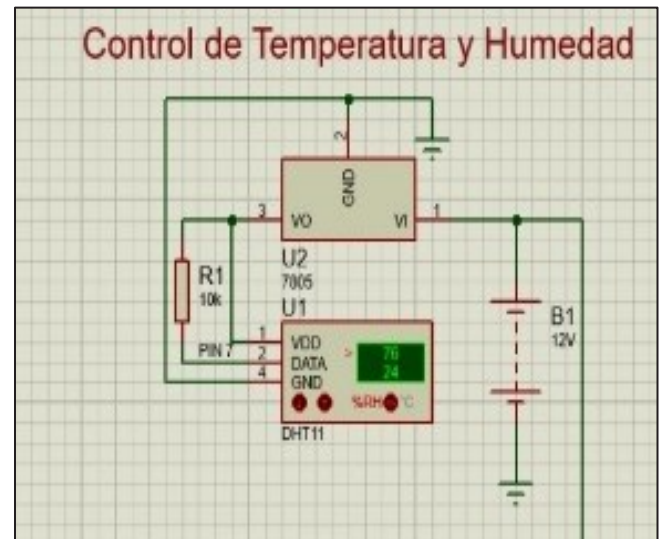


Figura No. 8: Esquema del circuito de control de temperatura y humedad. Fuente: Propia



Figura No. 9: Batería GTK Lifepo4 3.2v 25ah Fuente: Battery Hookup



Figura No. 10: Módulo LM7805. Fuente: Mactronica

Para el accionamiento de alargar o recoger el pilar (Ver Fig. 9) de la prótesis se usó un motor lineal (Ver Fig. 10)

De esta manera el método se estableció como análogo, debido a que debe ser accionado y ajustado por el portado de la prótesis.

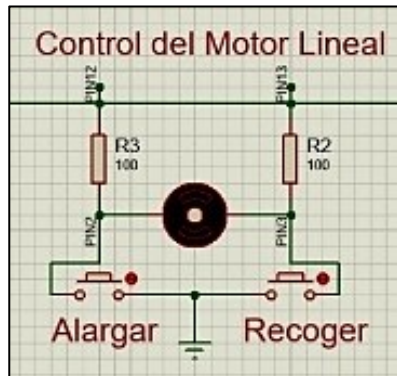


Figura No. 11: Esquema del circuito de control del motor lineal para el alargamiento o encogimiento de la prótesis. Fuente: Propia



Figura No. 12: Actuador lineal 12V DC 250mm. Fuente: Amazon.es

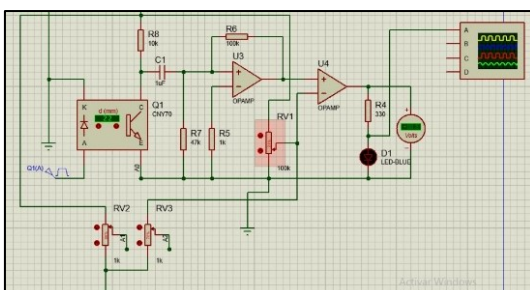


Figura No. 13: Esquema del circuito del sensor de pulso cardiaco. Fuente: Propia

Desarrollo de la PCB de los circuitos y su modelado en 3D.

El mismo software Proteus 8.11 nos permitió realizar el esquema del circuito en la PCB (Ver Fig. 14.), de una manera fácil y cómoda. Se construyó doble cara para evitar errores del enrutado y así diferencias los GND del V+.

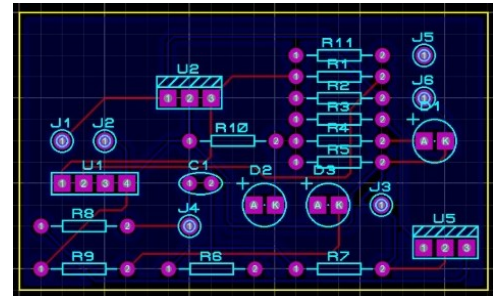


Figura No. 14: Esquema de la PCB del circuito general Fuente: Propia

El modelado 3D de la PCB (Ver Fig. 15) se hizo de manera correcta, incluyendo todos los componentes y sensores. Con un tamaño ideal de 12cm x 10cm.

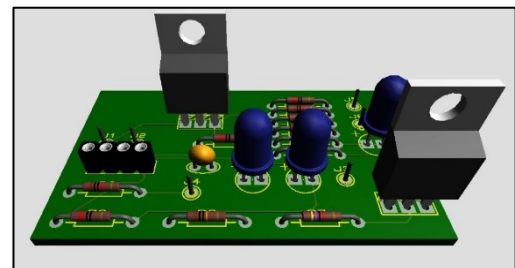


Figura No. 15: Modelado en 3D de la PCB vista superior. Fuente: Propia

La vista inferior (Ver Fig. 16) nos permite observar las líneas restantes de conexión y la posición de los componentes de una mejor manera.

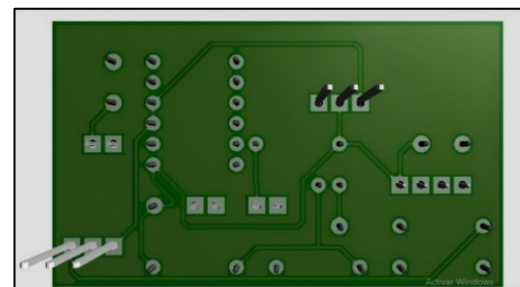


Figura No. 16: Modelado en 3D de la PCB vista inferior. Fuente: Propia

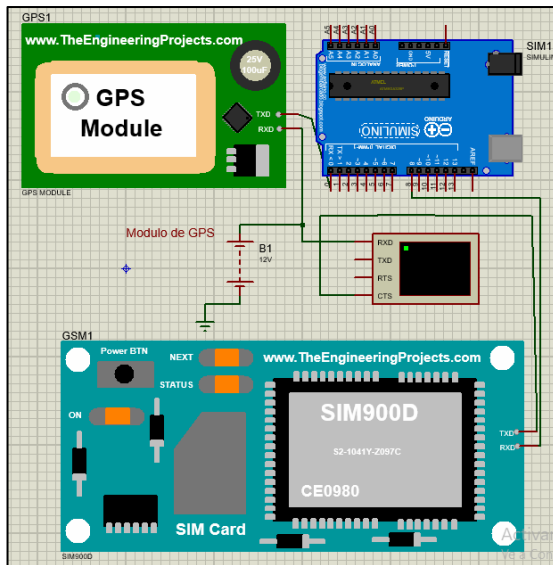


Figura No. 17: Esquema del Circuito del GPS. Fuente: Propia

Desarrollo de los códigos de programación en Arduino para el funcionamiento de los sensores.

Para una explicación más sencilla y entendible se realizaron los siguientes diagramas de flujo de los códigos de programación usados. El diseño integra el diagrama de flujo para sensor GPS (ver Fig. 17), y los diagrama de flujo para sensor de humedad y temperatura, sensor del ritmo cardiaco y sensor GPS (ver Fig 18, 19 y 20)

Sensor de temperatura y humedad

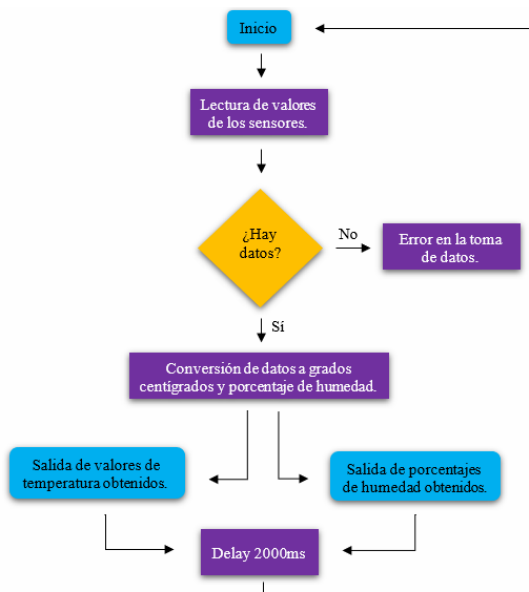


Figura No. 18: Diagrama de flujo para sensor de Temperatura y Humedad. Fuente: Propia

Sensor ritmo cardiaco

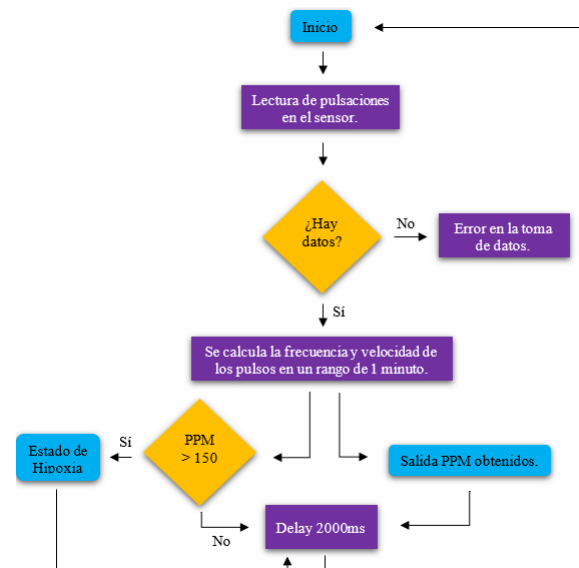


Figura No. 19: Diagrama de flujo para sensor del Ritmo Cardiaco. Fuente: Propia

GPS



Figura No. 20: Diagrama de flujo para sensor GPS. Fuente: Propia.

Desarrollo del espacio y cavidad para la inclusión de los circuitos en la prótesis en SolidWorks.

El diseño del gabinete (Ver Fig. 21.) es sencillo, simple y compacto, hecho exclusivamente para los componentes electrónicos, la batería y el Arduino. Así todo estaría en un

solo lugar y evitaría confusión si se necesita hacer algún cambio o reparación y no se encontrará lo que se busca.

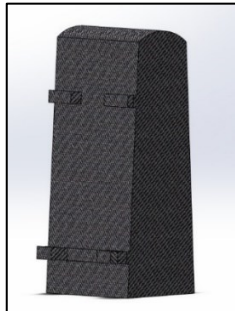


Figura No. 21: Gabinete contenedor de los componentes de Hardware. Fuente: Propia

El siguiente diseño (Ver Fig. 16.) es la simulación de una pantalla LED curva donde se mostraría la interfaz gráfica para el uso del módulo electrónico.



Figura No. 22: Diseño de la simulación de la pantalla LED curva en SolidWorks. Fuente: Propia

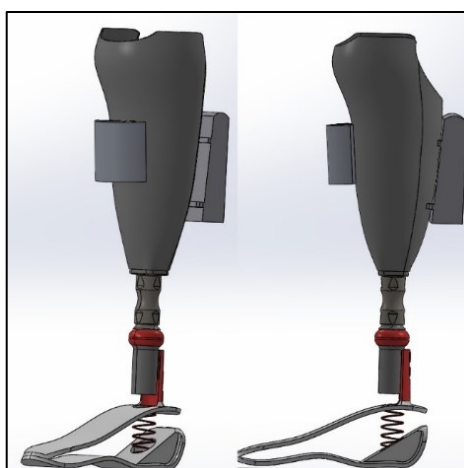


Figura No. 23: Ubicación de la pantalla y el gabinete. Fuente: Propia

La Interfaz Gráfica se realizó en lenguaje Python, permitiéndonos la conexión por medio del software Virtual Serial Port al Arduino y Proteus para realizar la muestra de

datos virtualmente. En la Fig. 23 se muestra la ubicación de la pantalla y el la Fig. 24 el diseño de la HMI.



Figura No. 24: Diseño de la interfaz. Fuente: Propia.

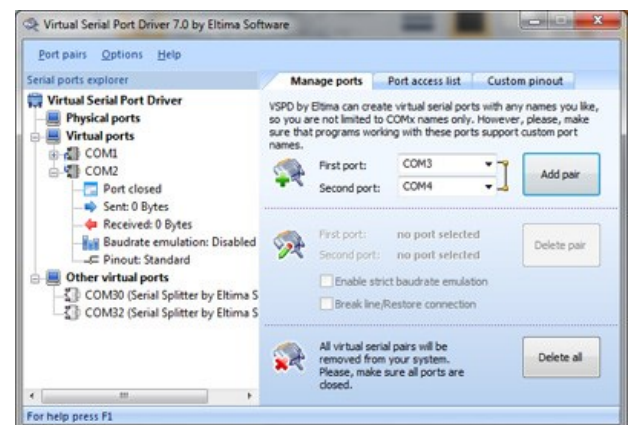


Figura No. 25: Interfaz virtual serial port. Fuente: Propia.

IV. RESULTADOS

Se constató que la biomecánica del caminar de una persona se puede replicar mediante sistemas mecánicos integrados por varios elementos y mecanismos, que se diseñan a partir de determinadas formas, tamaños y criterios de confort, que hacen que dichos sistemas sean adaptables a las necesidades particulares de cada persona. En este sentido, la ergonomía configura las características de los sistemas mecánicos utilizados para sustituir la función natural de una pierna humana.

El diseño es basa do en las características biológicas que requiere un pie normal, para que el paciente pueda sentirse cómodo con su imagen.

Se realizó el proceso de simulación del diseño de la prótesis de extremidad inferior con módulo electrónico y GPS humana con todos los parámetros requeridos tales como: peso, comodidad, durabilidad, fijación, funcionalidad, costos y fuente de energía.

Se realizó un estudio anatómico del cuerpo humano, en especial de los miembros inferiores y se concluyó que la prótesis debe soportar toda la carga de la persona al caminar.

Cuando se trata de realizar dispositivos que se acoplan al cuerpo humano, es importante tener conocimientos previos de anatomía, salud o alteración que puede tener una persona para fabricar cada componente con tal precisión que no afecte el bienestar del paciente.

Fue necesario hacer un análisis completo del mecanismo para predecir posibles fallas del dispositivo mediante simulaciones y así evitar accidentes en el paciente.

REFERENCIAS

- [1] Gutiérrez García (2017) Proyecto de grado, diseño y simulación de prótesis de pie
- [2] M. de S. Minsalud, "SISPRO (Sistema Integral de Información de la Protección Social), Informe de Consulta por Traumatismos de Rodilla, Pierna, Tobillo y Pie," 7, 2016. [Online]. Available: [http://www.sispro.gov.co/Pages/Contruya Su Consulta/Prestaciones.aspx](http://www.sispro.gov.co/Pages/Contruya%20Su%20Consulta/Prestaciones.aspx). [Accessed: 19-abril-2021].
- [3] L. E. Ramírez, Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio de la persona amputada, la prescripción de la prótesis y la rehabilitación integral., no. 55. 2014.
- [4] OTTOBOCK, "Foot for water resistant prosthesis | Feet | Lower Limb Prosthetics | Prosthetics | Ottobock US Healthcare." [Online]. Available: <https://professionals.ottobockus.com/Prosthetics/Lower-Limb-Prosthetics/Feet/Foot-for-water-resistant-prosthesis/p/1WR95>. [Accessed: 13-abril-2021].
- [5] A. M. Espejo Mora, "Construcción de un prototipo final de pie para prótesis transfemoral," UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2007.
- [6] Patente dispositivo crewolprint3d, "CRE-004 Cryptic Pattern Leg Prosthesis - Huced Despro ITS by crewolprint3d - Thingiverse," 2018. [Online]. Available: <https://makerware.thingiverse.com/thing:2754691>. [Accessed: 15-abril-2021].
- [7] Give me five, "coprinte3d | Nosotros/About Us." [Online]. Available: <http://casilvaca.wixsite.com/coprinte3d/copia-de-home>. [Accessed: 24-Marz-2021].
- [8] D. C. Guerrero Moreno, "Diseño de piezas complementarias para mejorar la apariencia de prótesis transtibiales que brinden confianza, protección y confort en las personas amputadas cuando se someten a la exposición en situaciones cotidianas.," UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PEREIRA FACULTAD, 2013.
- [9] González, M., Cohí, O., and Salinas, F., Amputación de Extremidad Inferior y Discapacidad. Barcelona, 2005.
- [10] Maya, A., Guerrero, E., and Ramírez, J., "Parámetros de diseño de una Prótesis de Rodilla en Colombia," IV Lat. Am. Congr. Biomed. Eng. 2007, Bioeng. Solut. Lat. Am. Heal., vol. 18, p. 770–773, 2007.
- [11] International Diabetes Federation, Atlas de la diabetes de la FID. 2015.
- [12] Cisneros, N. et al., "Índice De Amputaciones De Extremidades Inferiores En Pacientes Con Diabetes," Rev. del Inst. Mex. del Seguro Soc., vol. 54, no. 4, p. 472–479, 2016.
- [13] INEGI, "Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas," 2017. [Online]. [Fecha de acceso: 05-Nov-2017]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/accidentes.asp>?
- [14] Reswick, J., "What is Rehabilitation Engineering? In: Robinson, C.J., What is Rehabilitation Engineering?," IEEE Trans. Rehabil. Eng. USA CRC Press, vol. 1, p. 1, 1993.
- [15] NIH, "Rehabilitation Engineering," 2016. [Online]. [Fecha de acceso: 05-Nov-2016]. Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/rehabilitationengineering>.

Desarrollo de un robot bípedo para fines de robótica educativa en Tecnoacademia Cúcuta

Development of a biped robot for educational robotics purposes in Tecnoacademia Cucuta

MsC. Oscar M.
Duque S¹⁻⁵

MsC. Jorge L.
Fuentes²

MsC. Jair E.
Araujo³

MsC. Dayana N.
Galvis⁴

Ing. Luis F.
Calderón R⁴

oduques@sena.edu.co

jlfuentes@sena.edu.co

jearaujo@sena.edu.co

dngalvis@sena.edu.co

luis.calderon@unipamplona.edu.co

¹..ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0002-4062-5588, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

³ ORCID 0000-0003-3869-950X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

⁴ ORCID 0000-0002-8200-5969, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

⁵ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen.

En este documento se presenta el desarrollo de un robot bípedo tipo humanoide denominado "TecnoBot", debido a que fue realizado en colaboración con Tecnoacademia Cúcuta, y el cual quedará implementado en dicho espacio donde será utilizado por los estudiantes de media técnica y bachillerato, e instructores que allí trabajan. Se inicia con el estudio de las morfologías más conocidas de robots tipo humanoides, y el estudio de antecedentes para tener una idea más clara en lo que al diseño refiere, seguido se hace una selección de elementos, un diseño por medio de un software CAD, el modelado cinemático, una serie de secuencias para el control por medio de una apk y finalmente un manual de usuario y unas guías de aprendizaje para los estudiantes de Tecnoacademia Cúcuta.

Palabras Clave: *Apk, Robot bípedo, Tecnoacademia, morfologías, modelado cinemático,*

Abstract

This document presents the development of a humanoid biped robot called "TecnoBot", because it was made in collaboration with Tecnoacademia Cúcuta, and which will be implemented in that space where it will be used by students of technical middle and high school, and instructors who work there. It begins with the study of the most known morphologies of humanoid robots, and the background study to have a clearer idea as far as the design is concerned, followed by a selection of elements, a design through CAD software, kinematic modeling, a series of sequences for control through an apk and finally a user manual and learning guides for students of Tecnoacademia Cúcuta.

Keywords: *Biped robot, Tecnoacademia, morphologies, kinematic modeling, apk.*

I. INTRODUCCIÓN

Con los actuales avances de la robótica y las tecnologías emergentes gran parte de las empresas implementan dentro de ellas como brazos robóticos, sin embargo, se han desarrollado igualmente otro tipo de robots como robots móviles que son implementados en áreas específicas de trabajo y/o tareas específicas. Por otro lado, grandes empresas como Honda con su robot ASIMO o SoftBank Robotics con su robot NAO han diseñado los más actualizados robots tipos humanoides, haciendo tareas que un ser humano puede hacer o incluso ejecutarlas de una manera más precisa y concisa. Sin embargo, no solo las grandes empresas realizan todo tipo de robots, Tecno Academia en sus espacios de trabajo y de enseñanza, permite a los estudiantes explorar todas las ramas de la robótica.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario seguir unos lineamientos los cuales estaban enlazados entre sí para poder avanzar en cada uno de los objetivos planteados, iniciando con un estudio de los robots humanoides más conocidos y antecedentes que ayudaron a tener una idea más clara de lo que se deseaba realizar, seguido a esto se cumplieron ciertos objetivos para llegar finalmente a la realización de un manual de usuario y unas guías de aprendizaje para que los estudiantes aprendan un poco más sobre cómo controlar el robot y sus movimientos. La finalidad de este proyecto es que los estudiantes logren incentivarse más sobre las tecnologías emergentes y sobre todo la robótica.

II. METODOLOGÍA

Con los actuales avances tecnológicos que hay a nivel mundial, se ha ido buscando mejorar el desarrollo de robots humanoides, por lo tanto, grandes empresas como Honda y Sony han ido mejorando y desarrollando robots humanoides capaces de interactuar y comunicarse con las personas; es por esto que, han sido usados en áreas como la medicina, educación, ventas, entre otros.

Robots de la generación E

Honda inicia el desarrollo de sus robots basado en el modelo humano, en la parte inferior del cuerpo (las piernas). Después de una investigación que estudia las formas de caminar crea los robots con características humanoides.

Siendo la serie E (Figura 1) los primeros robots desarrollados por Honda, con E0 (1986) logran realizar una caminata pero con pasos lentos, por medio de E1, E2 y E3 (1987-1991) logran tener una marcha más rápida, llegando a alcanzar el paso normal del ser humano de 3Km/h, sin embargo, por medio de los últimos robots desarrollados de esta serie los robots E4, E5 y E6 (1991-1993) los cuales logran caminar establemente aumentando a 40 cm la longitud de la rodilla y llegan a alcanzar el paso rápido de un ser humano de 4.7Km/h, llegando finalmente con E6 bajar y subir escaleras, caminar sobre pendientes o pisar obstáculos sin perder el equilibrio.



Figura No. 1: Primeros robots bípedos desarrollados por Honda
Fuente: Honda global Robots P1, P2 y P3

Fue entre los años 1992-1997 que Honda decide evolucionar sus modelos e incluir la parte superior del cuerpo humano, creando su primer robot tipo humanoide (Figura 2). P1 adopta el modelo de un cuerpo humano con extremidades

superiores. P2 Honda logró realizar movimientos realistas del cuerpo humano, finalmente, con P3 logran mejorar su tamaño llevándolo a ser del tamaño de un cuerpo humano.



Figura No. 2: Robot P1, P2 y P3. Fuente: Honda global

Robot ASIMO

ASIMO (Figura 3) por sus siglas en inglés “Advanced Step in Innovative Mobility”, según Honda, en su página web afirma que “ASIMO es un robot humanoide bípedo que se ha desarrollado con el objetivo de que los robots coexistan y sean útiles para las personas”, este robot desarrollado por Honda Robotics lleva décadas de trabajo desde sus modelos iniciales el cual fue modificado hasta llegar a la versión que se conoce actualmente.

Sin embargo, tras más de una década de investigación se buscaba mejorar dichos prototipos llegando a su forma más reciente ASIMO.

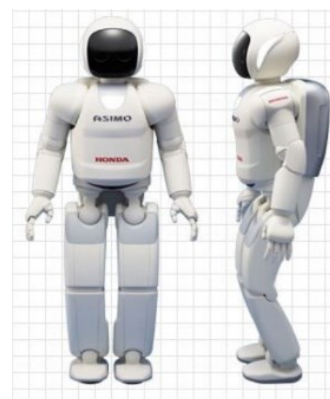


Figura No. 3: Robot ASIMO. Fuente: Honda global

Finalmente, tenemos la evolución de los robots desarrollados por Honda Global (Figura 4), desde su primer robot E0 hasta el más reciente y avanzado de su gama, ASIMO.



Figura No. 4: Evolución de los robots desarrollados por Honda.
Fuente: Autor.

NAO de SoftBank Robotics

NAO es el primer robot desarrollado por SoftBank Robotics, es una herramienta de programación y se ha convertido en un estándar especialmente en educación e investigación. Actualmente NAO (Figura 5) es usado en áreas como la educación, investigación y en la salud, ya que es un robot capaz de interactuar con los usuarios, lo cual lo hace un buen asistente para las empresas y centros de salud.

En su forma interactiva busca fomentar la inclusión, promoviendo la participación de estudiantes con discapacidades como autismo, trastornos emocionales y de comportamiento haciendo que se reduzca la timidez, la falta de confianza y la frustración al proporcionar una comunicación que pueda mejorar las habilidades, la autoestima y las interacciones positivas.



Figura No. 5: NAO de SoftBank Robotics. Fuente: SoftBank Robotics.

Qrio de Sony

Qrio (pronunciado “Curio”, que significa búsqueda de curiosidad, Figura 6) es un pequeño humanoide desarrollado por Sony en Shinbashi, Japón (2003), después de un amplio desarrollo desde su modelo inicial (SDR, Sony Dream Robot) hasta lo que llegó a ser su forma más reciente Qrio.

Sony crea este pequeño humanoide capaz de realizar actividades como escuchar, hablar, cantar, caminar, correr, bailar, reconocer caras y agarrar objetos, lo cual fue excepcionalmente avanzado para su época, lamentablemente el 26 de enero de 2006 Sony anunció que detendría el desarrollo de Qrio.



Figura No. 6: Robot Qrio de Sony. Fuente: IEEE Robots.

Otros robots humanoides

Título: Generación automática de marcas para un robot humanoide.

Autor(es): Cristian Villate, César Peña, Oscar Guadrón

Universidad: Universidad de Pamplona (Colombia).

Año: 2016

Este robot denominado Bioloid (Figura 7), desarrollado en la Universidad de Pamplona posee dieciocho grados de libertad. El algoritmo contempla las restricciones cinemáticas presentes dentro del modelo físico del robot y crea trayectorias de forma estocástica para generar la marcha.

En este trabajo los autores realizan como primera medida el fundamento matemático, en el cual se tienen en cuenta un análisis de movimiento de forma pseudoestática y la cinemática directa por medio del método de desplazamiento Screws ya que por medio del método tradicional Denavit-Hartenberg tendría un grado mayor de complejidad.



Figura No. 7: Diseño mecánico del robot Bioloid. Fuente: Autor.

Título: Modelado y control de un robot bípedo de nueve grados de libertad

Autor: José Emmanuel Torres Gronerth

Universidad: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Año: 2009

Este estudio presenta la primera parte de una nueva metodología para obtener un diseño de prótesis de pierna óptimo. El estudio parte del diseño de un robot bípedo de base, de nueve grados de libertad. El robot diseñado es probado y validado en simulación en un espacio de tres

dimensiones, un controlador basado en el modelo del robot es implementado, obteniéndose errores de seguimiento muy pequeños ante consignas articulares de tipo polinomial.

Los autores diseñan un robot bípedo básico compuesto por dos piernas (Figura 8), cada una con cuatro grados de libertad; tres de estos son rotoides, con su eje de giro paralelo a la base (cadera, rodilla, tobillo) y el cuarto con su eje de giro perpendicular a la base, el tronco posee dos grados de libertad, uno de ellos compartido con la cadera, estos dos últimos se utilizan para estabilizar el robot durante el ciclo de caminata.



Figura No. 8: Estructura mecánica del robot bípedo. Fuente: Autor.

Título: Diseño mecánico y análisis cinemático del robot humanoide AXIS.

Autor: Efraín Hernández Franco

Universidad: Universidad Panamericana

Año: 2014

Este trabajo realiza el desarrollo e implementación del robot humanoide AXIS (Figura 9), el cual cuenta con 4 extremidades (20 GDL en total), está construido con aluminio, por lo que es ligero y compacto además de ser fuerte y robusto. AXIS incorpora algoritmos inteligentes que le brindan un alto grado de autonomía para realizar tareas como caminar, girar, agacharse, acostarse y levantarse, además, es capaz de realizar seguimiento y reconocimiento de objetos usando una videocámara en su cabeza.

Para el diseño, el autor tiene en cuenta las dimensiones físicas de los eslabones, el par motor de las articulaciones y la fuente de alimentación. El equilibrio perfecto requiere una gran cantidad de ajustes y experimentación, por lo que AXIS fue desarrollado para ser más ligero, robusto y de gran rendimiento.



Figura No. 9: Robot humanoide AXIS. Fuente: Autor.

III. SELECCIÓN DE MATERIAL Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Estableciendo criterios para la selección de cada elemento y material para desarrollar el robot se procede a realizar tablas de selección teniendo en cuenta dichos criterios y estableciendo porcentajes de relevancia para estos, llegando finalmente a la selección de los materiales más acordes a los criterios previstos, como se observa en la Tabla 1. Cabe destacar que la selección de dichos elementos tuvo en cuenta los materiales con los que contaba Tecno Academia Cúcuta, ya que por medio de este centro de aprendizaje fue que se hizo posible el desarrollo del robot bípedo.

Selección de material mecánico

Morfología

Para la selección de la morfología se tienen en cuenta 3 tipos de diseño, en el primer diseño se contemplan los robots de la generación E en los cuales solo se tiene en cuenta las extremidades inferiores o “piernas”, los cuales a pesar de ser un diseño sencillo no logra satisfacer la necesidad de que el robot tenga una similitud al cuerpo humano.

El segundo diseño (similar al robot NAO) y tercer diseño (similar al robot AXIS) si contemplan la similitud a lo que sería un robot humanoide, sin embargo, el segundo diseño es un poco más complejo ya que tiene formas y piezas ovaladas, lo que aumenta la dificultad de su desarrollo, por otro lado, se elige realizar una morfología similar a la del robot AXIS con piezas cuadradas y un grado menos de complejidad para su elaboración.

Material de las piezas

Seguido de un estudio de los posibles materiales a usar que puedan tener una facilidad de maleabilidad y puedan ser resistentes se elige el aluminio como el material principal para el desarrollo y la elaboración de las piezas que puedan dar un mejor movimiento al robot.

Eléctrico

En esta se relaciona la fuente de alimentación de todos los elementos electrónicos, por lo que se busca tener una batería que pueda ofrecer una mayor capacidad de voltaje, de los elementos a tener en cuenta se considera la batería de litio polímero (LiPo) de 6000 mAh, ya que esta ofrece una gran cantidad de corriente y voltaje, al igual que soporta una gran carga.

Control

Al igual que en la parte eléctrica, es necesario tener aquellos componentes que puedan ofrecer un mayor rendimiento.

Tarjeta de control

Teniendo en cuenta ciertos criterios se elige la Arduino Mega2560 como la tarjeta principal, ya que ofrece una variedad de pines analógicos y digitales, al igual que mayor cantidad de pines que funcionan para la comunicación serial con otras tarjetas.

Tarjeta de control de servomotores

Debido a que es una cantidad considerable de servomotores a controlar es necesario utilizar una placa que ofrezca un mejor control de estos. Por esta razón, se selecciona la tarjeta de 32 canales por el control de grandes servomotores y funcionamiento correcto de los mismos.

Actuación

Para los elementos de actuación fue necesario considerar ciertas pautas previas a la selección, ya que es necesario considerar factores como el torque para poder realizar dicha selección.

Por medio de la ecuación 1 se plantea un cálculo con valores aproximados para poder hacer la respectiva selección de los elementos de actuación

$$\tau = F * d$$

Ecuación 1: Ecuación para el cálculo del torque.

Donde, τ es el torque a calcular; F es la fuerza aplicada sobre el servomotor y d es la distancia máxima total de los eslabones.

Dicho cálculo se aplica únicamente a las articulaciones que se consideran críticas, como el servomotor del hombro y el servomotor de la cadera.

Teniendo para el brazo:

- Distancia aproximada de 15 cm
- Peso aproximado de los servomotores 165 gr (55 gr cada servomotor, 3 articulaciones)
- Peso aproximado de los eslabones 95 gr

Con esto se reemplaza en la del torque teniendo lo planteado en la ecuación 2 de la siguiente manera:

$$\tau = (0.095 + (0.055 * 3))Kgf * 15cm$$

$$\tau = 3.9 Kgf * cm$$

Ecuación 2: Cálculo del torque en el hombro.

Para la cadera se tiene:

- Distancia aproximada de 16 cm
- Peso aproximado de los servomotores 165 gr (55 gr cada servomotor, 3 articulaciones)
- Peso aproximado de los eslabones 120 gr

Por lo tanto, se reemplaza en la ecuación del torque, llegando a lo planteado en la ecuación 3:

$$\tau = (0.120 + (0.055 * 3))Kgf * 16 cm$$

$$\tau = 4.56 Kgf * cm$$

Ecuación 3: Cálculo de torque en la cadera.

Sin embargo, a estos cálculos es necesario aplicar un factor de servicio el cuál se define en un 15% sin carga y 30% con carga, en este caso ya que no se tendrá que soportar carga se aplica el 15%, teniendo como resultado lo planteado en la ecuación 4 para el brazo:

$$\tau = 3.9 * 1,15$$

$$\tau = 4.485 Kgf * cm$$

Ecuación 4: Torque del brazo aplicando factor de servicio.

Mediante la ecuación 5 se plantea para la pierna:

$$\tau = 4.56 * 1,15$$

$$\tau = 5.244 Kgf * cm$$

Ecuación 5: Torque de la pierna aplicando factor de servicio.

Con lo anterior mencionado se evalúan los posibles servomotores a utilizar, y se eligen los servomotores de piñonería metálica, los cuales tienen un mayor torque y dan mejor soporte por el material de sus piñones.

Con lo mencionado anteriormente se llega finalmente a la Tabla 1, en la cual se ven los elementos finales seleccionados.

Tabla 1: Materiales seleccionados.

Tipo	Elemento/Componente
Mecánico	Morfología tipo robot AXIS (piezas de formas cuadradas)
	Material de aluminio para la elaboración de las piezas
Eléctrico	Batería LiPo de 6000 mAh
Control	Arduino Mega2560
	Tarjeta de 32 canales para el control de servomotores
Actuación	Servomotor de piñonería metálica MG995 Torque: 9.4-11 Kg*cm
	Micro servomotor de piñonería metálica MG 90S

Fuente: Autor.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO

Una vez realizada la selección de elementos se procede a la etapa de diseño de los elementos mecánicos. Para esto se requiere un programa CAD, y se hace uso de SolidWorks ya que es bastante completo y con el cual se puede realizar cualquier tipo de elementos.

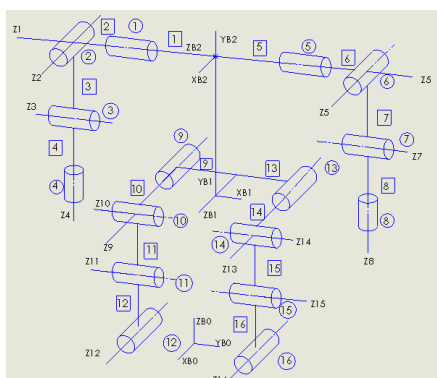


Figura No. 10: Movimiento de las articulaciones. Fuente: Autor.

Primero, es necesario establecer ciertos criterios u objetivos con los cuales el diseño debe cumplir para tener una idea más clara con lo que se quiere para realizar los movimientos más básicos de las articulaciones y como pueden estar acoplados entre sí, dichos criterios se pueden observar de una mejor manera en el Anexo 1.

Mediante estos criterios se empieza a desarrollar cada una de las piezas de los eslabones que permiten la movilidad de las articulaciones.

Los puntos más claves a considerar fueron el dimensionamiento de los eslabones que funcionan como acople entre articulaciones, ya que estos se deben adaptar al tamaño de los servomotores y tener una pequeña holgura para que puedan tener la movilidad suficiente, llegando finalmente a lo visto en la Figura 11 donde se muestran los brazos del robot y la Figura 12.

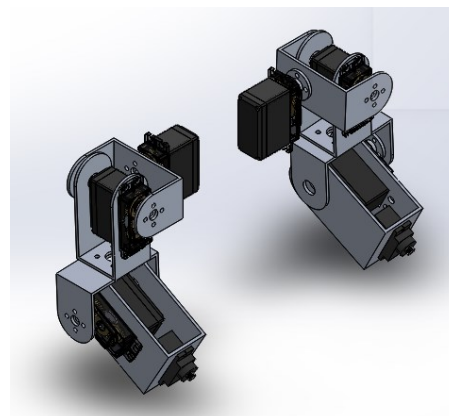


Figura No. 11: Brazos del robot. Fuente: Autor.

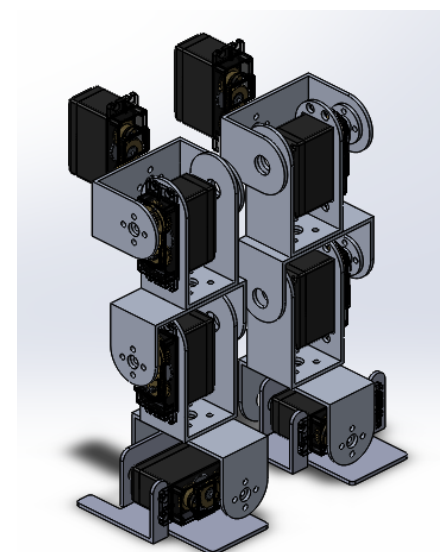


Figura No. 12: Piernas del robot. Fuente: Autor.

Otro factor a tener en cuenta fue el dimensionamiento del torso, ya que en este estará toda la parte de control del robot, como elementos eléctricos y electrónicos, para lo cual se llega a lo visto en la Figura 13.

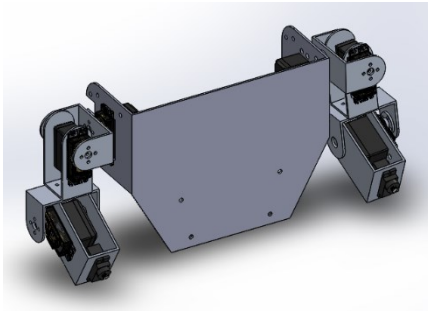


Figura No. 13: Torso y brazos del robot. Fuente: Autor.

Junto a esto se tienen en cuenta otras piezas como tapas del torso y la base en la cual estará soportada la batería, y acoplando todo esto se llega a tener finalmente el diseño del robot mostrado en la Figura 14.

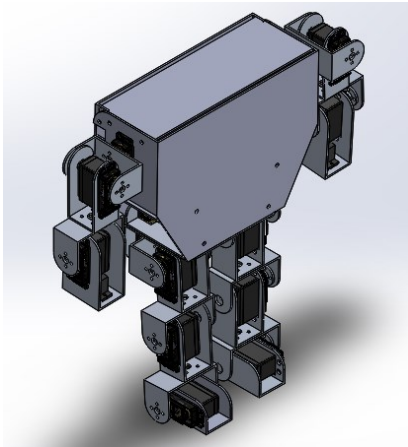


Figura No. 14: Diseño final del robot. Fuente: Autor.

V. MODELO CINEMÁTICO

El modelo cinemático en robótica consiste en localizar o describir en forma geométrica la localización de las articulaciones y algunos puntos de interés del robot. Se define también la cinemática del robot como:

“El estudio del movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia sin considerar las fuerzas que intervienen”[1]

Modelado cinemático

Si bien hay varios métodos de modelado cinemático, se opta por realizar dicho modelado por medio del algoritmo Denavit-Hartenberg, ya que este es una relación entre rotaciones y traslaciones, de esta forma se relaciona cada eslabón junto con el anterior y finalmente se llega a una matriz de transformación homogénea total en la cual esté relacionada el extremo del robot respecto a un punto de referencia o base.

Para tener en cuenta:

S_{B0} , S_{B1} , S_{B2} sistemas bases de los eslabones para el cálculo de los parámetros (ver Figura 10)

B_{PD} , B_{PI} Bases piernas derecha e izquierda

E_{BD} , E_{BI} Extremo de los brazos derecho e izquierdo

S_1 , S_2 , ..., S_n es una forma de simplificar el seno de alguna articulación Ej: $S_1 = \sin(q_1)$

C_1 , C_2 , ..., C_n es una forma de simplificar el coseno de alguna articulación Ej: $C_1 = \cos(q_1)$

Por lo tanto, aplicando dicho algoritmo a la morfología del robot (ver Figura 10) se llegan a los siguientes análisis matemáticos.

Teniendo el sistema base (SB_0) cuya MTH se define mediante la ecuación 6:

$$S_{B0} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 6: MTH del sistema SB_0 .

Ahora, teniendo la MTH del sistema del extremo de la pierna derecha ($SBPD$) y este a su vez relacionado con la articulación 12, como se muestra la ecuación 7

$$T_{BPD}^{B0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -J \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_{12}^{BPD} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -S \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 7 Relación del extremo de la pierna derecha con el SB_0 .

Teniendo las MTH anteriores es posible empezar a aplicar los parámetros DH 10-13, por lo tanto, se tiene los siguientes parámetros DH para la pierna derecha del robot los cuales se pueden ver en la Tabla

Tabla 2: Parámetros DH pierna derecha.

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
12	q_{12}	0	$-M$	$\frac{\pi}{2}$
11	q_{11}	0	$-L$	0
10	$\pi + q_{10}$	0	0	$\frac{\pi}{2}$
9	$-\frac{\pi}{2} + q_9$	$-K + T$	J	0

Fuente: Autor.

Aplicando el parámetro DH 14 se obtienen las matrices que relacionan las articulaciones de la pierna derecha en la ecuación 8.

$$T_{11}^{12} = \begin{bmatrix} C12 & 0 & S12 & -M * C12 \\ S12 & 0 & -C12 & -M * S12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{10}^{11} = \begin{bmatrix} C11 & -S11 & 0 & -L * C12 \\ S11 & C11 & 0 & -L * S12 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_9^{10} = \begin{bmatrix} -C10 & 0 & -S10 & 0 \\ S10 & 0 & C10 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{B1}^9 = \begin{bmatrix} C(9 - \frac{\pi}{2}) & -S(9 - \frac{\pi}{2}) & 0 & J * C(9 - \frac{\pi}{2}) \\ S(9 - \frac{\pi}{2}) & C(9 - \frac{\pi}{2}) & 0 & J * S(9 - \frac{\pi}{2}) \\ 0 & 1 & 0 & T - K \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 8: Relación entre las articulaciones de la pierna derecha.

Finalmente, aplicando el punto **DH 15** se obtiene la matriz total que relaciona la pierna derecha con el sistema base, como se muestra en la ecuación 9.

$$T_{B1}^{B0} = T_{BPD}^{B0} * T_{12}^{BPD} * T_{11}^{12} * T_{10}^{11} * T_9^{10} * T_{B1}^9 =$$

$$\begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 9: MTH total de la pierna derecha.

En la cual las primeras dos matrices de transformación de la ecuación 9, es el movimiento de rotación y traslación que habría que realizar para relacionar la pierna derecha al S_{B0} .

Para la pierna izquierda, se hallan una vez más los parámetros DH 10-13 esta vez tomando como referencia el S_{B1} como sistema base de esta pierna, teniendo lo mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros DH pierna izquierda.

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
$S_{B1}DH_{13}$	0	0	N	0
13	$-\frac{\pi}{2} + q13$	0	0	$-\frac{\pi}{2}$
14	$q14$	0	P	0
15	$q15$	0	Q	$\frac{\pi}{2}$
16	$q16$	0	R	0

Fuente: Autor.

Se establece la MTH que habría que desplazar el sistema S_{B1} hasta la articulación 13 (ecuación 10) para hallar la matriz de transformación total de la pierna izquierda.

$$T_{13}^{B1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & N \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & K - T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 10: Relación de la articulación 13 con respecto al S_{B1} .

Posterior a esto, aplicando el punto DH 14 a los parámetros de la Tabla 3 se tienen las matrices de transformación homogénea planteadas en la ecuación 11

$$T_{13}^{B1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & N \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & K - T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_{14}^{13} =$$

$$\begin{bmatrix} C(13 - \frac{\pi}{2}) & 0 & -S(13 - \frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(13 - \frac{\pi}{2}) & 0 & C(13 - \frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{15}^{14} = \begin{bmatrix} C14 & -S14 & 0 & L * C14 \\ S14 & C14 & 0 & L * S14 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_{16}^{15} =$$

$$\begin{bmatrix} C15 & 0 & S15 & M * C15 \\ S15 & 0 & -C15 & M * S15 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{BPI}^{16} = \begin{bmatrix} C16 & -S16 & 0 & S * C16 \\ S16 & C16 & 0 & S * S16 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 11: Relación entre las articulaciones de la pierna izquierda.

Para la pierna izquierda, se aplica el punto **DH 15** para calcular la matriz de transformación homogénea total de la pierna izquierda.

$$T_{BPI}^{B1} = T_{13}^{B1} * T_{14}^{13} * T_{15}^{14} * T_{16}^{15} * T_{BPI}^{16} =$$

$$\begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 12: MTH total de la pierna izquierda.

Realizado el respectivo cálculo para las piernas, se procede a continuar con los parámetros para los brazos del robot, como primera medida se realiza la matriz de transformación homogénea del S_{B2} con respecto al S_{B1} , por lo tanto, se tiene la ecuación 13.

$$T_{B2}^{B1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & I \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 13: Relación del S_{B1} y el S_{B2} .

Definiendo lo anterior, donde el sistema de referencia para los brazos es el SB2, a lo cual se llegan a los siguientes parámetros DH, definidos en la Tabla 4, para el brazo derecho:

Tabla 4 Parámetros DH para el brazo derecho.

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
$^{SB2}DH_1$	0	$A + B$	0	0
1	$\frac{\pi}{2} + q_1$	0	0	$-\frac{\pi}{2}$
2	q_2	0	$-C$	$\frac{\pi}{2}$
3	$-\frac{\pi}{2}$	0	0	$\frac{\pi}{2}$
4	q_4	D	0	0

Fuente: Autor.

$T_{BPI}^{B1} = T_{13}^{B1} * T_{14}^{13} * T_{15}^{14} * T_{16}^{15} * T_{BPI}^{16} =$
 $\begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ Se hallan cada matriz correspondiente al brazo derecho, aplicando el punto DH 14, se llega a la ecuación 14.

$$T_1^{B2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & A+B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_2^1 = \begin{bmatrix} C(1+\frac{\pi}{2}) & 0 & -S(1+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(1+\frac{\pi}{2}) & 0 & C(1+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 14 Relación entre las articulaciones del brazo derecho.

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} C2 & 0 & S2 & -C * C2 \\ S2 & 0 & -C2 & -C * S2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_4^3 = \begin{bmatrix} C(3+\frac{\pi}{2}) & 0 & S(3+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(3+\frac{\pi}{2}) & 0 & -C(3+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_4^3 = \begin{bmatrix} C(3+\frac{\pi}{2}) & 0 & S(3+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(3+\frac{\pi}{2}) & 0 & -C(3+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{EBD}^4 = \begin{bmatrix} C4 & -S4 & 0 & 0 \\ S4 & C4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 14 Continuación.

Cuya matriz de transformación homogénea total por medio del punto DH 15 se llega a la ecuación 15 para el brazo

derecho, la cual relaciona el extremo del brazo con el sistema SB_1 :

$$T_{EBD}^{B1} = T_{B2}^{B1} * T_1^{B2} * T_2^1 * T_3^2 * T_4^3 * T_{EBD}^4 = \begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 15 MTH total del brazo derecho

Finalmente, para el brazo izquierdo, aplicando los puntos DH 10-13 se llegan a los parámetros definidos mediante la Tabla 5.

Tabla 5 Parámetros DH para el brazo izquierdo.

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
$^{SB2}DH_5$	0	$-(E + F)$	0	π
5	$-\frac{\pi}{2}$	0	0	$\frac{\pi}{2}$
6	q_6	0	$-G$	$-\frac{\pi}{2}$
7	$\frac{\pi}{2} + q_7$	0	0	$\frac{\pi}{2}$
8	q_8	$-H$	0	0

Fuente: Autor.

A lo cual se llega a la ecuación 16 una vez aplicado el punto DH 14, para lo que se tiene:

$$T_5^{B2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -E-F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 16 Relación entre articulaciones del brazo izquierdo.

$$T_6^5 = \begin{bmatrix} C(5-\frac{\pi}{2}) & 0 & S(5-\frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(5-\frac{\pi}{2}) & 0 & -C(5-\frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_7^6 = \begin{bmatrix} C6 & 0 & -S6 & -G * C6 \\ S6 & 0 & C6 & -G * S6 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_8^7 = \begin{bmatrix} C(7+\frac{\pi}{2}) & 0 & S(7+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ S(7+\frac{\pi}{2}) & 0 & -C(7+\frac{\pi}{2}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} T_{EBI}^8 = \begin{bmatrix} C8 & -S8 & 0 & 0 \\ S8 & C8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 16 Continuación.

Llegando finalmente a la MTH total que define la relación entre el brazo izquierdo con el S_{B2} , llegando a la ecuación 17.

$$T_{EBI}^{B1} = T_{B2}^{B1} * T_5^{B2} * T_6^5 * T_7^6 * T_8^7 * T_{EBI}^8 =$$

$$\begin{bmatrix} nx & ox & ax & px \\ ny & oy & ay & py \\ nz & oz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 17 MTH total del brazo izquierdo.

Sin embargo, las MTH totales anteriores solo están relacionando cada extremidad del robot con respecto a sus sistemas bases correspondientes, con esto hecho, es posible relacionar cada una de estas extremidades al sistema S_{B0} , y lo cual se compone mediante la multiplicación de matrices de las siguientes ecuaciones.

La matriz que relaciona la pierna izquierda al $SB0$, se compone mediante la multiplicación de matrices de la ecuación 18.

$$T_{BPI}^{B0} = T_{B1}^{B0} * T_{BPI}^{B1}$$

Ecuación 18 Relación de la pierna izquierda al $SB0$.

Matriz de transformación que relaciona el brazo derecho al sistema S_{B0} , se observa en la ecuación 19.

$$T_{EBD}^{B0} = T_{B1}^{B0} * T_{EBD}^{B2}$$

Ecuación 19 Relación del brazo derecho al $SB0$.

Y finalmente se relaciona el brazo izquierdo al $SB0$ mediante la ecuación 20.

$$T_{EBI}^{B0} = T_{B1}^{B0} * T_{EBI}^{B2}$$

Ecuación 20 Relación del brazo izquierdo al $SB0$.

Validación del modelo matemático

Una vez realizado el respectivo análisis matemático y el ensamble mecánico de los componentes del robot, se procede a realizar una breve validación de dicho modelo cinemático para verificar que este funcione, para esto por medio de un código de Matlab y mediante una simulación por medio de este software, se hacen unas pequeñas mediciones y se realiza una comparación entre lo simulado y lo medido físicamente.

Se realiza una serie de posicionamiento de los brazos y se realiza una tabla para la comparación de estos, ver Tabla 6:

Teniendo los valores de la Tabla 6, es posible calcular el porcentaje de error del modelo cinemático respecto al valor real medido, por medio de la ecuación 21.

$$\%e = \frac{Vesperado - Vreal}{Vesperado} * 100$$

Ecuación 21: Ecuación para cálculo del porcentaje de error.

Tabla 6: Validación del modelo cinemático.

Extremidad	Prueba	Ángulo (°)				Medidas (cm)					
						Medido			Esperado		
		q1	q2	q3	q4	X	y	z	x	y	z
Brazo derecho	1	90	0	0	0	12,5	-13	31	13	-14	30
	2	90	90	0	0	-1	-28	31	-0,8	-28	30
	3	45	0	45	0	10,3	14,4	24	11	-14	25
Brazo izquierdo	4	-90	0	0	0	12,3	13,5	30	13	-14	30
	5	-90	-90	0	0	-0,9	28,5	30	-0,8	28	30
	6	-45	0	-45	0	10,5	13,7	24	11	14	25

Fuente: Autor.

Aplicando esta ecuación a los valores medidos es posible calcular el porcentaje de error como se plantea en al Tabla 7.

Tabla 7: Porcentaje de error de las mediciones.

Prueba	Error (%)		
	X	Y	Z
1	1,57	5,00	5,76
2	25,00	1,82	3,39
3	1,90	2,86	3,61
4	3,15	3,57	1,69
5	12,50	3,64	2,71
6	0,00	2,14	4,82

Fuente: Autor.

Como se puede ver en la tabla 7, se tienen dos valores que superan el 10% de error, esto es debido a que el valor esperado es demasiado pequeño y cualquier mínima variación de este hace que sea un porcentaje de error considerable.

Tabla 8: Repetibilidad del extremo del brazo.

Prueba	Medición (cm)			Esperado
	X	Y	Z	
1	12,3	-13,1	31,5	X=12,7
2	12	-13,3	31	
3	12,3	-13,4	31,3	Y=-14
4	12,2	-13,3	30,9	
5	12,5	-13,5	31,2	Z=29,5
Desviación	0,182	0,148	0,239	

Fuente: Autor.

Por medio de la Tabla 8 es posible verificar que no hay gran dispersión de datos con respecto a la media, esto quiere decir que se tienen unas mediciones precisas, sin embargo, no son del todo exactas, para lo cual se grafica esto para el eje X (Figura 15), eje Y (Figura 16) y eje Z (Figura 17).

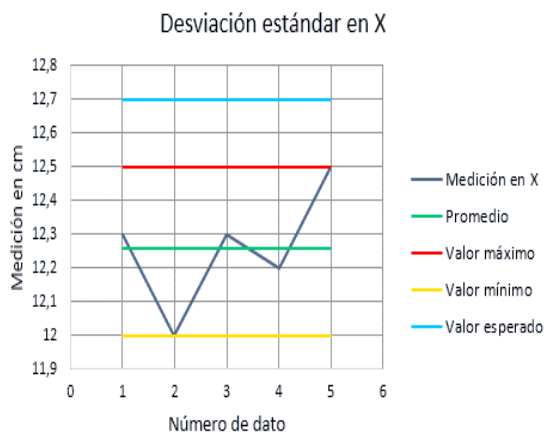


Figura No. 15: Desviación de datos en X. Fuente: Autor.

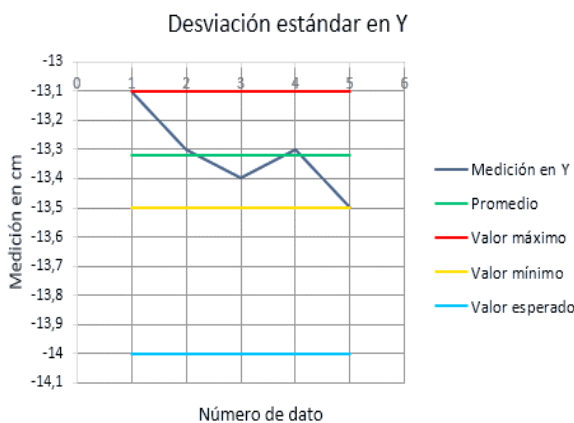


Figura No. 16: Desviación de datos en Y. Fuente: Autor.

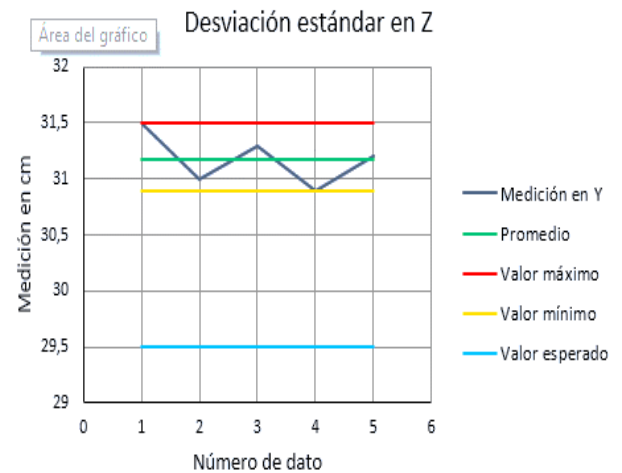


Figura No. 17: Desviación de datos en Z. Fuente: Autor.

Creación de secuencias por Matlab.

Teniendo el modelo cinemático del robot mediante matrices de transformación homogénea, es necesario realizar una simulación por medio de software, en este caso Matlab, para validar que dicho modelado matemático funciona correctamente, por lo tanto, por medio de Matlab es posible realizar simulaciones de movimiento de los eslabones, incluyendo en este código el modelo matemático y otras funciones para hacer posible la visualización gráfica.

Para esto es necesario realizar secuencias de movimientos, es decir, se van posicionando las articulaciones mediante las secuencias realizando primero el balanceo hacia la derecha (Figura 18), seguido a esto se da avance a la pierna izquierda para el avance del robot (Figura 19) y para finalmente equilibrar de nuevo el robot hacia la izquierda (Figura 20).

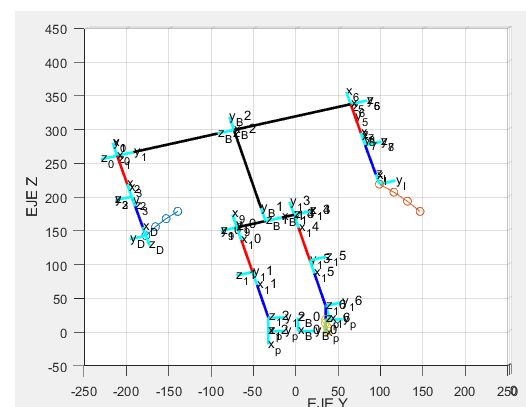


Figura No. 18: Balanceo a la derecha del robot. Fuente: Autor.

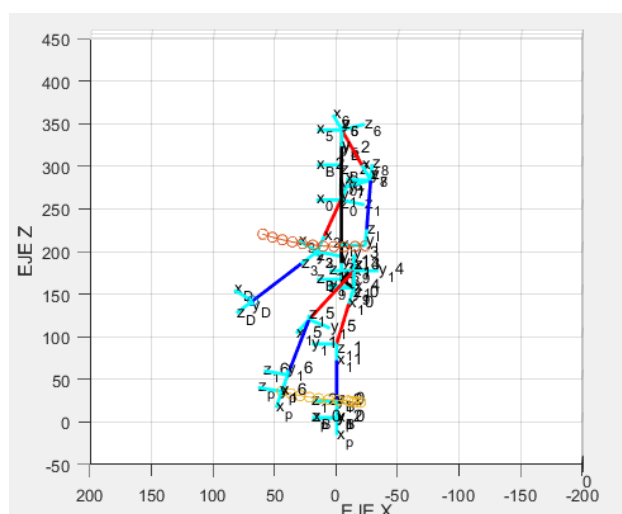


Figura No. 19: Avance de la pierna izquierda. Fuente: Autor.

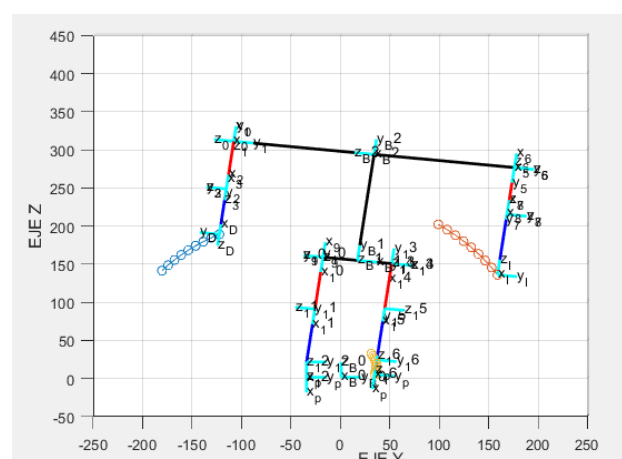


Figura No. 20: Equilibrio a la izquierda para avanzar el robot. Fuente: Autor.

Creación de secuencias por Arduino

A pesar de que se hizo una previa visualización de movimientos mediante Matlab, al programar el robot fue necesario la modificación de dichos ángulos previamente simulados por este software, a pesar de que solo se simuló el movimiento para una pierna, se tendría en cuenta el mismo movimiento para la siguiente extremidad, de esta forma, dicha simulación dio una idea más clara de que movimientos deberían de ejecutarse y que articulaciones debían posicionarse para permitir la marcha del robot.

En las siguientes figuras se evidencia las secuencias de movimiento realizadas por el robot físicamente, permitiendo corroborar lo hecho en la simulación, a lo cual se tiene el avance de la pierna izquierda (Figura 21) y el avance de la pierna derecha (Figura 22)

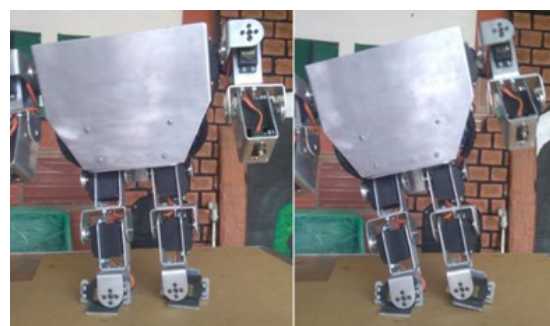


Figura No. 21: Avance de la pierna izquierda del robot. Fuente: Autor.

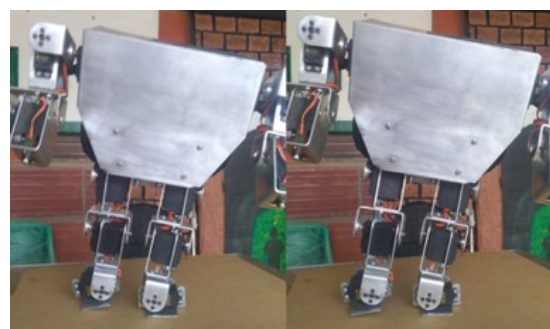


Figura No. 22: Avance de la pierna derecha del robot. Fuente: Autor.

VI. IMPLEMENTACIÓN

Una vez realizado todo lo anteriormente mencionado se procede a la realización de una interfaz, en este caso una aplicación para que los estudiantes de Tecno Academia Cúcuta puedan controlar el robot, ya que este proyecto fue realizado para que los estudiantes de dicho centro de aprendizaje se incentivarán más acerca de la robótica y una de las tantas ramas que esta posee, a lo cual dichos estudiantes podrán interactuar más con el robot al igual que puedan aprender a controlarlo.

Se realizan dos guías de aprendizaje las cuales constan de lo siguiente:

- Guía 1: Aprender sobre el control del robot, cómo manejar la aplicación, cómo conectar vía bluetooth el robot para dicho control.
- Guía 2: Conocimiento básico sobre la programación de Arduino y acerca de las funciones y comandos necesarios para realizar el movimiento de las extremidades superiores (brazos) y de esta forma puedan controlar el robot.

Como medida final se realiza un manual de usuario para que todo aquel que desee hacer uso del robot pueda hacerlo sin necesidad de tener amplios conocimientos sobre robótica, en dicho manual se plasma todo lo relacionado con el robot, su funcionamiento, conexión, cambio de piezas y mantenimiento de ser necesario.

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de morfologías bípedas ha avanzado desde sus inicios, en los que inicialmente se tenían en cuenta únicamente las partes inferiores del cuerpo humano y en la actualidad hay una gran variedad de cambios en el diseño de estos, lo cual permite tener una idea más clara y concisa de lo que se deseaba realizar sin tener un costo elevado de elaboración de las formas de sus eslabones. Mediante el estudio realizado de las morfologías es posible conocer aquellas que puedan cumplir más con lo esperado, por medio de tablas, y estableciendo criterios para la selección, es posible saber cuál es la que puede ser más acorde con el desarrollo del robot bípedo al igual que tener en cuenta el factor económico para la elaboración de las piezas. Por otro lado, Tecno Academia Cúcuta cuenta con una gran variedad de elementos electrónicos los cuales mediante tablas permite la selección de los elementos que pueden llevar a cabo de mejor manera el desarrollo del robot, viéndose todo esto en una tabla final en la que se plasma todos los elementos elegidos para la elaboración de este.

El establecer los elementos de actuación y de control permite establecer las características dinámicas, físicas, eléctricas y demás, de manera que sea posible perfilar todos estos elementos en la relación de diseño como a nivel electrónico, el rango posible del robot, el posible consumo de los componentes electrónicos para la selección de la batería, entre otros factores a considerar para la elaboración del diseño mecánico. Sin embargo, hay factores que no se logran tener en cuenta a lo que se ve necesario la modificación del diseño del robot, por este motivo se realiza un rediseño de las articulaciones al igual que unas nuevas piezas para poder lograr el movimiento esperado y de esta forma el robot pueda realizar las secuencias de marcha de manera correcta, buscando también una mayor área de soporte del robot.

La realización del modelo cinemático permite obtener una representación matemática por medio de la multiplicación de matrices de transformación homogénea en la cual estén relacionados los eslabones entre sí por medio de la concatenación de dichas matrices y así poder ser usado en la simulación. Por ende, dado que un modelo cinemático en robótica permite conocer la ubicación de los sistemas de cada eslabón y estos estar relacionados entre sí a sistemas de referencia ubicados en el cuerpo del robot para seguidamente, por medio de concatenación de matrices, relacionar todos los sistemas o eslabones a un sistema de referencia base ubicado

en la parte central entre los pies del robot. Todo lo anterior mencionado se ve reflejado mediante la simulación realizada, en la cual es usado el modelo matemático como una representación de movimiento para de esta manera realizar las secuencias del robot bípedo, este modelo puede servir de igual manera para futuras mejoras del robot como lo son el generar el modelo cinemático inverso, realizar el análisis dinámico, pudiendo evolucionar y permitir de esta manera tener un mayor control sobre el robot y sus movimientos.

Por medio de la simulación es posible observar qué secuencia de movimientos debía realizarse para que el robot pudiera avanzar, tener la utilidad de poder usar la simulación para emular demás movimientos que se deseen realizar al igual que poder realizar la distribución de los centros de masa en caso de que se realicen futuras mejoras, sin embargo, los ángulos plasmados en la simulación no fueron los mismos que los expresados en los posicionamientos de los servomotores en el código de programación ya que estos fueron hallados mediante pruebas de ensayo y error, variando la posición de los servomotores y el tiempo de ejecución de dicha orden. El hallar dichos ángulos de posicionamiento fue complejo debido a que los servomotores no son muy robustos por lo que hace que su eje y los eslabones acoplados a él se muevan fácilmente, esto influyó significativamente al momento de realizar el ciclo de marcha ya que el robot puede perder el equilibrio, pero a pesar de esto se logró hallar una combinación que pudiese disminuir el riesgo de pérdida de equilibrio, pero no eliminando totalmente dicho riesgo.

Todo diseño al terminar su versión de prototipado debe asegurarse que pueda ser usado para el usuario final, por ende, en este trabajo se vincula un manual de uso de manera que se garantice el registro a perpetuidad de las opciones de uso y correcta manipulación, garantizando que el funcionamiento se dé de manera autónoma por el mismo usuario pudiendo plasmar de igual manera todo lo relacionado con el robot, junto a esto unas guías para que los aprendices del SENA aprendan a hacer el correcto uso del robot por medio de control inalámbrico o USB a través de comunicación serial.

RECONOCIMIENTOS

Reconocimientos a Tecnoacademia Cúcuta por la facilitación de los componentes eléctricos y electrónicos utilizados en el desarrollo del robot y a MsC. Oscar Manuel Duque Suarez por la gestión brindada para hacer esto posible y la asesoría prestada durante todo el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Barrientos, A., Peñin, L., Balaguer, C., Aracil, R. (2007). Fundamentos de Robótica 2ª edición. España: mcgraw-hill,. ISBN: 978-84-481-5636-7.

- [2] Hernández, E. (2014). Diseño Mecánico y Análisis Cinemático del Robot Humanoide AXIS. México. Universidad Panamericana. Laboratorio de mecatrónica y control de sistemas.
- [3] Torres, J. (2009). Diseño y construcción de un robot bípedo caminante. Trabajo de grado. Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Facultad de Ingenierías.
- [4] Villate, D., Peña, C., Gualdrón, O. (2016). Generación automática de marchas para un robot humanoide. Universidad de Pamplona. Facultad de Ingenierías y Arquitectura.
- [5] Duque, O., Niño, M., & Puentes, A. (2018). 01-Diseño steam aplicado en el control de movimiento y simulación 3d con cinemática completa. conciencia y técnica: Revista Tecnoacademia, (2). Recuperado a partir de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/conciencia/article/view/1951>
- [6] Duque, O., Niño, M., & Puentes, A. (2018). Control de movimiento y simulación 3D con cinemática completa de un prototipo de mano robotizada de 5 falanges de 5 GDL en el software CAD CATIA de Dassault Systems. Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación, 3, 104-116. <https://doi.org/10.23850/23899573.1626>
- [7] C. Botero, J. Montoya, N. Sanchez, and F. Vergara, "Desarrollo de un manual de construcción y prototipo de un caminador Pasivo," Bogotá :, 2014.
- [8] D. J. Marín Lancheros, "MODELAMIENTO DINÁMICO EN 3D Y DISEÑO DE OBSERVADOR PARA UN CAMINADOR BÍPEDO PASIVO," Universidad de los Andes, 2016.
- [9] S. Montazeri Moghadam, M. Sadeghi Talarposhti, A. Niaty, F. Towhidkhah, and S. Jafari, "The simple chaotic model of passive dynamic walking," Nonlinear Dyn., vol. 93, no. 3, pp. 1183–1199, 2018.
- [10] S. M. González, J. M. S. Ramírez, and E. J. R. Avella, "Técnicas de control para el balance de un robot bípedo: un estado del arte," Rev. Tecnura, vol. 19, no. 43, pp. 139–162, 2015.
- [11] SONY, "Sony Global - Product & Technology Milestones-Robot," 2015. [Online]. Available: <http://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/sonyhistory-j.html>. [Accessed: 30-Sep-2015].
- [12] A. Sklar, T. Ing, G. Tejera, I. R. Canetti, and I. C. Martínez, "Construcción de Robots Bípedos Damián Lezama," 2005.
- [13] HONDA, "ASIMO by Honda | The World's Most Advanced Humanoid Robot," 2015. [Online]. Available: <http://asimo.honda.com/default.aspx>. [Accessed: 30-Sep-2015].
- [14] H. Ono, T. Sato, and K. Ohnishi, "Balance recovery of ankle strategy: Using knee joint for biped robot," 2011 1st Int. Symp. Access Spaces, pp. 236–241, 2011.
- [15] T.-H. S. Li, Y.-T. Su, S.-H. Liu, J.-J. Hu, and C.-C. Chen, "Dynamic Balance Control for Biped Robot Walking Using Sensor Fusion, Kalman Filter, and Fuzzy Logic," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 59, no. 11, pp. 4394–4408, 2012.
- [16] C. Chevallereau and Y. Aoustin, "Self-stabilization of 3D walking via vertical oscillations of the hip," in Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2015.

Estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos

Interactive disinfection station for entering establishments

Oscar M.
Duque S¹⁻³

Dayana N.
Galvis²

Jhonatan A.
Avila³

Byron F.
Sanabria³

José M.
Jauregui³

Brayan H.
Lindarte³

oduques@sena.edu.co dngalvis@sena.edu.co jhonatan.avila@unipamplona.edu.co byron.sanabria@unipamplona.edu.co josejauregui1202@gmail.com brayan.lindarte@unipamplona.edu.co

¹ ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0002-8200-5969, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

³ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen - El Covid-19 es una enfermedad infecciosa que se ha descubierto recientemente y se trata de virus que era desconocido antes que presentara el brote principal en diciembre del 2019 y que posteriormente se extendió a nivel mundial en cuestión de meses. Gracias a los avances científicos y las investigaciones se pudieron determinar acciones que previenen la propagación de este virus, como son el uso de tapabocas, la limpieza de las manos y el aislamiento social, entre otras. En este sentido, la finalidad de este estudio es diseñar una estación de desinfección para ambientes de acceso público, tales como universidades, colegios y entidades de gobierno, entre otros. Se plantea un módulo interactivo que pueda reconocer al personal que interactúa con este y que permita controlar el ingreso a estos establecimientos mediante sensores para la interacción humano-máquina. Estos datos son visualizados en una interfaz gráfica para que cada persona conozca los valores de temperatura que presenta y reportar alarma si es necesario.

Palabras Claves: Covid 19, estación de desinfección, virus.

Abstract— Covid-19 is an infectious disease that has been recently discovered and it is a virus that was unknown before the main outbreak occurred in December 2019 and that later spread globally in a matter of months. Thanks to scientific advances and research, actions that prevent the spread of this virus could be determined, such as the use of masks, cleaning of hands and social isolation, among others. In this sense, the purpose of this study is to design a disinfection station for public access environments, such as universities, colleges and government entities, among others. An interactive module is proposed that can recognize the personnel who interact with them and that allows controlling the entrance to these establishments by means of sensors for human-machine interaction. These data are displayed in a graphical interface so that each person knows the temperature values that it presents and report an alarm if necessary.

Keywords: Covid, service, station, disinfection.

I. INTRODUCCIÓN

Los coronavirus se descubrieron en los años 60, siendo importantes patógenos humanos y animales, provocando distintas enfermedades que pueden ir desde un resfriado hasta una neumonía. Hasta diciembre del 2019, se habían identificado seis tipos de coronavirus que pudieran generar enfermedad en humanos; entre ellos, los causantes de los dos

brotes epidémicos anteriores: el SARS coronavirus que apareció por primera vez en el año 2002 y el MERS-CoV, que se identificó por primera vez en el año 2012 en el medio oriente. A finales de diciembre del 2019, se identificó un nuevo coronavirus como el agente causal de un grupo de casos de neumonías en Wuhan, capital de la provincia de Hubei en China, denominándolo la Organización Mundial de la Salud (OMS) en febrero de 2020, coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) y a la enfermedad que origina Covid-19, que significa enfermedad por coronavirus 2019. Desde Wuhan se extendió rápidamente, dando como resultado al inicio una epidemia en toda China, seguida de un número creciente de casos en todo el mundo, generando la pandemia y emergencia sanitaria actual [1].

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

A. Problema

La familia de los virus SARS (Síndrome Agudo Respiratorio Grave) son virus que ocasionan problemas respiratorios graves y en ocasiones mortales a la gran mayoría de especies que los portan (incluso a los humanos), éstos son procedentes de los murciélagos, y efectúan el proceso de zoonosis pasando a otras especies silvestres o salvajes y a través del consumo de carne de esta clase de animales, dicho virus da el salto entre especies hasta llegar a los humanos. Estos virus nunca habían llegado hasta los humanos, sino hasta finales del 2002 en China fue cuando uno de estos virus dio el salto entre especies; éste se extendió por 26 países, pero contagió a solo alrededor de 8000 personas, y ocasionó 774 muertes. Exactamente 10 Años después apareció a finales del 2012 en Oriente Medio, en Arabia Saudí otro virus de esta familia conocido con el nombre de MERS (Síndrome Respiratorio de Oriente Medio) el cual solo ocasionó un contagio de no más de 3000 personas y produjo la muerte 851 personas [2].

El nuevo virus SARS Covid-19, integrante de esta familia

de los virus SARS hizo su aparición a finales del año 2019 en China, ocasionando miles de contagios y muertes en ese país, y luego haciendo lo mismo a principios del 2020 en Europa, y después se extendió a todos los continentes elevándose a Categoría de Pandemia algo que no sucedía desde hace 100 años aproximadamente. Lo particular y alarmante de este virus es su fácil, rápida y silenciosa propagación que tomó por sorpresa, incluso a los países más avanzados en temas de medicina científica. El problema que ocasionó este virus es que literalmente paralizó la gran mayoría de las actividades comerciales y sociales en el mundo, debido a las medidas restrictivas que tuvieron que imponer los presidentes y líderes mundiales en todos los países para frenar y reducir las tasas de contagio. Según el Instituto Johns Hopkins [3] a agosto de 2021 se registran más de 124 millones de contagios en el mundo, de los cuales 70,9 millones se han recuperado, y 2,74 millones han muerto, siendo EE.UU el país con más número de decesos registrados, seguido de Brasil y la India como los países más afectados[2]. En Colombia según el último reporte del 28 de agosto del 2021 del Ministerio de Salud Nacional se han registrado 4,9 millones de contagios, de los cuales han muerto 124.883 personas [4].

Las cifras del impacto económico causado a nivel mundial, regional y nacional no son menos alarmantes, ya que por la pandemia muchos países entraron en recesión económica, siendo Brasil, Italia y Canadá los más afectados en términos de desempleo generado, siendo esta una de las mayores problemáticas a nivel mundial según [2]. En el caso de Colombia, cerraron más de 500 mil microempresas y en América Latina fueron cerca de 3 millones de microempresas las que tuvieron que detener operaciones definitivamente [5]. Algunos datos relevantes se reflejan en la siguiente figura.

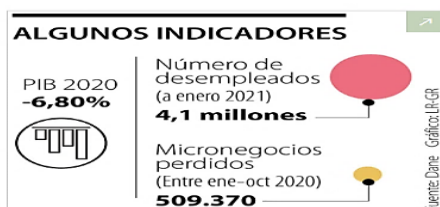


Figura No. 1:. Indicadores económicos. Fuente: El DANE [5]

B. Justificación

Gracias a las investigaciones realizadas por los principales entes públicos y privados, como son los ministerios de salud y laboratorios de los países más desarrollados, que son las entidades abanderadas en el estudio de enfermedades tropicales y víricas, han descubierto las formas de propagación del virus SARS Covid-19, lo cual les ha permitido entender que actividades y comportamientos son los que evitan y reducen la propagación del virus. Las principales actividades son: lavado constante de manos, aplicación frecuente de alcohol en las manos y antebrazos, así como de gel antibacterial, uso de tapabocas o mascarillas, limitación de aglomeraciones en espacios públicos y lugares

privados, restricción de reuniones familiares y laborales, toma de temperatura frecuente y estaciones de desinfección a la entrada de lugares públicos y privados, entre otras. Todas estas medidas han contribuido eficazmente y demostrado que reducen notoriamente las posibilidades de contagios masivos [6].

Este proyecto propone el diseño de una estación de desinfección que controle y regule el paso de personas a lugares públicos y privados, con el fin de detectar y denegar la entrada a personas con temperaturas superiores a las normales, ya que éste es un claro síntoma de quienes portan el virus, por ende, solo se permitirá el ingreso al recinto de reunión a personas con una temperatura adecuada, es decir quienes se presume que están sanas.

De esta manera, este estudio es un aporte a la promoción de la salud pública, por medio de la integración de tecnologías para proteger la salud y salvar la vida de decenas, cientos y miles de personas; no solo de quienes van a ingresar al lugar en cuestión, sino también de sus familiares y allegados. Estas estaciones de desinfección han demostrado su utilidad y valía en muchas partes del mundo en esta época de pandemia, pero son muy costosas, por lo que se requiere del diseño de alternativas desarrolladas en Colombia que puedan tener un costo inferior a las actualmente disponibles en el mercado y que debe ser igualmente eficaz.

III. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

A. Objetivo General

- Desarrollar una estación de desinfección y toma de temperatura que sirva para controlar el acceso de usuarios a lugares públicos y/o privados, con el fin de mitigar la propagación del virus SARS Covid-19.

B. Objetivos Específicos

- Estudiar e investigar los métodos para monitorear la temperatura, proximidad, así como de reconocimiento de voz, al igual que indagar sobre el estado del arte de los módulos de desinfección existentes, aspectos estructurales y normativos para realizar la estación.
- Establecer los criterios de diseño del componente mecánico, electrónico y programático del sistema.
- Seleccionar los elementos, materiales estructurales y dispositivos electrónicos que permitirán el adecuado funcionamiento de este sistema, como también el material desinfectante que estará albergado en su interior. Además, escoger la forma de alimentación más efectiva para un bajo consumo energético.
- Diseñar a nivel mecánico, electrónico y programático la Estación Interactiva de Desinfección, generar los planos de construcción de la estación, elaborar la lista de materiales para la

construcción, la creación de la secuencia de ensamble, el software necesario, circuitos eléctricos y electrónicos de la estación.

- Implementar la estación interactiva de desinfección para Ingreso a establecimientos.
- Formalizar con la debida documentación la estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos.

C. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se implementó una metodología basada en el Nivel de Madurez Tecnológica Cuatro (NMTC), la cual consiste en la validación de componentes y/o pruebas en un entorno de laboratorio. A partir de esto, se validaron los componentes en un entorno de laboratorio, considerando al diseño como un sistema integrado mediante un programa de riesgos; en esta fase, se integraron los componentes básicos o elementos separados de la tecnología y se verificó que funcionen en conjunto a nivel laboratorio con el objetivo de identificar el potencial de ampliación y cuestiones operativas. Se usó el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020 para hacer el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección. Se trabajó en el marco del paradigma empírico-analítico, bajo el diseño de investigación correlacional para la elaboración de una estación de desinfección que requirió de diferentes campos de acción y disciplinas enfocadas a la programación, tratamiento de datos, sensórica, actuación y una asistencia de voz sencilla para los usuarios, lo que contribuye a la atención de la población de una manera moderna y sofisticada.

D. Antecedentes

En el 2021 se presentó el artículo titulado “*Effectiveness of video modules in infection control trainings during Covid-19 pandemic: a quasi-experimental study in tertiary care institute*” basado en las capacitaciones para las medidas de prevención y control de infecciones (PCI) esenciales para garantizar la calidad de los servicios, junto con la seguridad del personal, en medio de la pandemia de Covid – 19. El estudio se centró en la utilización de módulos explicados para la capacitación de todo el personal y la evaluación de la efectividad de la capacitación para las prácticas de PCI. Fue un estudio cuasiexperimental, con un diseño grupal previo y posterior a la prueba. Los resultados mostraron que el nivel de conocimiento aumentó significativamente en un 16% en la prueba posterior. Se identificó una asociación estadísticamente significativa entre los niveles de conocimiento en la prueba previa y posterior y la edad ($P < 0,001$), designación ($P < 0,001$) y años de experiencia ($P < 0,001$) [7].

También para el 2021 se presentó el estudio “Enfoque basado en IoT y aprendizaje profundo para detección rápida y detección de mascarillas para el control computarizado de

la propagación de infecciones de Covid-19”, tomó como base que el uso excesivo de sistemas de desinfección manual también se ha convertido en una fuente de infección, esta investigación diseñó y desarrolló un sistema de bajo costo, rápido, escalable y un sistema eficaz de detección y control para minimizar las posibilidades y el riesgo de propagación del Covid-19, mediante la metodología Smart Screening and Disinfection Walkthrough Gate (SSDWG) basado en IoT para la entrada de todos los lugares públicos. El SSDWG está diseñado para realizar una detección rápida, incluida la medición de temperatura que utiliza un sensor sin contacto y el almacenamiento del registro de la persona sospechosa para un mayor control y monitoreo. Este módulo clasificó a las personas que usan la mascarilla de manera adecuada, inadecuada y sin una mascarilla usando VGG-16, MobileNetV2, Inception v3, ResNet-50 y CNN usando un enfoque de aprendizaje por transferencia [8].

También para el 2021 se desarrolló la investigación “Surgical Protocol in a West China Day Surgery Center During the Covid-19 Pandemic: practice and Experience” Este estudio abordó el problema de la desinfección en un centro hospitalario. Para ello, además de las estrategias para la educación del personal médico y la educación del paciente potencial, la desinfección y el mantenimiento de las salas, se configuraron 3 estaciones de detección. Los resultados señalaron que, empleando los protocolos científicos bien diseñados, se puede garantizar una atención de calidad y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad médica durante el brote de Covid - 19. Estos protocolos también se pueden aplicar a otros departamentos y áreas comerciales [9].

En el 2020 se presentó la investigación “A Human Support Robot for the Cleaning and Maintenance of Door Handles Using a Deep-Learning Framework” Este documento exploró el papel de los robots móviles con fines de limpieza y saneamiento, como medida para la desinfección y la higiene como dos partes integrales de cualquier ambiente interior seguro durante la pandemia de Covid-19. Se basó en un sistema que identificó los puntos de contacto altamente sensibles que tienden a contaminarse; para ello, se diseñó la automatización de la tarea de limpieza de las manijas de las puertas para garantizar la seguridad y para mejorar la eficiencia. Propuso un marco habilitado para IA para automatizar las tareas de limpieza a través de un Robot de Soporte Humano (HSR). El proceso de limpieza general implicó el movimiento de la base móvil, la detección de la manija de la puerta y el control del manipulador HSR para completar las tareas de limpieza. La parte de detección aprovechó una técnica de aprendizaje profundo para clasificar el espacio de la imagen que proporcionó un conjunto de coordenadas para el robot. El control cooperativo entre la pulverización y la limpieza se desarrolló en el Sistema Operativo Robótico y demostró ser un módulo de control que utiliza la información obtenida de la detección para generar una tarea / espacio operativo para el robot, junto con la evaluación de la posición deseada para accionar los

manipuladores [10].

También para el año 2020, se presentó la investigación “Transmission and prevention of SARS-CoV-2” debido a la determinación de múltiples rutas de transmisión del SARS-CoV-2, siendo fundamental para mejorar las prácticas de seguridad para el público y detener la propagación de manera efectiva. Este artículo se centró en las rutas de transmisión del SARS-CoV-2, incluida la transmisión por contacto, así como enfoques de investigación relacionados, como investigaciones epidemiológicas. Proporcionó cuatro recomendaciones específicas para la prevención y el control del SARS-CoV-2 en diferentes condiciones ambientales. Primero, el distanciamiento social, el uso racional de mascarillas y respiradores, la protección ocular y la desinfección de manos del personal y el público en general. En segundo lugar, las características aerodinámicas, como la distribución del tamaño, la regularidad de la liberación, la difusión de aerosoles. En tercer lugar, seguimiento de antecedentes de la distribución de microorganismos patógenos y desinfección ambiental en lugares públicos concurridos. En cuarto lugar, el establecimiento de modelos predictivos novedosos que pueden ayudar a evaluar la transmisión y los impactos en las comunidades [11].

E. Métodos y tecnologías desarrolladas para la detección

Temperatura corporal: es una medida de la capacidad del organismo de generar y eliminar calor. El cuerpo es muy eficiente para mantener su temperatura dentro de límites seguros, incluso cuando la temperatura exterior cambia mucho.

Para que se considere fiebre, se debe superar la temperatura máxima considerada “normal”. La temperatura corporal normal de una persona sana entre los 18 y 40 años debe estar comprendida entre los 36’4°C y 37’2°C, aunque hay personas que pueden tener una temperatura corporal menor (en torno a los 35’8°C). Se considera fiebre una temperatura superior a 37’2°C por la mañana. Se considera fiebre una temperatura superior a 37’7°C por la tarde. Hay que diferenciar entre décimas de fiebre que se denomina ebrícula (hasta 37’5°C), fiebre (a partir de 38°C) y fiebre de urgencia (a partir de 40°C). También, es importante tener en cuenta dónde se mide la fiebre, ya que en la axila es normal registrar menos temperatura, mientras la temperatura rectal suele ser 0’6° C más alta [12].

Sensor de temperatura: los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termo sensores. Un sensor de temperatura se usa, entre otras aplicaciones, para el control de circuitos. Los sensores de temperatura también se llaman

sensores de calor, detectores de calor o sondas térmicas. Los termistores PTC señalan un aumento de la temperatura con una mayor resistencia. Los termistores NTC señalan un aumento de la temperatura con una reducción de la resistencia basándose en óxidos de metales o semiconductores. El término termistor proviene del inglés Thermally Sensitive Resistor [13].

Dependiendo de los materiales empleados se distingue entre resistencias de medición de platino, silicio y cerámica. Pueden emplearse para diferentes rangos de temperatura. Los semiconductores de cerámica también funcionan muy bien como elementos de calefacción o termofusibles independientes. [13]

Solenoides: actuador electromagnético; un Solenoide o “Actuador Electromagnético” es un dispositivo capaz de generar movimiento lineal directamente, sin necesidad de emplear mecanismos o engranajes.

Un solenoide está constituido por una bobina junto con un perno central (ferro magnético), siendo ambos elementos independientes entre sí. Cuando se le da energía a la bobina, esta genera un campo magnético que atrae al perno central provocando su desplazamiento. Habitualmente se dispone de un resorte entre el cuerpo de la bobina y el perno central, de forma que este vuelve a su posición original al cesar la corriente. Los Solenoides tienen la ventaja de realizar movimientos rápidos y ser muy sencillos de manejar y mantener, ya que carecen de partes móviles [14].

Asistencia interactiva de voz: un asistente de voz, también conocido como asistente personal inteligente o altavoz conectado, son nuevos tipos de productos comercializados por Apple, Amazon y Google y se basan en el reconocimiento de voz en lenguaje natural. Permiten a los usuarios realizar una búsqueda mediante un comando de voz introducido por el usuario.

Protocolos de bioseguridad: un protocolo general de bioseguridad para mitigar, controlar y realizar el adecuado manejo de la pandemia de Covid-19 fue emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia a través de la Resolución 666 de 2020 para que sea adaptado por cada sector a fin de proteger a sus trabajadores durante esta contingencia, orientado a minimizar los factores que pueden generar la transmisión de la enfermedad y deberá ser implementado por los empleadores y trabajadores del sector público y privado que requieran desarrollar sus actividades.

F. Esquema de estación de higiene de control integral SO-2

Estación de higiene de control integral SO-2, es un modelo de estación destinadas para lavado automático, desinfección de manos y calzado del personal antes de la entrada en la zona sanitaria. Según el modelo las estaciones de higiene pueden equiparse con el módulo de desinfección de calzado, módulo lavamanos, módulo de desinfección y módulo de control de acceso. El diseño prevé el

cumplimiento obligatorio sucesivo de acciones de lavado y desinfección de manos y calzado. Esta máquina incluye: módulo lavamanos, Módulo de desinfección de manos, Módulo de desinfección de calzado [15].

Módulo de control de acceso:



Figura No. 2: Estructura de la Estación de Higiene so-2. Fuente: Kompo North América

Módulo lavamanos: el suministro de detergente se produce, cuando las manos entran en el campo de detección de la fotocélula que se encuentra dentro de la cámara del lavabo. Una vez tratadas las manos con detergente, se activa el suministro de agua para lavar las manos.

Módulo de desinfección de manos: el suministro de desinfectante se activa cuando las dos manos entran en el campo de detección de las fotocélulas que se encuentran en la cámara de desinfección. La pulverización del desinfectante se realiza mediante 4 boquillas ubicadas en la parte superior e inferior de la cámara de desinfección.

G. Estación de higiene de temperatura y desinfección Saniplus

Es una solución integral para el control de temperatura automático y sin contacto, gracias a su sensor de temperatura de alta precisión. La estación también cuenta para una correcta higiene, con un dispensador de gel automático con UV, dispensador de mascarillas o guantes, además de una práctica papelera de gran capacidad. Tanto su soporte tótem como de pared son de acero lacado de 3mm proporcionando gran estabilidad y robustez. [16]



Figura No. 3: Estructura del Estación de Higiene Saniplus. Fuente: Sanotec [16]

Para la esquematización de esta estación se utilizó software de código libre, como fue Fritzing, Inkscape y Arduino, los cuales permitieron un buen manejo y estrategia para generar imágenes vectorizadas y planos esquemáticos del circuito de forma estética y bien estructurada.

H. Circuito completo de la estación interactiva de desinfección para el ingreso a establecimientos

Teniendo en cuenta que esta estación debe brindar una experiencia convergente y asertiva para los usuarios, se tuvo en cuenta una interfaz amigable, ya que dispone de un control por medio de los sentidos de la vista y la escucha, lo que genera una mejor armonía y entendimiento entre el usuario y el módulo.

Uno de los aspectos más importantes es obtener una buena captura de la temperatura a los usuarios, por tal manera se hizo una matriz de selección, evaluando diferentes dispositivos con un mismo propósito. En este caso, con el fin de tener la mayor exactitud posible para el control de temperatura, se seleccionó el sensor infrarrojo Melexis - MLX90614, ya que brinda un buen control de temperatura, un rango de alcance significativo y su ventaja principal que hace la captura sin contacto. No sólo este sensor es capaz de garantizar la temperatura exacta, por lo que se integró otro sensor de proximidad sharp GP2Y0A21 para hacer pruebas mediante un parámetro de longitud a un buen alcance y recepción para la misma [17]. Sabiendo esto, se generó al código un ciclo de 5 segundos, en el cual la muñeca del usuario permanecía estática y hacía una buena toma de temperatura dejando como criterio y condición una longitud que oscila entre 5 y 6 cm, promediando los datos de temperatura capturados en ese instante [18].

I. Arduino y Processing

Para la elaboración del algoritmo y su interfaz gráfica se hizo la unión de programación en Arduino y Processing, los cuales tienen gran compatibilidad y versatilidad a la hora de generar código. Una vez elaborada la selección de software, se establecieron estas dos configuraciones para la programación de la parte eléctrica de delegación desinfección.

En este diagrama de flujo se expresa el control y la asignación de variables para el funcionamiento y las condiciones de la estación teniendo en cuenta la síntesis del habla y todos los módulos instalados en la parte electrónica. Para la interfaz se tuvo en cuenta la expresión de la estación imprimiendo la pantalla el audio que genera la interacción con la misma, de esta forma se pudo garantizar que una gran cantidad de usuarios tengan acceso por medio diferentes sentidos; además se garantiza que el usuario tenga una buena experiencia con el uso del módulo. Para ello, se acudió al aplicativo de voz on line "Notevibes" donde se pudo encontrar una voz armónica y no tan sintética de carácter gratuito, que se pudo acoplar con satisfacción a los propósitos de la estación [19].

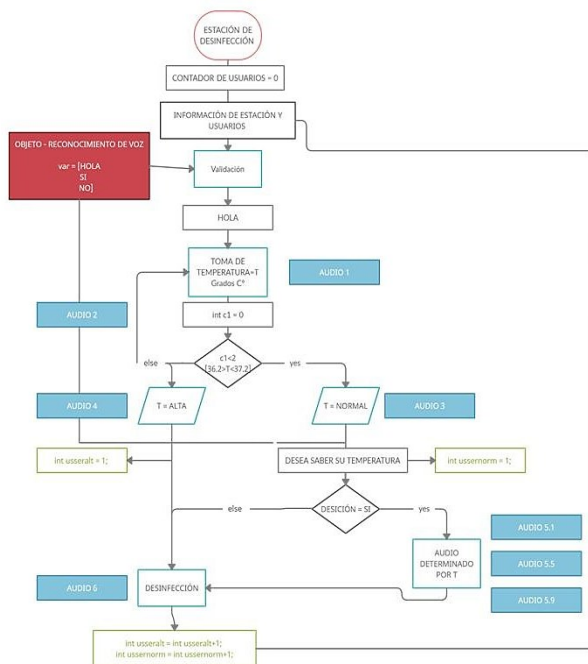


Figura No. 4: Diagrama de flujo código Arduino y Processing.
Fuente: Elaboración propia

J. Conversor DA / DC

Se llaman así a los sistemas que convierten señales digitales a señales analógicas. Esto es una palabra digital vinculada a una tensión o corriente continua. Debido a que la fuente de alimentación selecciona para el módulo es alterna y todos los componentes electrónicos trabajan en forma continua se debió realizar un conversor DA / DC, con el fin de suministrar la potencia requerida por los dispositivos electrónicos para que trabajen de una manera adecuada

K. Alcances y limitantes

Consistió en controlar el ingreso de personal a establecimientos públicos, como lo son los centros de educación, donde se pueden presentar personas con alta temperatura corporal, lo que es un síntoma de alarma frente al Covid-19.

Proporciona información sobre la temperatura corporal de cada individuo que pase por el módulo que, de no estar en los rangos establecidos proporcionará una alarma y recomendará a la persona dirigirse al centro de salud más cercano. La toma de datos estará limitada si la persona que va interactuar con el módulo presenta alguna discapacidad visual, auditiva, de habla o si la persona va en silla de ruedas o le falta alguna extremidad como (brazos o piernas). A pesar de esto, permite la inclusión de personas con discapacidades mediante estrategias como implementar braille donde el módulo pueda guiar a esta persona para el proceso de ingreso y desinfección. También, se validan los componentes en un entorno de laboratorio, considerando al diseño como un sistema integrado.

- **TLR. Nivel de madurez tecnológica cuatro:** validación de componentes y/o pruebas en un entorno de laboratorio: TLR 4
- **Programa de riesgos:** en esta fase se integran los componentes básicos o elementos separados de la tecnología y se valida que funcionen en conjunto a nivel laboratorio, con el objetivo de identificar el potencial de ampliación y cuestiones operativas.

IV. DISEÑO DE LA ESTACIÓN EN SOLIDWORK 2020

Se usó el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020 para hacer el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección, así como para la generación de sus planos con las medidas y especificaciones de cada pieza de dicha estación.

A. Estación Ensamblada

A continuación, se presenta un paso a paso del diseño: la estructura de la estación ya viene hecha en una sola pieza y posteriormente se instala el sensor de temperatura en su respectivo soporte. A partir de esto, se coloca el dispensador de jabón o gel antibacterial sujetado en el respectivo soporte, para luego colocar la pantalla en la base, donde va atornillada y fijada al marco de la estación. La paleta metálica subirá y bajará para regular la entrada de personas al establecimiento (ver figura 5 a 10).

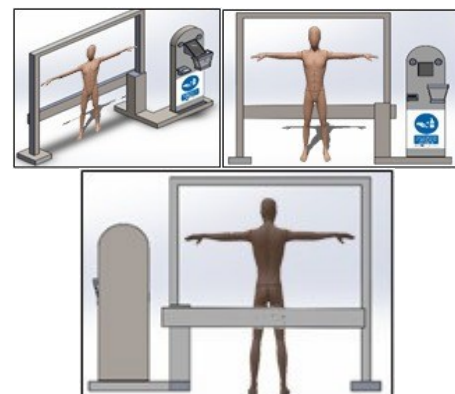


Figura No. 5: Imágenes Estación de Desinfección creada en Solidwork 2020 ya Ensamblada. Fuente: Elaboración propia

B. Pieza 1: estructura o Armazón

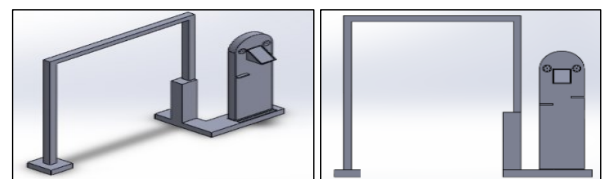


Figura No. 6: Fig. 6. Pieza 1: estructura o Armazón. Fuente: Elaboración propia

C. Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad

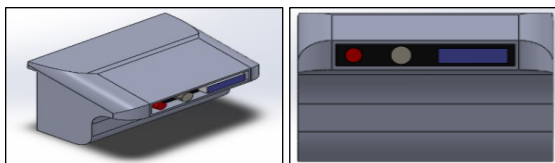


Figura No. 7: Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad.
Fuente: Elaboración propia

D. Pieza 3: dispensador de Jabón

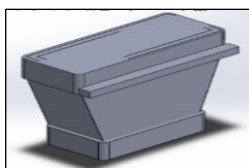


Figura No. 8: Pieza 3: dispensador de Jabón. Fuente:
Elaboración propia

E. Pieza 2: paleta Mecánica

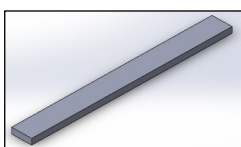


Figura No. 9: Pieza 2: paleta Mecánica. Fuente: Elaboración
propia

F. Pieza 5: pantalla o Monitor

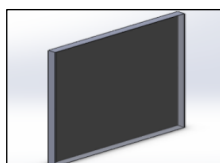


Figura No. 10: Pieza 5: pantalla o Monitor. Fuente: Elaboración
propia

G. Planos

En este segmento se muestran los planos de las diferentes partes que conforman la estructura de la estación de desinfección:

A. Planos Pieza 1: estructura o Armazón

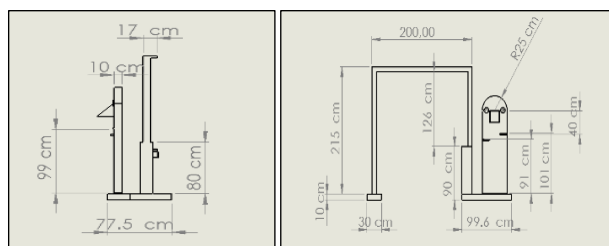


Figura No. 11: Planos Pieza 1: estructura o Armazón. Fuente:
Elaboración propia

B. Plano Pieza 2: paleta Mecánica

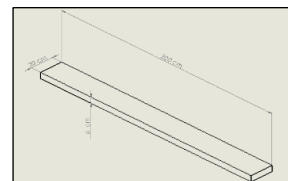


Figura No. 12: Plano Pieza 2: paleta Mecánica. Fuente:
Elaboración propia

C. Plano Pieza 3: dispensador de Jabón

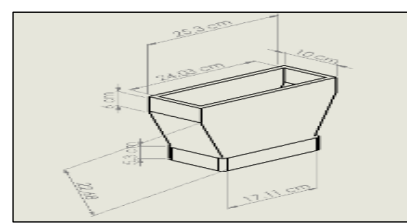


Figura No. 13: Plano Pieza 3: dispensador de Jabón. Fuente:
Elaboración propia

D. Plano Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad

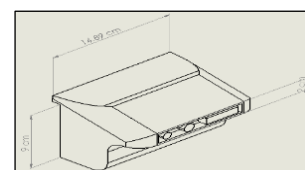


Figura No. 14: Plano Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad.
Fuente: Elaboración propia

E. Plano Pieza 5: pantalla o Monitor

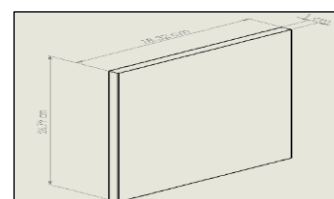


Figura No. 15: Plano Pieza 5: pantalla o Monitor. Fuente:
Elaboración propia

H. Matrices de selección

A. Matriz de selección del software

En cuanto a las matrices de selección se tuvieron en cuenta los parámetros de costo del software y la curva de aprendizaje; es decir, se utilizó software de código libre (Open Source), sabiendo que es un proyecto netamente

educativo, por tal razón, se optó por hacer este análisis que contiene las especificaciones y criterios del entorno de programación en cuanto a la interfaz de usuario (HMI) y sistema programable, conociendo las limitaciones de adquisición del software y manejo de este.

B. Matriz Software ISO 25.000

Calidad del Producto de Software					
Característica	Subcaracterística	Python	Matlab	Java	C#.net
Funcionalidad	Compleitud	4	5	4	5
	Corrección	3	4	3	3
	Idoneidad	4	5	4	3
Rendimiento	Comportamiento en el tiempo	4	4	4	5
	Utilización de recursos	4	5	4	4
Compatibilidad	Coexistencia	4	4	0	5
	Interoperabilidad	4	4	4	4
Usabilidad	Inteligibilidad	4	5	4	4
	Aprendizaje	5	4	4	4
	Operabilidad	4	5	4	4
	Protección a errores de usuario	4	4	3	4
	Atractividad	5	4	3	4
	Accesibilidad	3	5	3	4
Fiabilidad	Madurez	3	4	3	4
	Disponibilidad	4	5	4	3
	Tolerancia a fallos	3	4	3	4
	Capacidad de recuperación	4	4	4	4
Seguridad	Confidencialidad	4	4	4	4
	Integridad	4	4	4	3
	No repudio	4	4	4	4
	Autenticidad	4	4	4	4
	Responsabilidad	4	5	4	4
Mantenibilidad	Modularidad	4	4	3	3
	Reusabilidad	3	4	3	4
	Analizabilidad	4	4	3	4
	Cambiabilidad	4	4	4	4
	Capacidad de ser probado	4	5	4	4
Portabilidad	Adaptabilidad	4	5	4	4
	Facilidad de instalación	4	5	3	4
	Intercambiabilidad	4	4	3	3
Calidad en uso					
Característica	Subcaracterística	Python	Matlab	Java	C#.net
Efectividad	Efectividad	4	4	4	4
Productividad	Productividad	4	5	4	4
Seguridad	Riesgo de daño económico	4	4	4	4
	Riesgo de salud	4	4	4	4
	Riesgo ambiental	4	5	4	4
Satisfacción	Cumplimiento del propósito	4	5	4	4
	Confianza	4	5	4	4
	Placer	4	4	3	4
	Confort	4	5	4	4
Contexto de uso	Flexibilidad	3	5	4	4
	Cumplimiento de contextos de uso	4	5	4	4
TOTAL		160	183	148	153
Nota: Las calificaciones de desempeño y funcionalidad están orientadas a la funcionalidad del software en evaluación al modelado y control de procesos, y a que este tenga Toolbox o librerías para el modelado e identificación.					

TABLA 1. Matriz de selección de software ISO 25.000. Fuente: Elaboración propia

LENGUAJE	INTEROPERATIVIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	Ofrece una rápida interacción con el desarrollador	4
MATLAB	Es eficiente debido a su rápida solución de expresiones	5
JAVA	Mediante comunicación I2c, bluetooth o wifi da gran fiabilidad.	4
C	Con la nueva actualización de framework da asistencia y fiabilidad	4

TABLA. 2. Capacidad de los sistemas de información. Fuente: Elaboración propia

LENGUAJE	COMPLETITUD	PONDERACIÓN
PYTHON	Sintaxis Sencilla. Estructura en sangría	4
MATLAB	Sintaxis Media Sangría Irrelevante	5
JAVA	Sintaxis Media Alta Estructura en sangría	4
C	Sintaxis Media Sangría Irrelevante	5
LENGUAJE	IDONEIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	Compatibilidad con Hardware 80%. Necesidad de Firmware	3
MATLAB	Compatibilidad con Hardware 80%.	4
JAVA	Compatibilidad con Hardware 0%. Solución Externa para diferentes comunicaciones Alámbrica e Inalámbrica	3
C	Compatibilidad con Hardware 100%. Comunicación e instalaciones drivers.	3
LENGUAJE	TIEMPO - VELOCIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	real 0m3.769s	4
MATLAB	real 0m2.974s	4
JAVA	real 0m0.143s	4
C	real 0m0.002s	5

TABLA. 3. Prueba de velocidad de compilación y cómputo. Fuente: Elaboración propia

C. Matriz Software HMI

	Criterios	Python	C	Matlab	Java
Técnicos	Interfaz de usuario	5	5	5	5
	Compatibilidad con Windows	5	5	4	5
	Representación de procesos G	5	3	4	4
	Gráficos de agua y barras	4	3	5	3
	Soporte de idiomas	5	4	5	5
	Robustez	5	3	5	4
	Calidad de gráficos	5	4	4	4
	Comunicación con el proceso	5	5	5	2
	Conexión al entorno	5	2	4	4
	Manejo de software	4	4	2	4
	Sub total	48	38	45	40
Económicos	Costo de software	5	5	2	5
	Casa matriz	5	5	5	5
	Asistencia técnica	4	4	5	4
	Sub total	14	14	12	14
	Puntuación total	62	52	57	54

TABLA 4. Matriz de selección del software HMI. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la selección técnico-económica la mejor opción de software para desarrollar la interactividad de la estación ganó la Python. Pero al igual que Matlab, no dispone de librerías para sensores de prototipado básico, tiene un amplio espectro en instrumentación industrial de difícil acceso para el criterio económico; por tal manera que es más complejo hacer un algoritmo óptimo y funcional. No

obstante, con el lenguaje C de ARDUINO, se dispone de gran cantidad de librerías desarrolladas por los mismos fabricantes o la comunidad Github con el fin de que los dispositivos tengan el mejor rendimiento y compatibilidad con este tipo de micro-controladores.

D. Matriz de selección de tarjetas de control

Al evaluar los diferentes micros controladores del mercado, se tuvieron en cuenta cuatro factores cruciales en la elección de la tarjeta programable, siendo los siguientes: Aspectos técnicos, económicos, compatibilidad del componente sensorico y actuador. La matriz empleada en este caso fue la siguiente:

MARCA	COSTO	PONDERACIÓN
Intel CE C1000	\$ 1.359.342,65 COP	1
ESP32	& 34.000,00 COP	4
Aduino Mega	& 54.487,13 COP	5
Raspberry PI P1CO	& 28.405,00 COP	5

TABLA 5. Matriz de selección de la tarjeta de control o microcontrolador. Fuente: Elaboración propia

E. Matriz de selección del sensor de temperatura

Uno de los factores más importantes de la estación es la toma de temperatura, por tal razón se realizó una matriz de selección, en la cual figuró como requisito más relevante que ninguna extremidad del usuario entrara en contacto directo con alguna superficie de la estación. Adicionalmente, los otros tres factores que se tuvieron en cuenta fueron: el componente técnico, el económico, y de compatibilidad.

	Criterios	Melexis	Omron
Técnicos	Voltaje de operación	5	5
	Corriente de operación	5	5
	Tiempo de respuesta	4	5
	Rango de detección	3	5
	Certificado		
	Precisión	5	5
	Sub total	22	25
Ambientales			
	Temperatura de trabajo	4	5
	Humedad de transición	5	5
	Resistencia a ambientes pesados	1	2
	Sub total	10	12
Económico	Costo de equipo	4	3
	Casa matriz	5	1
	Garantía y servicio		
	Sub total	9	4
	Puntuación total	41	41

TABLA 6. Matriz de selección del sensor de temperatura. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la selección técnico- económica la mejor opción en el aspecto técnico como en el ambiental que tiene una mayor puntuación en el sensor de la Marca Omron, pero en el criterio económico tiene una mejor calificación el sensor marca Melexis, al final en la puntuación total obtiene el mismo valor, pero se escoge pe sensor Melexis debido a que se consigue en Colombia, mientras que el Omron es necesario pedirlo desde EE.UU, demorando el tiempo de entrega.

I. VAN Y TIR

A. Análisis Costo Beneficio.

Se realizó el análisis costo beneficio mediante la fabricación del producto sobre pedidos, proyectando a cuántos se venderían por año. En los respectivos análisis se tomaron periodos anuales que fueron proyectados a 5 años

Productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Mercado Interno	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500	946.787.500
Total :	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500	946.787.500

TABLA 7. Costo proyectado de las ventas en 5 años. Fuente: Elaboración propia

Concep to	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$
Entradas de efectivos	0,0	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500
Ingresos (Ventas)	0,0	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500
Salidas de efectivos	231.000.000	175.300.764	108.477.105	141.88.754	126.650.898	116.081.772
Inversión Total	231.000.000	94.449.071	17.110.607	31.478.701	17.753.715	14.411.226
Capital fijo	231.000.000	57.120.000	13.332.000	31.665.200	18.131.720	17.744.892
Incremento del Capital de Trabajo	0,0	35.329.071	3.778.607	-186.499	-378.005	-3.333.666
Costos de Operación	0,0	46.033.455	51.997.601	78.910.341	75.683.651	73.387.071
Impuestos	0,0	36.818.239	39.368.898	31.491.711	32.913.532	28.283.476
Saldo anual c/b	-	-300.764	84.022.895	54.744.246	73.299.102	66.930.728
Saldo acumulado	-	-231.300.764	-147.277.870	-92.533.623	-19.234.522	47.696.206

*Tasa de Actualización: 15,0%; VAN: \$713.614; TIR: 279%; Periodo de recuperación: 4 años.

TABLA 8. Resultados del VAN y TIR AL proyecto propuesto.

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar los datos obtenidos del VAN y el TIR se pudo apreciar que el proyecto es viable, y que el dinero invertido se recuperará a partir del 3 al 4 año con una rentabilidad sobresaliente, si se trabaja con metas de ventas por año y se cumple con dichas metas. En todos los elementos de fabricación, se agregó un 15% de incremento por año, para prever un aumento en los costos de producción de un 15% con respecto al año anterior.

V.CONCLUSIONES

Al implementar un dispositivo capaz de interactuar con seres humanos, la principal limitación son las formas en la que ellos pueden interactuar con la máquina; es decir; al haber tantas posibilidades de comunicación, es muy complejo hacer que este dispositivo sea inclusivo. El estudio mostró diferentes métodos para monitorear la temperatura, proximidad y reconocimiento de voz, los cuales fueron analizados en diferentes estaciones de desinfección que se han implementado en varios entornos ambientales y en los

que la tecnología han demostrado potencialidad para evitar el contacto humano con los módulos de desinfección existentes y que se han desarrollado en diferentes países, adaptados a distintas circunstancias y entornos de trabajo, recreativo, laboral y sanitario.

Teniendo en cuenta que esta es la versión 1.0 de este dispositivo, se proyecta que para versiones futuras, se realicen mejoras en lo que respecta a la interacción entre el usuario y la estación, y de esta manera, la misma pueda ser usada por personas con limitaciones visuales y/o auditivas.

Entre los criterios de diseño del componente mecánico, electrónico y programático del sistema, se utilizó un software de código libre (Open Source), además se optó por hacer matrices de selección, las cuales contienen las especificaciones y criterios del entorno de programación en cuanto a la interfaz de usuario (HMI) empleando el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020, que se utilizó para el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección. Para la selección de elementos, materiales estructurales y dispositivos electrónicos adecuados para el funcionamiento de la estación, se elaboró una lista de materiales para la construcción, creación y secuencia de ensamble, como los softwares, circuitos eléctricos, y electrónicos de la estación operando con un conversor DA / DC, con el fin de suministrar la potencia requerida por los dispositivos electrónicos para que trabajen de una manera adecuada y con un consumo energético apropiado.

Por lo tanto, se logró diseñar a nivel mecánico, electrónico y programático, la estación interactiva de desinfección, mediante la generación de los planos de construcción de la estación en 2D que muestran el paso a paso de cada punto de los módulos. En cuanto a la implementación de la estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos, se tiene en cuenta que el proyecto es netamente investigativo, sin ejecución física del mismo. No obstante, se llevó a cabo la documentación requerida para la puesta en marcha y que permitirá la construcción. Asimismo, se determinó que este proyecto tiene viabilidad desde el punto de vista económico, financiero y presupuestario para asegurar la construcción en serie.

VI.REFERENCIAS

- [1] Neumosur, Documento General Covid-19. Marzo del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.neumosur.net/files/noticias/2020/Coronavirus/Documentacio%CC%81n%20completa%20de%20Neumosur%20sobre%20covid-19.pdf>
- [2] BBC News. Coronavirus: 8 gráficos para entender cómo la pandemia ha afectado a las mayores economías del mundo. Enero del 2021. [Enero del 2021]. Disponible: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55802814>
- [3] Institute Johns Hopkins, Coronavirus Resource Center. Febrero del 2021[Online]. Disponible: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- [4] Ministerio de Salud Nacional. Coronavirus (Covid-19). Agosto del 2021. [Online]. Disponible: https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/Covid-19_copia.aspx
- [5] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. Reportes y tableros de control. Junio del 2021. [Online]. Disponible: [https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20junio,2020%20\(19%2C8%25\)](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20junio,2020%20(19%2C8%25))
- [6] LR la república. Estos son los efectos económicos que deja el primer año de pandemia en Colombia. Febrero del 2021. [Online]. Disponible: <https://www.larepublica.co/economia/estos-son-los-efectos-economicos-que-deja-el-primero-ano-de-pandemia-en-colombia-3135411>
- [7] V. Singh, S. Supedia, P. Gupta, H. Narula, M. Sharma y K. Devi, "Effectiveness of video modules in infection control trainings during Covid-19 pandemic: A quasi-experimental study in tertiary care institute" Journal of education and health promotion, vol. 10, no. 1, pp. 147-158, Diciembre 2021.
- [8] S. Hussain, Y. Yu, M. Ayoub, A. Khan, R. Rehman, J.A. Wahid y W.Y Hou, "Enfoque basado en IoT y aprendizaje profundo para detección rápida y detección de mascarillas para el control de la propagación de infecciones de Covid-19" Ciencias aplicadas-basilea, vol. 11, no. 8, pp. 3495-3685. abril del 2021.
- [9] L.S Jiang, y H. S. Hongsheng, "Surgical Protocol in a West China Day Surgery Center During the Covid-19 Pandemic: Practice and Experience" Surgical Innovation, vol. 28, no. 1, pp.53-57, febrero del 2021.
- [10] B. Ramalingam, J. Yin, M.R Elara, Y.K Tamilselvam, M.M y M.V, "Un robot de apoyo humano para la limpieza y el mantenimiento de las manijas de las puertas mediante un marco de aprendizaje profundo" Sensores, vol. 20, no. 12, pp. 3543-3651, junio, 2020.
- [11] Z.Y Wang, Y.Y Fu, Z.D Guo, J.M Li y H.L Cheng, "Transmission and prevention of SARS-CoV-2" Biochemical society transactions, vol. 48, no. 5, pp. 2307-2316, Octubre del 2020.
- [12] Salud Canales Mapfre, ¿Qué temperatura se considera fiebre? Mayo del 2021 [Online]. Disponible: <https://Www.Salud.Mapfre.Es/Enfermedades/Reportajes-Enfermedades/Temperatura-Fiebre/>
- [13] Rechner Sensore. El sensor de temperatura, diciembre del 2020 [Online]. Disponible: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura>
- [14] Murki Robot.Solenoides: actuador electromagnético. Abril del 2017. [Online]. Disponible: <https://www.murkyrobot.com/guias/actuadores/solenoides>
- [15] Kompo Norteamérica, Feleti estación de higiene de control integral SO-2. Junio del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.komponorthamerica.com/es/catalogue/so-2-es/#1513003998695-1fc99abd-c31a>
- [16] SANIPLUS. Estación de Higiene de Temperatura y Desinfección. Mayo del 2018. [Online]. Disponible: <https://www.sanotec.es/saniplus-estacion-temperatura-covid>
- [17] Alldatasheet, MLX90614 Datasheet(HTML) 5 Page - List of Unclassified Manufacturers. Octubre del 2017. [Online]. Disponible: https://html.alldatasheet.com/html-pdf/218976/ETC2/MLX90614_06/524/5/MLX90614_06.htmlAIL

[18] Alldatasheet, GP2Y0E03 Datasheet (HTML) - Sharp Electronic Components. Agosto del 2017. [Online]. Disponible: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1243994/SHARP/GP2Y0E03.html>

[19] SysconFace: pantalla de reconocimiento facial y detección de temperatura para instalaciones, abril del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.digitalvmagazine.com/2020/04/21/sysconface-pantalla-reconocimiento-facial-y-deteccion-temperatura-instalaciones/>

Baterías costeras basadas en micro reactores como la décima (# 10) alternativa en energías renovables para la disminución de la huella de carbono en la región caribe colombiana

Freddy Goyeneche L.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2554-7382>. Licenciado en Biología y Química y Especialista en Gestión de Laboratorios, Egresado de la Universidad del Atlántico y del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; Instructor/docente Regional Atlántico Centro Nacional Colombo Alemán CNCA, Programas Especiales, Líder del Semillero Sipa adscrito a SENNOVA e-mail: fgoyenechel@misena.edu.co

Resumen - Se consideran energías renovables aquellas que se obtienen de fuentes naturales inagotables y generan corriente eléctrica sin contribuir al cambio climático. Estas energías deben ser “limpias y competitivas” diferenciándose de los combustibles fósiles derivados del petróleo por su multi pluralidad, abundancia o potencial de aprovechamiento en cualquier parte del mundo, pero sobre todo por no producir gases de efecto invernadero ni emisiones contaminantes de dióxido de carbono (CO₂) causantes del calentamiento global. Además, sus bajos costos de operación se transforman a una forma sostenible y de fácil acceso.

Las energías renovables van en aumento, según las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la participación de las energías renovables en el suministro eléctrico global pasará del 26% en 2018 al 44% en 2040, y proporcionarán 2/3 de la demanda eléctrica registrado en ese tiempo, principalmente a través de tecnologías normalmente conocidas como eólica (viento) y fotovoltaica (solar). Las energías limpias son fundamentales para luchar contra el cambio climático y limitar sus efectos destructores. El 2019 fue el segundo año más cálido desde que existen registros, por detrás de 2016. La temperatura media de los últimos cinco años ha sido aproximadamente 1,2 grados centígrados °C superior al nivel preindustrial, según el servicio de cambio climático de Copernicus (C3S). El objetivo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es lograr el acceso universal a la electricidad en 2030, y en paralelo unos 860 millones de personas en el planeta carecen todavía de acceso a la electricidad (2018), lo que requiere un amplio esfuerzo adicional en el despliegue de las energías limpias.

Por tal motivo, es imprescindible entrar en esta carrera hacia la búsqueda de nuevas y novedosas alternativas en la implementación de energías no convencionales con un menor grado de contaminación, con el propósito de contribuir a mitigar o disminuir el cambio climático a través de Baterías costeras basadas en micro reactores como la décima (# 10) alternativa en energías renovables para la disminución de la huella de carbono en la Región del Caribe Colombiano.

Palabras clave: energía, formación, investigación, metal

I. INTRODUCCIÓN

Coloquialmente el termino baterías de costa se acuñaba para unidades militares que se situaban a la orilla del mar y su propósito principal era defender un sitio o ubicación frente a los ataques de ejércitos enemigos. Del anterior concepto y justificado en el preámbulo introductorio del presente proyecto de investigación formativa y aplicada, surgió la idea en la necesidad de fabricar “Baterías Costeras” basadas en micro reactores para el uso de energías limpias en la reducción de la huella de carbono para la región caribe colombiana, con el objetivo de usarlas e implementarlas en zonas como (malecones, desembocaduras de ríos, puertos, bahías, playas, municipios y zonas en difícil acceso que no cuentan con corriente eléctrica).

La media de CO₂ generada por un colombiano promedio es de aproximadamente 4 toneladas al año. Para compensar la emisión de estos gases, se calcula que habría que plantar por lo menos 1 o 2 árboles por persona, ya que cada uno sería capaz de capturar 4 toneladas de CO₂ en el mismo periodo de tiempo.

Entre las energías convencionales tenemos la siguiente clasificación:

1. **Energía eólica:** la energía que se obtiene del viento.
2. **Energía solar:** la energía que se obtiene del sol. Las principales tecnologías alternativas actualmente son la solar fotovoltaica (aprovecha la luz del sol) y la solar térmica (aprovecha el calor del sol).
3. **Energía hidráulica o hidroeléctrica:** la energía que se obtiene de los ríos y corrientes de agua dulce (según interpretación – esta tecnología está siendo evaluada y generadores de gas metano (CH₄), producto del represamiento por la descomposición

vegetal, que convierte la energía potencial del agua acumulada a cinética en caída libre).

4. **Biomasa- biogás:** extraída de la materia orgánica que compone los seres vivos.

5. **Energía geotérmica:** el calor almacenado en el fondo de nuestro planeta.

6. **Energía mareomotriz:** obtenida de las mareas del océano.

7. **Energía undimotriz u ola motriz:** proveniente de las olas del mar.

8. **Bioetanol:** combustible para la locomoción sintetizado por medio de la fermentación como productos vegetales.

9. **Biodiésel:** combustible orgánico obtenido de aceites extraídos de planta, sirve para la automoción.

Por lo anterior, partimos a dar solución a la necesidad de buscar nuevas formas o alternativas diversas a través de fuentes o tecnologías que generen energías limpias diferentes a las ya existentes, que nos permitan cubrir la demanda local y global actual de dicho requerimiento, partiendo desde la siguiente pregunta problema:

¿Qué iniciativa que involucre el uso de energías limpias se podría implementar para la reducción de la huella de carbono en la región caribe colombiana?

II. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

Nuestra investigación parte desde una metodología experimental, bajo el marco normativo colombiano del decreto 829 del 2020 y la ley 2099 del 2021, que buscan brindar incentivos para una transición energética del país, basados en el estudio y aplicación de una décima (#10) alternativa en energía renovable, en este caso independiente que se suma a las anteriormente descritas y cuya tecnología está basada en micro reactores de energía limpia denominados genéricamente como “Baterías Costeras Ecológicas”, usando la “energía química” del agua de mar o salina, gracias a su ciclo hidrológico natural o mineral, a diferencia de las pilas o baterías tradicionales de litio.

El agua salada es conocida como una mezcla o solución (soluto + solvente) que forma nuestros mares, ejemplo el océano atlántico, el mar caribe o pacífico que rodea nuestra geografía. Es salada por la alta concentración de minerales de Sodio (Na^+), Cloro (Cl^-)

) Magnesio (Mg^{++}), Calcio(Ca^{++}) entre otras más, contiene en su totalidad un 3,5 %, * 1000 gramos de la disolución, en otras palabras hay 35 gramos de sales disueltas por cada litro, y la densidad promedio del agua de mar en la superficie es de aproximadamente 1,025 g/ml, siendo más densa que el agua dulce y el agua potable.

A mayor concentración en minerales, menor es su punto de enfriamiento, debido a esto el agua del mar se congela bajo los -2°C . Los océanos contienen un 97,25 % del total de agua que compone la hidrosfera de nuestro planeta.



Figura No. 1: Materiales y reactivos utilizados para la fabricación del prototipo de baterías costeras basados en micro reactores de energías renovables. Fuente: propia

Como se observa en la figura 1, el elemento conductor que se utiliza para el desarrollo inicial de este prototipo es el Cobre. El cobre de fórmula química (Cu^{++}) es el metal más reciclado, buena parte de la demanda de este material se cubre a través del reciclaje.

El protagonismo del cobre para la industria y la vida cotidiana supone una gran ventaja desde el reciclado como chatarra que permite producir productos semielaborados como por ejemplo tubos de cobre, laminas e hilo, etc., por ser un material semiconductor y maleable, para su posterior uso en sectores tecnológicos de la energía, la salud y de la construcción.

El cobre es 99% reciclable, por lo general no pierde sus características fisicoquímicas. El rendimiento energético que produce este metal es muy importante en comparación con otros y en contraposición a su mayor grado de oxidación. El proceso logístico para la extracción minera, el transporte, su fundición y/o refinación del (Cu), favorece a la no emisión de grandes toneladas de CO_2 convirtiéndose en fuente valiosas para el resguardo de gas y carbón, beneficiando a los sistemas acuáticos, terrestres y aéreos de nuestros ecosistemas. Según la Copper Development Association, un 12% del cobre mundial

ha sido explotado a lo largo de la historia, cuya cantidad estimada indica que la variación del 80% todavía circula en el comercio.

Es poco probable que el Cu se agote: aunque la extracción disminuya, continuará circulando al poder reciclarse por completo. En países como Colombia actualmente hay empresas que cuentan con posibles proyectos para la exploración y explotación del metal en la cordillera de los Andes, claro está que esto solo sería probable aun mediano plazo bajo los estudios previos de aprobación y autorizaciones por parte de la Agencia de Licencias Ambientales ANLA.

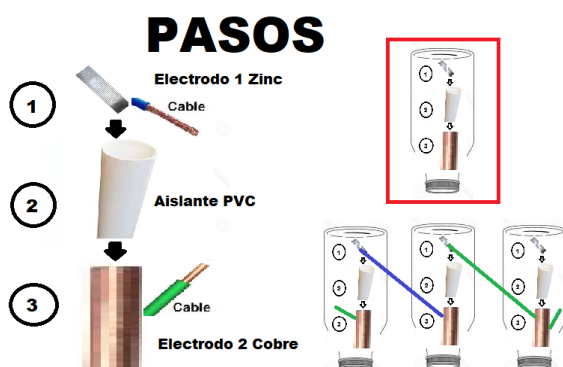


Figura No. 2: Montaje eléctrico para la fabricación del prototipo inicial de batería costera basada en micro reactores de energía renovables. Fuente: propia

Como se observa en la figura 2, se muestra de forma didáctica el montaje para el diseño del prototipo desde la estructura del cableado y su organización secuencial por donde serán redirigidos los electrones o corriente eléctrica (voltios) generados por la reacción entre el agua de mar con los electrodos positivo y negativo del circuito dentro del micro reactor en la batería.

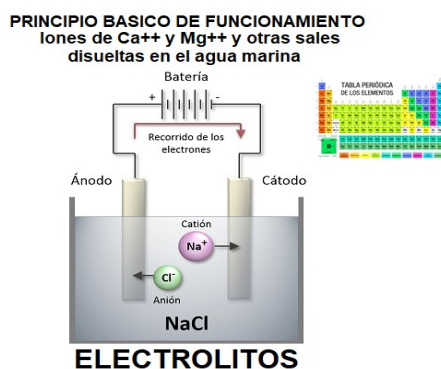


Figura No. 3: Fig. 3. Explicación del funcionamiento y operación básica del dispositivo. Fuente: internet

Como se observa en la figura 3, se explica el principio básico fisicoquímico del funcionamiento del dispositivo, donde los iones de Cloro (Cl^-) y Sodio (Na^+) interactúan con los polos positivo y negativo del ánodo de Cobre (Cu^{++}) y el cátodo de Hierro (Fe^{+++}) con una capa de galvanizado de Zinc (Zn) para generar electricidad. La reacción anteriormente descrita, desde la concepción práctica, basados en el término de “contaminación cero” es difícil de alcanzar a un 100%, debido que el residuo o el sub producto generado de Cloruro de Cobre (CuCl_2) o de Hierro (FeCl_3) en solución acuosa con una concentración media de metales pesados, debe ser pasado a un tratamiento posterior. (Ley N°19300 "Bases Generales del Medio Ambiente").

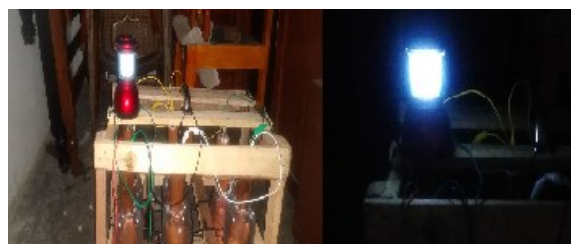


Figura No. 4: Detalle en la demostración de la implementación y pruebas del dispositivo. Fuente: propia

Como se observa en la figura 4, se demuestra el funcionamiento del prototipo de batería costera basado en micro reactores de energías renovables para la disminución de la huella de carbono en la región caribe colombiana, por medio de una lámpara de 12 led de consumo energético de 1.5 voltios cada uno y capaz de iluminar un cuarto u habitación de aproximado de 30 metros cúbicos para su iluminación, producto de la interacción iónica entre las sales disueltas del agua de mar o salina con el ánodo del cobre y cátodo del hierro galvanizado.

Partiendo desde un nuevo concepto de “Ciencia Productiva” que integre a la comunidad científica, académica y empresarial en el desarrollo e innovación de nuevas tecnologías que dinamicen la empleabilidad laboral de sus conciudadanos, no solo desde un punto de vista investigativo, si no desde la generación de ingresos económicos a sus pobladores y de los beneficios tangibles que estos puedan obtener, como lo es el acceso a la información vía internet gracias a la alimentación eléctrica para sus dispositivos móviles como computadores, tables o celulares, por lo cual este proyecto fue inspirado en una película de ciencia ficción.



Figura No. 5: Foto alusiva, inspirada en la película Iron Man, para la fabricación del prototipo de batería costera basado en micro reactores de energía renovable. Fuente: internet

En el marco del Programa Fortalecimiento Atlántico, nace FOCUS 2.0 como una estrategia de innovación abierta para solucionar retos empresariales en el departamento con el apoyo del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SRCTeI), la cual busca ideas en la ciudadanía que permitan no solo a sus municipios, sino también a toda la región caribe, el visionarse y fortalecerse como piedra angular desde la mirada de un territorio inteligente y sostenible, bajo la correcta planeación y competitividad a 2035.

El calentamiento global o cambio climático, es una realidad que afecta a todos los seres vivos del planeta, diariamente los seres humanos y organizaciones utilizan de manera desmedida algún tipo de recurso como el hídrico, el energético, logísticos o de transporte, entre otros, sin tener en cuenta la cantidad de emisiones contaminantes que se originan a partir de estas actividades y aun de las más complejas como el fabricar o producir a gran escala muchos de los productos que hoy utilizamos.

Todas estas actividades van dejando a su paso una marca que se conoce como la huella de carbono o la huella hídrica, caso de la primera interpretada como la cantidad de gases emitidos que causan el famosos efecto invernadero, relevantes al cambio climático y asociadas a los sistemas de producción de las empresas y al consumo por parte de los seres humanos.

Es importante mencionar que la neutralidad del carbono se presenta al expulsar dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera de la misma manera que esta debe ser extraída. Se distinguen diferentes maneras de lograr este equilibrio, por ejemplo, producir menos CO₂, para que las plantas que realizan funciones catalizadoras del carbono a través de la fotosíntesis, lo transforman en oxígeno y así ayudar a reducir dichas emisiones.

También se puede reducir estos gases por medio de la neutralidad del carbono a través de la llamada “compensación de carbono”, que consiste en equilibrar las emisiones emitidas en un sector determinado mediante la reducción de CO₂ en otro lugar. Esto puede lograrse a través de la generación de alternativas como la eficiencia de la energía y otras tecnologías no contaminantes.

Por lo anterior, es importante que los territorios empiecen a apostarle a la generación de energías a partir de la biomasa, de las radiaciones solares, el viento, las olas del mar, entre otras. Se calcula que energías efectivas pueden minimizar el consumo eléctrico en torres residenciales y de la industria en un aproximado de alrededor el 15%.

En función de lo anterior, se mencionaba que la ciudadanía priorizo como línea estratégica para la competitividad del departamento, la reducción de la huella de carbono. Por tal razón se presentó el reto denominado: Qué iniciativa que involucre el uso de energías limpias se podría implementar para la reducción de la huella de carbono en el departamento del atlántico, del cual con el proyecto de “Baterías Costeras” fuimos ganadores en el año 2021 ocupando el 3° lugar con un premio o incentivo por valor de \$1.000.000 COP, lo cual puede ser consultado vía web.

III. RESULTADOS

Según los datos obtenidos experimentalmente en los ensayos arrojados con el prototipo inicial para el escalamiento a mediano y largo plazo en el uso de baterías costeras basado en micro reactores de energía renovable a través del combustible líquido inagotable como lo es el agua de mar, encontramos los siguientes resultados:

Tabla 1:

DATOS OBTENIDOS	
Rendimiento Agua Marina	Rendimiento Agua Salina (NaCl)
Voltios generados: 2.5 -5 V ($\pm$) 2	Voltios generados: 2.5 -5 V ($\pm$) 2
Tiempo de iluminación promedio: Mayor a 72 Horas	Tiempo de iluminación promedio: Mayor a 72 Horas
N° de Botellas Plásticas * L: 3 – 6 - 9	N° de Botellas Plásticas * L: 3 – 6 - 9
Eficacia / Rendimiento: 70 – 80 %	Eficacia / Rendimiento: 70 – 80 %
Observaciones: para el agua marina el % de sales disueltas * L es de 35 g. La batería es portable con un peso de 10 Kg aproximadamente.	

Como se especifica en la tabla 1, se muestra un rendimiento de aproximadamente 1 voltio (V) producido por cada litro de agua marina, lo cual indica el aumento secuencial del voltaje al incrementar la cantidad de botellas plásticas con capacidad de 1000 mL o cc cada una, utilizadas en la experimentación, arrojando un voltaje final entre 5 – 7.5 voltios (V) por cada 9 litros, teniendo en cuenta la pérdida de corriente por el cableado y cuyo voltaje inicial es suficiente para el cargue de pequeños dispositivos electrónicos e iluminación. Según los resultados generales de los datos obtenidos, se visiona la funcionalidad, viabilidad y el escalamiento a un corto mediano o futuro plazo, por medio de un posible apoyo o patrocinio financiero por parte del sector público y/o privado para la puesta en marcha de equipos portátiles o a gran escala de las tres ideas seleccionados como ganadoras.

Por otro lado, se llega al resultado cualitativo y subjetivo para el caso de las soluciones que aportan y brindan nuevas herramientas y estrategias en contra de la escasez energética y a la crisis climática actual, la importancia sobre la explotación responsable de metales tan importantes como el Cobre (Cu) en Colombia y a nivel mundial, siendo este elemento el principal protagonista del actual desarrollo tecnológico para las energías renovables.

IV. CONCLUSIÓN

En conclusión, según los resultados obtenidos se fabrica el 1° prototipo funcional, viable y escalable a bajo costo con material reciclable, como alternativa para el fortalecimiento de tecnologías verdes que generan un impacto social en la región, disminuyendo en un pequeño porcentaje la huella de carbono en el planeta desde ciénagas salinas, desembocadura de ríos, costas y playas en el departamento del atlántico así como en zonas, caseríos, pueblos o municipios de difícil acceso donde no se cuenta con servicio de energía eléctrica.

Gracias al uso de las “Baterías Costeras basadas en micro reactores de energías renovables” las personas pueden contribuir al ahorro del gasto eléctrico y economizar dinero usándolas como alimentadores de corriente - voltaje para focos, bombillas o lámparas que iluminen sus entornos inmediatos, así como para el cargue de sus pequeños dispositivos móviles electrónicos como celulares, tables o computadores, ayudando a la disminución del CO₂ producido por las plantas hidroeléctricas de su ciudad, región o territorio. En la actualidad se ha comprobado que en las plantas de turbinas o represas de agua hidroeléctricas se generan muchas más emisiones de CO₂ con una alta contaminación arrojadas al ambiente que el de otras fuentes de carbón o gas.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Agencia internacional de la energía, revista national geographic en su número especial del cambio climático (noviembre de 2015), 10 argumentos a favor de las energías renovables - sostenibilidad para todos.
- [2] Anderson, d.m. and f.m.m. morel, 1978. copper sensitivity of gonyaulax tamarensis. limnol. oceanogr., 23: 283-295.
- [3] Efectos del cobre sobre la salud. Lenntech [30 de abril de 2007].
- [4] Fichas internacionales de seguridad química. Cobre N° CAS 7440-50-8 Archivado el 15 de junio de 2016 en Wayback Machine. [30 de abril de 2007]
- [5] FERGUSSON, J.F., 1990. The heavy Elements. Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects. Pergamon Press.
- [6] HARTE, J., C. HOLDEN, R. SCHENEIDER, C. SHIREY, 1991. Toxics A to Z. A guide to everyday pollution hazards. Univ. of California Press.
- [7] Ley N°19300 "Bases Generales del Medio Ambiente".
- [8] Reciclaje de cobre: recuperación y reutilización enviado por alsimet el mié, 05/10/2017 - 07:16

<http://www.alsimet.es/es/noticias/reciclaje-cobre-recuperacion-reutilizacion>

[9] Sharma, v.k. and f.j. millero, 1988b. the oxidation of cu(i) in electrolyte solutions. *journal of solution chemistry*. 17 (6): 581-599.

[10] Sociedad Nacional Minera de Chile. «Precio Histórico del Cobre». SONAMI.

[11] William F. Smith (1998). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Madrid: Editorial Mc Graw Hill. ISBN 84-481-1429-9.

[12] Zika, R.G., 1981. Marine Organic Photochemistry. In: E.K. Duursma and R. Dawson (Editors), *Marine Organic Chemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp. 299-325.

Soluciones informáticas desde el semillero de investigación TECSIS

R. D. Cárdenas

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2417-844X> . Líder Semillero de Investigación E-InnovaCMM Centro Metalmecánico SENA Distrito Capital y TECSIS Universidad de Caldas Facultad de Ingeniería

Resumen— El objetivo del proyecto es diseñar estrategias metodológicas didácticas activas, que permitan dinamizar los semilleros de investigación a través de la articulación, cooperación y estrategia de dinamización de los procesos de Ciencia, Tecnología e Innovación mediados por Tecnologías de Comunicación e Información. La metodología realizada consiste en una investigación experimental con trabajo de campo, de carácter analítico y descriptivo, desarrollada en fases de Análisis, Planeación, Diseño y Ejecución, desde el Semillero de Investigación TECSIS como proyecto de aula de la asignatura Fundamentos de Investigación para la Innovación, utilizando instrumentos como Mapa de Empatía, Escenarios de Uso, Modelo de Negocio CANVAS, Resumen Analítico Estructurado y Pitch. El resultado obtenido es la estructuración de 19 proyectos que brindan soluciones tecnológicas informáticas a problemas del contexto Local del Departamento de Caldas. El desarrollo de este proyecto sirve de línea base para aplicar en diferentes semilleros de investigación de las Instituciones de Educación Superior del país en la implementación de estrategias y metodologías que permiten la producción y divulgación científica.

Palabras clave— *Gestión de proyectos (Projects Management), Soluciones informáticas (Computer Solutions), Semillero de Investigación (Research Hotbed), Desarrollo de Software (Software Development), Proyectos TI (IT Projects).*

I. NOMENCLATURA

ESCENARIOS DE USO: Historia que comprender cuáles son las necesidades y motivaciones del usuario a utilizar el diseño de un producto o servicio [1].

MAPA DE EMPATÍA: Formato que busca describir el cliente ideal de una empresa por medio de análisis de 6 aspectos, relacionados a los sentimientos del ser humano. Puede ser realizado a partir de preguntas que ayudan a entender a conocer el cliente y como relacionarse con él. [2].

MODELO DE NEGOCIO CANVAS: Herramienta, que en forma de una plantilla permite de forma simplificada, analizar y crear modelos de negocio [3].

PITCH: Presentación breve en la que describimos una empresa, sea cual sea su actividad, y sea cual sea el estado de desarrollo de la idea de negocio. [4].

RESUMEN ANALÍTICO ESTRUCTURADO: Consiste en la elaboración de un análisis resumido de un texto determinado. Es una síntesis de los conceptos, planteamientos, propuestas o ideas, siguiendo la organización estructural del texto original, destacando sus elementos esenciales. [5].

II. INTRODUCCIÓN

Este proyecto sirve de línea base para aplicar en diferentes semilleros de investigación de las Instituciones de Educación Superior del país en la implementación de estrategias y metodologías que permiten la producción y divulgación científica.

El software, se ha constituido en uno de los más grandes sucesos de la época moderna y ha sido fundamental para los grandes adelantos tecnológicos, en casi todos los campos del saber. Al crear aplicaciones es indispensable, el uso de metodologías, métodos y estándares que permiten el desarrollo y la gestión de proyectos de software con un enfoque de calidad, que permitan a los clientes y usuarios finales, obtener un producto que cumpla con sus expectativas. [6].

Los semilleros de investigación al ser un espacio de participación voluntaria donde se realiza investigación formativa en contexto [7], no solo contribuye a los procesos de registro calificado y de alta calidad ante el Ministerio de Educación Nacional, sino que permite desarrollar competencias en investigación, innovación y emprendimiento abriendo una oportunidad para realizar divulgación y producción científica e innovadora desde los procesos de formación.

Un semillero de investigación es el espacio para el desarrollo de las habilidades prácticas investigativas.

En él, se espera que tanto los docentes y estudiantes construyan conocimiento basado en la solución de problemas reales, particulares a su entorno y generen propuestas de cambio y mejoramiento en múltiples dimensiones, bien sean sociales, científicas, técnicas y/o tecnológicas. [8].

En este contexto, se hace necesario proporcionar a los estudiantes de la facultad de Ingenierías (Ingeniería Informática y Tecnología en Sistemas Informáticos), herramientas y técnicas que permitan el Desarrollo Y gestión de Software y soluciones de Tecnologías de Información para la investigación e innovación.

A pesar de tener a nuestro alcance un bagaje de herramientas tecnológicas y las tecnologías de la información y comunicación los estudiantes de los programas especiales presentan una escasa iniciativa de proyectos de Tecnologías de Información que soluciones problemas del contexto regional o local, debido sus limitantes en tiempo, espacio y recursos.

El problema es la ausencia de alternativas para vincularse y participar en procesos de investigación formativa en contexto para enfrentarse el entorno laboral por no saber formular ni ejecutar proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación. [9], [10] y [11].

La pregunta de investigación es: ¿Cómo diseñar Soluciones Tecnológicas Informáticas a problemas del contexto local desde el Semillero de Investigación TECSIS?

El proyecto consiste en diseñar estrategias metodológicas didácticas activas, que permitan dinamizar los semilleros de investigación a través de la articulación, cooperación y estrategia de dinamización de los procesos de Ciencia, Tecnología e Innovación mediados por Tecnologías de Comunicación e Información para desarrollar el aprendizaje colaborativo, transferencia de conocimientos, estrategias y metodologías que permiten la producción y divulgación científica en la Universidad de Caldas, a través del diseño de programas y soluciones tecnológicas a problemas del contexto Local de los Municipios donde hace presencia la Universidad de Caldas (La Dorada, Manizales, Riosucio) articulando el B-Learning y el Modelo Presencia, Alcance, Capacitación, Interacción y E-Learning PACIE a través de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). [12].

Los objetivos específicos para el proyecto son:

1. Vincular los estudiantes de la Universidad de Caldas al Semillero de Investigación TECSIS para fortalecer la formación investigativa en el contexto de los municipios de Manizales La Dorada, Supía, Risaralda y Riosucio.
2. Realizar la intervención en campo mediante estrategias didácticas apoyadas en TIC para la estructuración de proyectos informáticos que soluciones los problemas del contexto Local.
3. Diseñar las iniciativas de investigación identificadas por parte de los estudiantes con la respectiva retroalimentación, establecimiento de acuerdos y compromisos para desarrollar un plan de trabajo.
4. Estructurar soluciones informáticas a los problemas del contexto Local desde el Semillero de Investigación TECSIS:
5. Divulgar a través de productos de Ciencia, Tecnología e Innovación los resultados logrados en el proyecto.

En este documento encontrarán la metodología, seguido de los resultados, conclusiones y referencias.

III. METODOLOGÍA

La metodología realizada consiste en una investigación experimental con trabajo de campo, de carácter analítico y descriptivo, desarrollada en fases de Análisis, Planeación, Diseño y Ejecución, desde el Semillero de Investigación TECSIS [13] como proyecto de aula de la asignatura Fundamentos de Investigación para la Innovación, utilizando instrumentos como Mapa de Empatía, Escenarios de Uso, Modelo de Negocio CANVAS, Resumen Analístico Estructurado y Pitch.

Para la Implementación del proyecto se realizó lo siguiente:

Vinculación de estudiantes de la Universidad de Caldas al Semillero de Investigación TECSIS que fortalecerán la formación investigativa de los estudiantes de Manizales y los Centros Regionales de Educación Superior CERES de la Dorada y Riosucio.

Intervención en campo mediante estrategias

didácticas apoyadas en Tecnologías de Información y Comunicación TIC para la estructuración de proyectos informáticos que soluciones los problemas del contexto Local.

Diseño de iniciativas de investigación identificadas por parte de los estudiantes con la respectiva retroalimentación, establecimiento de acuerdos y compromisos para desarrollar un plan de trabajo.

Caracterización de problemas del campo de conocimiento (revisión documental, observación participante, entrevistas, filmaciones, talleres -pitch, mapa de empatía, escenarios de uso, diseño de prototipos).

Capacitación en el tema de divulgación científica a través de póster y artículo científico.

Talleres y grupos focales inter-semilleros.

Ordenamiento, análisis y procesamiento de la información.

Divulgación a través de productos de Ciencia, Tecnología e Innovación los resultados logrados en el proyecto.

La estrategia y hoja de ruta se trabaja en tres escenarios así:

- Participación de Voluntarios de la comunidad académica: Se realiza acompañamiento de los Semilleros de Investigación en la Noche o Fin de Semana que los estudiantes no tengan Formación. [12].
- Acompañamiento en Campo: Se participa en las clases designadas por el Coordinador de Programa al Docente Tutor en las asignaturas que requieran acompañamiento metodológico para la formulación, estructuración, seguimiento, evaluación y documentación de los mismos. [12].
- Proyectos de Interés del programa: Se realiza el acompañamiento a los proyectos de los estudiantes que están realizando en el programa y que requieren formular e implementarlos con el acompañamiento pertinente. [12].

Los Talleres de Sensibilización y Motivación tienen los siguientes propósitos: sensibilizar, motivar a los estudiantes y docentes de la comunidad educativa sobre los objetivos, alcances y ventajas de los semilleros de investigación; presentar el semillero de investigación del Programa Tecnológico y la manera en que este fortalece las líneas de investigación del grupo de investigación adscrito a éste; convocar la comunidad académica para que se inscriban al semillero de investigación, con el fin de trabajar propuestas que ayuden a la formación investigativa y

puedan convertirse en apoyo a los proyectos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación, según la calidad y estructuración de sus iniciativas; presentar las líneas de investigación del programa tecnológico. [12].

Los talleres de consolidación y Producción presentaran las metodologías, herramientas y técnicas de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación que fomenten la elaboración de artículos, ponencias, libros y prototipos funcionales. [12].

IV. RESULTADOS

La imagen 1 muestra el alistamiento, organización y configuración de los contenidos en del Campus Virtual Semillero de Investigación TECSIS a partir de los recursos Educativos Digitales desarrollados en el semillero de investigación E-InnovaCMM:



Figura No. 1: Campus Virtual en MOODLE del Semillero de Investigación TECSIS.

Se realizó Sensibilización en Manizales y los Municipios de Anserma, Riosucio y La Dorada del Proyecto, en la cual participaron todos los actores del proyecto Coordinación de Semilleros, directores de Programa, Estudiantes y Profesores, para el cual se desarrolló en un Video [14].

La imagen 2 evidencia la primera actividad de acompañamiento en campo el 13 de abril con los nuevos Integrantes del Semillero de Investigación TECSIS de La Dorada en la orientación del Taller “Aspectos Clave para formular un Proyecto



Figura No. 2: Sensibilización en Campo del Proyecto.

A continuación, se relacionan las experiencias de diseño y estructuración Proyectos para Desarrollo de Software año 2021, en los cuales, cada estudiante logró estructurar su idea de proyecto consolidándola en un Póster Científico, un Artículo Científico con los soportes de un Video Pitch con su idea de proyecto, diligenciamiento del Mapa de Empatía, Fichas Bibliográficas, Escenarios de Uso, Modelo de Negocio CANVAS, Desarrollo de Encuesta, Registro de Software, Creación Marca- Estos proyectos fueron:

1. Aplicación web para peticiones, quejas, reclamos y sugerencias en instituciones prestadoras de salud privadas
2. Aplicación para brindar servicio de mantenimiento de refrigeración en el municipio de Supía
3. Sistema para editar videos en la nube para creadores de contenido latinoamericanos
4. Sistema para gestión de reservas y administración de flotas terrestres en terminales de transporte.
5. Aplicación “RIOMARKET” para la venta de productos en establecimientos comerciales de Riosucio caldas
6. Aplicación georreferenciada para el control de transporte vehicular en distribución en empresa logísticas 4-72
7. Aplicación móvil para administrar el proceso de recolección en las basuras de Riosucio Caldas.

8. Aplicación para búsqueda de influenciadores o portales que permitan realizar marketing empresarial en Colombia
9. Aplicación para cuidado de mascotas en Manizales con servicios y asesorías profesionales especializadas integradas
10. Aplicación para optimización de tiempo y ahorro en desgaste físico en fotógrafos profesionales
11. Aplicación para optimización en tiempo real en almacén de empresas de redes telemáticas manizaleñas
12. Aplicativo móvil para gestión de pedidos y entrega, en establecimientos gastronómicos KITCHEN AT HAND
13. Aplicación móvil para mudanzas en Manizales
14. Aplicación para análisis del riego por goteo en cultivos de café en Anserma - Caldas.
15. Aplicación TRANSPORTBIKE para la solución del transporte de tus bicicletas
16. Sistema informático “BLUE PARKING” para control de zonas azules Manizales
17. Red social “COMPUAGRO” para la interacción entre vinculados al sector agrícola colombiano
18. Tienda en línea (on-line) de venta de componentes para computadores en Colombia
19. Sistema de monitoreo en tiempo real de bicicletas públicas

Se Socialización experiencias de Gestión Tecnológica y Buenas Prácticas, así como los Proyectos que se diseñaron según las necesidades y problemáticas del Contexto Local en los Encuentros departamentales de semilleros de investigación modo virtual – Nodo Caldas años 2020 y 2021 Semillero de Investigación TECSIS (ver figura No. 3).

Semillero de Investigación TECSIS – Programa (Asignatura)	# Proyectos Presentados Encuentro RREDSI 2020	# Proyectos Presentados Encuentro RREDSI 2021
Póster Ingeniería Informática (Gestión de Tecnología y Buenas Prácticas - Fundamentos de Investigación para la Innovación)	5	19
Ponencias Orales Ingeniería Informática (Gestión de Tecnología y Buenas Prácticas)	3	7
Póster Tecnología en Sistemas Informáticos (Coordinación de Servicios TI - Gestión de Proyectos TI)	8	3
Proyectos Póster Ingeniería Informática	5	19
Proyectos Ponencia Oral Ingeniería Informática	3	7
Proyectos Póster Tecnología en Sistemas Informáticos	8	3
Total, Proyectos Póster Semillero TECSIS	13	22
Total, Proyectos Ponencia Oral Semillero TECSIS	3	7

Figura No. 3: Socialización de Proyectos del Semillero de Investigación TECSIS en Eventos Científicos.

V. CONCLUSIONES

La utilidad del trabajo desarrollado con los estudiantes del semillero de investigación TECSIS de la Universidad de Caldas radica en que se pudieron elevar las competencias investigativas de ellos mejorando en aspectos como redacción, estructuración y divulgación de proyectos, concientizarlos acerca de la necesidad e importancia de registrar en la página de derechos de autor el software elaborado.

Se cumplieron con todos los requerimientos (Mapa de Empatía, Escenarios de Uso, Modelo de Negocio CANVAS, Resumen Analítico Estructurado y Pitch), generando su Marca con Logo, registro de software en la página Derecho de autor, Póster Científico y divulgación científica en Eventos Científicos de 16 Proyectos en el 2020 y 29 Proyectos en el primer semestre del año 2021 del Semillero de Investigación TECSIS.

Se logró realizar la divulgación de los resultados de 25 proyectos para participar en modalidad de Póster en el 2° ENCUESTO DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN-FORMACIÓN EN INGENIERÍA (2_EAIFI_2021) organizado por la Facultad de Ingenierías, y 15 proyectos en la isma modalidad en el "3° Encuentro de Actividades de Investigación-Formación en Ingeniería". Todos estos quedaron exhibidos en salas 2D y 3D creadas por los organizadores de los eventos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Caldas durante los meses de noviembre y diciembre del 2021.

VI. REFERENCIAS

- Markos-esther. (2021). Escenarios de uso. [online] Available at: <<https://markos-esther.com/escenarios-de-uso/>> [Accessed 28 October 2021].
- Custódio, M., 2021. Mapa de Empatía: qué es y cómo hacerlo en 6 pasos [+ejemplos]. [online] Blog de Marketing

Digital de Resultados. Available at: <<https://www.rdstation.com/es/blog/mapa-de-empatia/>> [Accessed 28 October 2021].

- Barroeta, M., 2021. ¿Cómo hacer el Modelo Canvas paso a paso? - Milagros Ruiz Barroeta. [online] Milagros Ruiz Barroeta. Available at: <<https://milagrosruizbarroeta.com/como-hacer-el-modelo-canvas-paso-a-paso/>> [Accessed 28 October 2021].
- Genially Blog. 2021. ¿Qué es un Pitch y cómo prepararlo? Los mejores consejos | Genially Blog. [online] Available at: <<https://blog.genial.ly/que-es-pitch/>> [Accessed 28 October 2021].
- Uso, N., 2021. Técnica del resumen analítico. [online] Conocimientos - La divisa del nuevo milenio. Available at: <<https://conocimientosweb.net/porta/article1141.html>> [Accessed 28 October 2021].
- Ríos, J. R. M., Ordóñez, M. P. Z., Castillo, F. F. R., Pardo, M. R. V., Tapia, J. A. H., Román, R. F. M., ... & Villavicencio, O. E. C. (2021). "MMS", Metodología para el Diseño y Desarrollo de Aplicaciones Móviles. 3Ciencias.
- Cárdenas Espinosa, R. D. (2015). Experiencia en investigación formativa SENA "Semilleros de Investigación", Editorial CORDESC, Colombia, diciembre 2015 ISBN 978-958-9031-09-4.
- Reina Hernández, J. A. (2020). Pensamiento crítico en la formación de profesores de ciencias: una propuesta didáctica desde la química verde y las energías alternativas.
- Espinosa, R. D. C., & Caicedo, L. A. D. CAPÍTULO 19: USO DE LAS NTIC DESDE EL SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN VIRTUAL E-INNOVACMM CENTRO METALMECÁNICO. COLOMBO VENEZOLANA, 199..
- Espinosa, R. D. C. Formación en Competencias de Ciencia Tecnología e Innovación desde la Virtualidad aplicando el Aula Inversa. Página Legal, 6.
- Cárdenas-Espinosa, R. D., Devia-Caicedo, L. A., Rodríguez-Pinto, D. D., Martínez-Zuluaga, C. M., López-Salazar, F. A., & Ruiz-Salazar, J. J. (2020). Metodologías de investigación de los semilleros E-InnovaCMM y TECSIS desde la virtualidad. Virtu@lmente, 8(2).
- Espinosa, R. D. C., & Salazar, F. A. L. (2019, September). Soluciones tecnológicas a problemas del contexto local en región desde el semillero de investigación TECSIS. in congreso internacional de innovación turística y desarrollo regional—III edición (p. 286).
- Espinosa, R. D. C. (2020). Gestión tecnológica y buenas prácticas en COOPORECAL: Buenas prácticas TI en COBIT5, ITIL e ISO 27000. Revista Metalnova, 1(3), 32-37.
- Youtu.be. (2021). [online] Available at: <<https://youtu.be/B8dQjrmj8Lg>> [Accessed 28 October 2021].

Autor. Rubén Darío Cárdenas Espinosa PhD. Information Technology, DSc. Cum Laude Electronic Engineering, Candidato a Doctor en Proyectos, MSc. Electrical Engineering, Esp. Gerencia en Finanzas, Esp. Tecnológico en Interventoría de proyectos de Telecomunicaciones, Ingeniero Electrónico, Tecnólogo Profesional en Electrónica y Automatización Industrial, Líder Semillero de Investigación e Innovación E-InnovaCMM. Su trayectoria profesional es: Gerente de Proyectos y Docente Universidad Autónoma de Manizales (1994-2011), Gerente FEDAF (2001 – 2005), Docente UNITECNICA (2006 -2012), Coordinador y Docente Universidad Antonio Nariño (2008 – 2011), Tutor Universidad de Caldas (2006 a la fecha), Instructor CAI SENA Regional Caldas (2012 – 2015), Tutor Atlantic International University (2011 – 2013), Líder SENNOVA (2015 – 2016), Estructurador de Proyectos de Ciencia Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, Evaluador y Mentor INNPULSA (2016 – a la fecha), Instructor Virtual Centro Metalmeccánico, SENA Distrito Capital (2017 a la fecha); Profesional Independiente, Asesor y consultor en proyectos (2000 – a la fecha) (correo e.: rdcardenas75@misena.edu.co).

Análisis y aplicación de herramientas para gestión del conocimiento en la educación tecnológica del SENA Distrito Capital

L. A. Devia Caicedo

R. D. Cárdenas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8758-9203>.

Semillero de Investigación E-InnovaCMM
Centro Metalmecánico SENA Distrito Capital.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2417-844X>

Líder Semillero de Investigación E-InnovaCMM
Centro Metalmecánico SENA Distrito Capital y
TECSIS Universidad de Caldas Facultad de
Ingeniería

Resumen: Este artículo presenta los resultados de investigación acerca de las herramientas para la aplicación de la gestión del conocimiento en educación tecnológica del SENA Distrito Capital; teniendo en cuenta las necesidades derivadas de los procesos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación, así como de la formación profesional integral en los centros de formación del SENA. La metodología utilizada en la investigación corresponde a un diseño experimental de enfoque mixto de carácter analítico, descriptivo y corte transversal, que se desarrolló en 4 etapas: análisis, diseño, ejecución y evaluación, aplicado en los centros de formación de las regionales Distrito Capital y Boyacá. El resultado obtenido sobre el uso de herramientas para la gestión del conocimiento muestra la urgente necesidad de visibilización y empleo de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC) por parte de la comunidad académica.

Palabras clave: *Gestión de conocimiento, Herramientas, NTIC, Innovación, Educación Tecnológica.*

I. INTRODUCCIÓN

La gestión del conocimiento podría resumirse en: información + gestión de recursos humanos [1]. El SENA quiere centralizar todo el conocimiento generado por la entidad para que se convierta en un habilitador de la formación y de sus procesos de mejora continua, para ello se requiere realizar la gestión de la innovación, a través del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA que articule los semilleros y grupos de investigación de todos los Centros de Formación del país, sus Tecnoparques, Tecnoacademias y demás proyectos especiales. [2].

El año 2016 fue la primera vez en la cual se dieron lineamientos de cómo debe ser el proceso de gestión de la innovación de los centros de formación del SENA, y durante los siguientes años se realiza su implementación. Este artículo tiene como objetivo analizar el uso de herramientas para la gestión de

conocimiento, las cuales aplican en tareas de investigación aplicada, desarrollo tecnológico, innovación y formación profesional integral, por parte de los instructores, aprendices e investigadores de las regionales Distrito Capital y Boyacá. Dichas herramientas están clasificadas desde el punto de vista de la divulgación, mas no para el desarrollo del conocimiento adaptadas por el autor a partir de la propuesta de [3].

A través del tiempo las empresas han desarrollado productos y servicios innovadores, dando pie al procesamiento de información y a la adquisición del conocimiento, es así como de manera racional se dispara el uso de tecnologías de información y comunicaciones, dando espacio a otro ítem importante que es el conocimiento y como capturarlo, administrarlo, consultarlo y asegurarlo entre otros aspectos. Se debe comenzar por saber cómo conectar la parte teórica con la tecnología actual, surgen una serie de investigaciones centradas en estudiar los efectos de las TIC sobre el sector, la industria y la estructura del mercado [4]; la capacidad competitiva de las organizaciones y el papel de las TIC en la cadena de valor, desde la teoría de los costes de transacción aparecen investigaciones que se ocupan de verificar los efectos de las TIC sobre los costes de transacción e influencia de las TIC sobre las estructuras de gobierno [5] y la influencia de las TIC en el apoyo a las estrategias competitivas de liderazgo en costes, diferenciación y segmentación [6; 7; 8] [citado por 9].

Se denomina grupo de investigación del SENA, a un grupo de personas interesadas en investigar y generar conocimientos de temas específicos a través de un plan de trabajo, ya sea a mediano o corto plazo. Este grupo de personas deben estar presentando continuamente resultados tangibles sobre sus

actividades derivadas de la investigación o plan de trabajo. Los semilleros de investigación al ser un espacio de participación voluntaria donde se realiza investigación formativa en contexto [10], que desarrollan competencias en investigación, innovación y emprendimiento abriendo una oportunidad para realizar divulgación y producción científica e innovadora desde los procesos de formación. Según el CENSO SENNOVA 2019, el SENA tiene 120 Grupos de Investigación de los cuales 48 tienen únicamente Aval del SENA y 72 fueron Categorizados por COLCIENCIAS en 2017.

Las primeras herramientas prácticas que aparecen o surgen para gestionar el conocimiento son las redes de computadores permitiendo de una forma más rápida y confiable enviar y recibir información de manera masiva y certificada. A partir de estas redes van apareciendo otras del mismo tipo como son: redes inalámbricas, móviles como WAP, WIFI, Bluetooth. Las cuales permiten intercambiar información llamémoslo así, en tiempo real sin tantos protocolos.

El desarrollo de herramientas funcionales y aplicaciones que han surgido como Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento [9] son:

a. Intranets: Básicamente es la red privada de computadores de una organización. Un ejemplo del uso de esta tecnología es el indiscutible aumento de productividad de los equipos de trabajo añadiendo buscadores de contenido, accesibilidad desde puntos de trabajo remotos.

b. Software de simulación: Aquellas que permiten minimizar costes en la realización de prototipos, un caso de estos puede ser el uso de estos dispositivos para permitir la representación de objetos, secuencia de objetos.

c. Workflow: aplicaciones que automatizan la elaboración de los procesos, con el fin de establecer una comunicación entre la producción y la gestión empresarial.

d. Video Conferencias: Comunicación de varias personas con soporte de audio y video, son el mejor ejemplo de transferencia de conocimiento ya que intercambian información en tiempo real sobre temas diversos

e. Data mining: Análisis de datos en una organización, cubriendo una grana real del análisis de la estadística organizacional, permite obtener patrones de conducta de clientes y predecir un comportamiento.

f. Datawarehouse: repositorio de datos de gran capacidad, en términos prácticos es básicamente una base de datos de gran capacidad que permite crear consultas, almacenamiento, ordenamiento y clasificación, una gran ventaja es que permite su almacenamiento mas no su modificación.

g. Inteligencia Artificial: aplicaciones con propiedades asociadas a la inteligencia humana, creando modelos de conceptos por medio de modelos y aplicando deducciones para obtener descripciones generales de temas específicos.

h. Motores de Búsqueda: software para rastreo de fuentes de datos,

i. Gestión Documental: aplicaciones para digitalización de documentos

j. Mapas del conocimiento: herramienta que busca Información, en directorios que facilitan la localización del conocimiento, un ejemplo de ellos es Gopher.

k. Correo electrónico: aplicación para comunicación e intercambio de documentos es una compleja y práctica herramienta que permite el intercambio de mensajes, archivo, videos, necesarios para realizar investigaciones en grupo, dando camino a un nuevo lenguaje de comunicación global.

Hoy día las herramientas han cambiado, evolucionado y son más prácticas y efectivas a la hora de suministrar o divulgar el conocimiento, estas se seleccionan a partir de los criterios como envío, almacenamiento y recepción de información las cuales pueden ser aplicadas en los Centros de Formación del SENA.

En este documento encontrarán la metodología, seguido de los resultados, conclusiones y referencias.

II. METODOLOGÍA

La metodología empleada corresponde a una investigación experimental de enfoque mixto, carácter analítico, descriptivo y corte transversal. La cual fue realizada en cada uno de los centros de formación del SENA a nivel nacional por intermedio de los líderes de gestión de conocimiento los cuales contactaron a líderes de proyecto e instructores de cada regional, permitiendo llegar a más instructores e investigadores. La investigación se desarrolló en 4 etapas: análisis, diseño, ejecución y evaluación:

- En la etapa de análisis se identificaron las herramientas de gestión del conocimiento en educación tecnológica del SENA a partir del análisis del estado del arte.
- Durante la etapa de diseño se realizó una encuesta basada en las herramientas actuales de gestión de conocimiento.
- La etapa de ejecución correspondió a determinar las brechas tecnológicas en el área de divulgación para la gestión del conocimiento, en la organización a partir del análisis y en tabulación de la encuesta realizada.
- En la etapa de evaluación se realizará la divulgación de aquellas herramientas de gestión de conocimiento que no se identificaron o no emplearon por desconocimiento, acceso o manejo y que contienen alto valor como caso aplicable a otros centros de formación SENA del país.

Para proceder a seleccionar los componentes de la muestra se procedió a realizar los siguientes pasos:

- Identificar y definir la población para este proyecto fueron los 190 investigadores y aprendices integrantes de semilleros de investigación activos de los 19 centros de formación SENA de las regionales Distrito Capital y Boyacá (tomando 10 personas por Centro).
- Realizar el listado de cada una de las unidades de la población (se solicitó SENNOVA el listado aleatorio de 10 de instructores investigadores, aprendices integrantes de los semilleros de investigación activos por cada centro de formación registrados en el CENSO SENNOVA).
- Para esta investigación se utilizará un muestreo probabilístico simple caracterizado porque cada unidad que compone la población tiene la misma posibilidad de ser seleccionado. Para calcular la muestra probabilística, para ello la muestra se determinó un margen de error del 11% y se utilizará la siguiente fórmula: $m = N / ((N-1) * k^2 + 1)$, teniendo en cuenta que: m es la muestra, N la población (190 investigadores y aprendices integrantes de semilleros de Investigación activos de los 19 Centros de Formación SENA de las Regionales Distrito Capital y Boyacá), k Margen de error (11%). Aplicando la fórmula nos determina una muestra de 79 investigadores y aprendices integrantes de semilleros de investigación activos (Una desventaja de este procedimiento es que no puede ser utilizado en una población grande, solo es aplicable cuando la población es pequeña) [11].

El instrumento de recolección de información fue la encuesta, cuyo cuestionario se construyó basado en las herramientas de gestión de conocimiento propuestas por [3] adaptadas por el autor con la validación de un investigador senior grupo de investigación renúevate ciencia tecnología e innovación externo al SENA en la cual se determinaron las siguientes categorías de herramientas de gestión del conocimiento aplicables al SENA:

1. Herramientas de Búsqueda: Comprende páginas de búsqueda o aplicativos relacionados a la consulta de información.
2. Herramientas de Almacenamiento: Incluye aquellas herramientas que permiten almacenar información para ser consultada en cualquier momento.
3. Herramientas de Redes Sociales: Se determinaron aquellas herramientas que permiten intercambiar información con otros grupos de interés.
4. Herramientas de Comunicación: Son las herramientas que permiten realizar chat o videoconferencia entre grupos de personas.

El instrumento se construyó de la siguiente manera:

- Número de Ítems: 10.
- Opciones de Respuesta: abierta, selección múltiple y única respuesta.
- Forma de Aplicación: Encuestar a los 58 investigadores y aprendices integrantes de semilleros de investigación activos de los 19 centros de formación SENA de las regionales Distrito Capital y Boyacá.
- Tiempo de Aplicación: 30 Minutos.

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos son a través de Microsoft Excel, a través de la cual, se analizará el uso de herramientas identificadas para la Gestión de Conocimiento que se desarrollan en el SENA de forma visible y tácita, las cuales aplican en sus tareas de investigación propias de cada uno de los actores del SENA.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de la aplicación del instrumento evaluación análisis de herramientas gestión de conocimiento aplicado a la población objeto de estudio:

El 88% de los encuestados respondieron que emplean las bases de datos de bibliotecas y Google Académico como herramientas de búsqueda en sus procesos educativos o investigativos, el 43%

respondió que utilizan las siguientes herramientas que no se habían identificado y que constituyen un aspecto relevante para tener en cuenta y divulgar por parte de la Comunidad SENA: Pubmed, Scielo, Redalyc, Scopus, Elsevier, Catálogo bibliográfico de la biblioteca SENA (consulta de libros físicos), Mendeley, Science Direct, Lycos, Gigablast, Wolfram alpha, Znanan, Nationmaster, Reddit, Ojose, Open directory Project, Infomine, Scirus, Base de datos de revistas SENA y UNAL, revistas indexadas universidades públicas, Slikeshare, Patentes, Embase, Ovid, ACSM, WIPO, ProQuest y Knovio.

Como herramientas de almacenamiento más utilizadas por la población objeto de estudio fueron las asociadas a sus correos electrónicos, en donde el 53% Google Drive asociado a su cuenta de correo de dominio misena.edu.co, el 30% OneDrive asociado a la cuenta sena.edu.co, y como herramienta externa de almacenamiento el 17% utiliza el Dropbox. El 27% de los encuestados respondieron que utilizan otras herramientas como: Mendeley, Zotero, Disco duro del computador personal, memorias USB, Icloud, Ubuntu One, Mega, Tera, Disco Externo, 4Shared y Mega.

La figura 1 nos presenta las herramientas de redes sociales que emplean los investigadores e integrantes de los semilleros de investigación entre las que más se destacan LinkedIn (37,9%) y Facebook (32,8%), las menos utilizada es Yammer (10,3%) que ha sido implementada y asociada a la cuenta de correo sena.edu.co dentro de la plataforma gestión del conocimiento SENA. Las redes sociales que no se incluyeron y que fueron destacadas por el 24% de la población encuestada fueron: WhatsApp e Instagram.

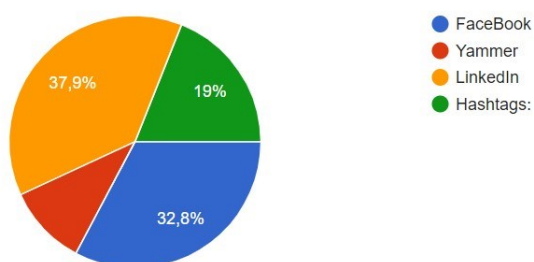


Figura No. 1: Herramientas de Redes Sociales utilizadas por la Comunidad SENA.

La figura 2 evidencia que las herramientas de comunicación que más se emplean por parte de los investigadores y aprendices de los semilleros de investigación son 87,9% WhatsApp para comunicación en tiempo real, 53,4% Skype para

videoconferencia, el 37,9% Blackboard Collaborate para los procesos de formación profesional a nivel complementario y virtual, mientras que las de Office como Teams asociada a la cuenta sena.edu.co pero por parte de los líderes SENNOVA, de los grupos de investigación y semilleros de investigación, pero no se conoce por parte de los Instructores y aprendices, lo cual justifica que sólo el 10,3% registró. El 15% de los encuestados destacaron otras herramientas de comunicación que se pueden incorporar y que son empleadas por toda la comunidad académica como son: Hangouts y Zoom.

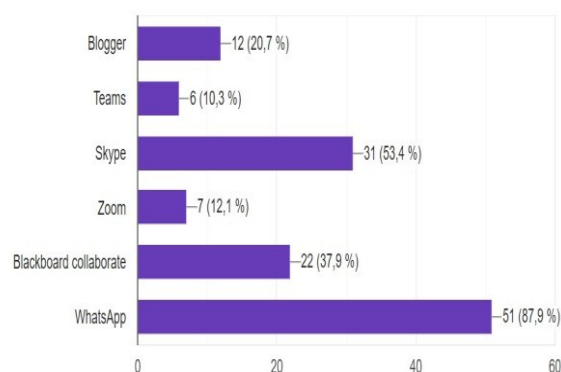


Figura No. 2: Herramientas de Comunicación utilizadas por la Comunidad SENA.

En la figura 3 se aprecia que la herramienta colaborativa más empleadas por la comunidad SENA es el foro (51,7%) y los Blogs (36,2%), mientras que las Wiki son las menos empleadas (12,1%).

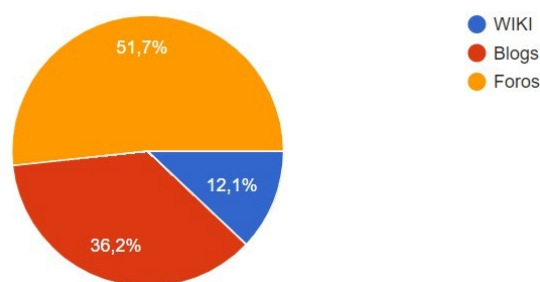


Figura No. 3: Herramientas Colaborativas utilizadas por la Comunidad SENA.

[12] Consideran que el conocimiento “es la capacidad de resolver un determinado conjunto de problemas con una efectividad determinada”; frente al tema [13] indican que en el marco de una empresa “el conocimiento organizativo es el conocimiento

colectivo acumulado por la empresa en relación con sus productos, servicios, procesos, mercados y clientes”.

[14] con un ejemplo diferencia el conocimiento (saber) con la habilidad (saber hacer), puesto que a través de la historia se han empleado de forma inadecuada estos términos; cuándo un mago realiza un truco, es evidente que no se sabe cómo éste se realiza, pero cuando se explica, obtenemos el conocimiento de cómo ejecutar el truco, nos faltaría desarrollar la habilidad para hacerlo. Por lo tanto, el conocimiento organizativo se crea, almacena, difunde y reutiliza en toda la organización o empresa.

Paralelo a la sociedad, la gestión y generación del conocimiento surgieron elementos transformadores del desarrollo organizacional, los cuales son importantes de mencionar; la creación de intangibles, el clima, la cultura, la formación de las personas, el capital intelectual, en el cual los recursos humanos y su capacidad de desarrollo y aprendizaje son la base del desarrollo y aparición de las nuevas tecnologías [15].

A partir de la breve contextualización de conceptos, se puede decir que, la única certidumbre existente en los sectores económicos y laborales es la incertidumbre y la mejor ventaja de función competitiva es el conocimiento; como lo expresa Ikujiro Osaka citado por Harvard Business Review [16] cuando se producen cambios abruptos en la oferta y la demanda, solo pueden alcanzar el éxito las empresas que conscientemente creen nuevo conocimiento, lo difundan y lo incorporen rápidamente a las nuevas tecnologías y productos. Estas actividades definen a la empresa creadora de conocimiento donde todo el negocio gira sobre la innovación continua.

Con base en lo anterior, se puede concluir que el conocimiento en una organización es tan importante como los beneficios económicos; pero cada empleado de ésta, desempeña actividades con técnicas y destrezas únicas, implícitas a su conocimiento y desconocidas por los demás integrantes de la organización, evidenciando una debilidad, porque si el trabajador se va de la empresa, su trabajo queda sin una base técnica y quien lo remplace requeriría de un buen tiempo para descubrir y adquirir las destrezas apropiada para ejercer la labor.

Por esto, el aprendizaje es un proceso que abarca todos los niveles de nuestra sociedad; constituyendo un modelo para organizar nuestro tiempo, trabajo y vida institucional. Es un nuevo paradigma, Unesco [17], producto de la evolución permanente; por esta razón no debemos limitarnos en admirar las nuevas tecnologías de la información, porque son simples herramientas, sino enfocarnos en el proceso de aprendizaje permanente donde se adquiere, se transfiere y se disemina como cultura para un bien común, puesto que en este reside la dimensión humana [18].

IV. CONCLUSIONES

Es necesario divulgar ante toda la comunidad SENA las diferentes Herramientas de Gestión de Conocimiento para el almacenamiento (Mendeley, Zotero, Disco duro del computador personal, memorias USB, Icloud, Ubuntu One, Mega, Tera, Disco Externo, 4Shared y Mega), la Búsqueda (Pubmed, Scielo, Redalyc, Scopus, Elsevier, Catálogo bibliográfico de la biblioteca SENA consulta de libros físicos), Mendeley, Science Direct, Lycos, Gigablast, Wolfram alpha, Zanran, Nationmaster, Reddit, Ojose, Open directory project, Infomine, Scirus, Base de datos de revistas SENA y UNAL, revistas indexadas universidades públicas, Slikeshare, Patentes, Embase, Ovid, ACSM, WIPO, ProQuest y Knovio), las redes sociales (WhatsApp, Instagram y Outlook) y Comunicación (Hangouts y Zoom), a través de las cuales se puede generar un conocimiento organizativo para crear, almacenar, difundir y reutilizar en toda la organización.

Las brechas tecnológicas en gestión de conocimiento se identificaron en las herramientas de redes sociales, colaborativas y comunicación puesto que la mayoría de los participantes utilizan recursos diferentes a los que la institución ha implementado durante los últimos tres años y que se han condicionado al correo institucional sena.edu.co asociado a las herramientas de Microsoft, cuya barrera principal se encuentra en los aprendices e instructores contratistas que son la mayoría de población y que prefieren el uso de los asociados a Google con su cuenta de extensión misena.edu.co y que son más empleadas desde sus dispositivos móviles. Es aquí fundamental la divulgación para promover la generación y priorización de ambientes colaborativos que contribuyan a alcanzar y agilizar sus objetivos diarios, que estén alineados con los objetivos de

Gestión de conocimiento del SENA, mediante el entendimiento de desafíos y oportunidades actuales.

Los análisis obtenidos del uso de herramientas para la gestión del conocimiento aquí identificadas constituyen una línea base relevante para socializar en las demás regionales del país y las cuales están directamente ligadas a las Nuevas Tecnologías de información y Comunicación (NTIC) empleadas según sus necesidades y conocimiento de las mismas por parte de la comunidad académica, en las cuales se pudo evidenciar la necesidad de socializarlas para que se visibilicen y empleen en su totalidad.

La mayoría de consultas de los procesos de investigación que se lograron identificar para el desarrollo del estado del arte y marco teórico fue el uso del motor de búsqueda de Google, Ciencia Directa, Google Académico, E- Libro y bases de datos de la biblioteca virtual del SENA, pero se carece de disciplina para el uso de herramientas de control de plagios, puesto que las que tiene incorporadas las semillas de los cursos en Blackboard solo se usan para los procesos de formación virtual en el caso de ensayos o documentos de tareas específicos asignadas, lo cual limita la calidad de la primera fase de la documentación y formulación de ellos proyectos de semillero y SENNOVA formulados, así como una debilidad en el proceso de divulgación final.

Los procesos de divulgación se hacen en 2 frentes: 1. A través de la participación de ellos investigadores y semilleros de investigación en los eventos de Ciencia, Tecnología e Innovación del SENA, Universidades y otras organizaciones a nivel nacional o internacional; 2 En ejercicios de retroalimentación internos en cada grupo o semillero de investigación, los cuales tienen una cultura deficiente para hacerlo, solo se hace cuando se convoca por el comité directivo de SENNOVA, Dirección Regional o el Centro de formación respectivo.

Las conexiones con otras redes de conocimientos se hacen desde los investigadores categorizados en niveles Junior y Senior con otras colectividades, en el caso del Centro Metalmeccánico, éste ha sido con la Universidad de Caldas (Facultad de Ingenierías y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales), Universidad de la Guajira (Facultad de Ingenierías y Facultad de Biología), Centros de formación de las Regionales Caldas, Quindío, Risaralda, Guajira, Antioquia y Montería. Pero al analizar y confrontar con otros Centros de formación se pudo concluir que

la investigación desarrollada aún no es de impacto y requiere fortalecer este componente.

Se recomienda iniciar con transferencias de conocimiento primero entre las diferentes áreas de cada Centro de formación, sistematizarlas y luego seleccionar los casos de éxito y lecciones aprendidas para compartirlos a nivel regional y nacional para alcanzar el impacto y transformación del sistema de Investigación del SENA que contribuya a los indicadores Nacionales de Ciencia Tecnología e Innovación.

V. REFERENCIAS

- [1] Rodríguez R., J. M. (1999). "La gestión del conocimiento: una gran oportunidad". *El profesional de la información*, v. 8, n. 3, pp. 4-7.
- [2] SENA (2021). SENA Tecnología e innovación. Disponible en: <<https://www.sena.edu.co/es-co/formacion/Paginas/tecnologia-innovacion.aspx>> [Accessed 22 December 2021].
- [3] Núñez P., I. A. & Núñez G., Y. (2005). Propuesta de clasificación de las herramientas - software para la gestión del conocimiento. *ACIMED*, 13(2), 1. Recuperado en 06 de diciembre de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102494352005000200003&lng=es&tlng=es.
- [4] Camacho Guzmán, M. C. (2016). La gestión de la información para el conocimiento (Master's thesis, Quito, Ecuador: Flaco Ecuador).
- [5] Pérez G., D. & Dressler, M. (2007). Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento.
- [6] Cash, J. & Konsynski, B.R. (1986). "Los Sistemas de Información establecen Nuevas Fronteras Competitivas". *Harvard Deusto Business Review*, 2º trimestre, p.45-58.
- [7] McFarlan, W., McKenney, J.L. & Pyburn, P. (1983). "El Archipiélago de la Información: como trazar el rumbo". *Harvard Deusto Business Review*, 4º trimestre.
- [8] Rackoff, N., Wiseman, C. & Ullrich, W. (1985). IT for Competitive Advantage: Implementation of a Planning process. *MIS Quarterly*, Vol. 9, p. 285-294.
- [9] Manzano Durán, O., González Castro, Y., & Peñaranda Peñaranda, M. M. (2015). Tecnologías y sistemas de información como soporte al proceso de gestión del conocimiento. *Tecnura*, 19(SPE), 171-177.
- [10] Cárdenas Espinosa, R. D. (2015). Experiencia en investigación formativa SENA "Semilleros de Investigación", Editorial CORDESC, Colombia, diciembre 2015 ISBN 978-958-9031-09-4
- [11] Fajardo Herrera, J. E., & Pereira Melendez, W. S. (2013). Aplicación interactiva basada en realidad aumentada para el aprendizaje de ajedrez básico (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- [12] Muñoz, B.; Riverola, J. (1997). Gestión del conocimiento. Biblioteca IESE de Gestión de Conocimiento.
- [13] Torrijo, E. M. Q., & León, F. R. (2021). La información y la comunicación en la gestión organizacional: retos en el contexto universitario. *Bibliotecas. Anales de investigación*, 10, 54-67.
- [14] Valhondo, D. (2003). Gestión del conocimiento, del mito a la realidad. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- [15] Domínguez, G. (2001). Presentación y justificación, la sociedad del conocimiento y los retos de las

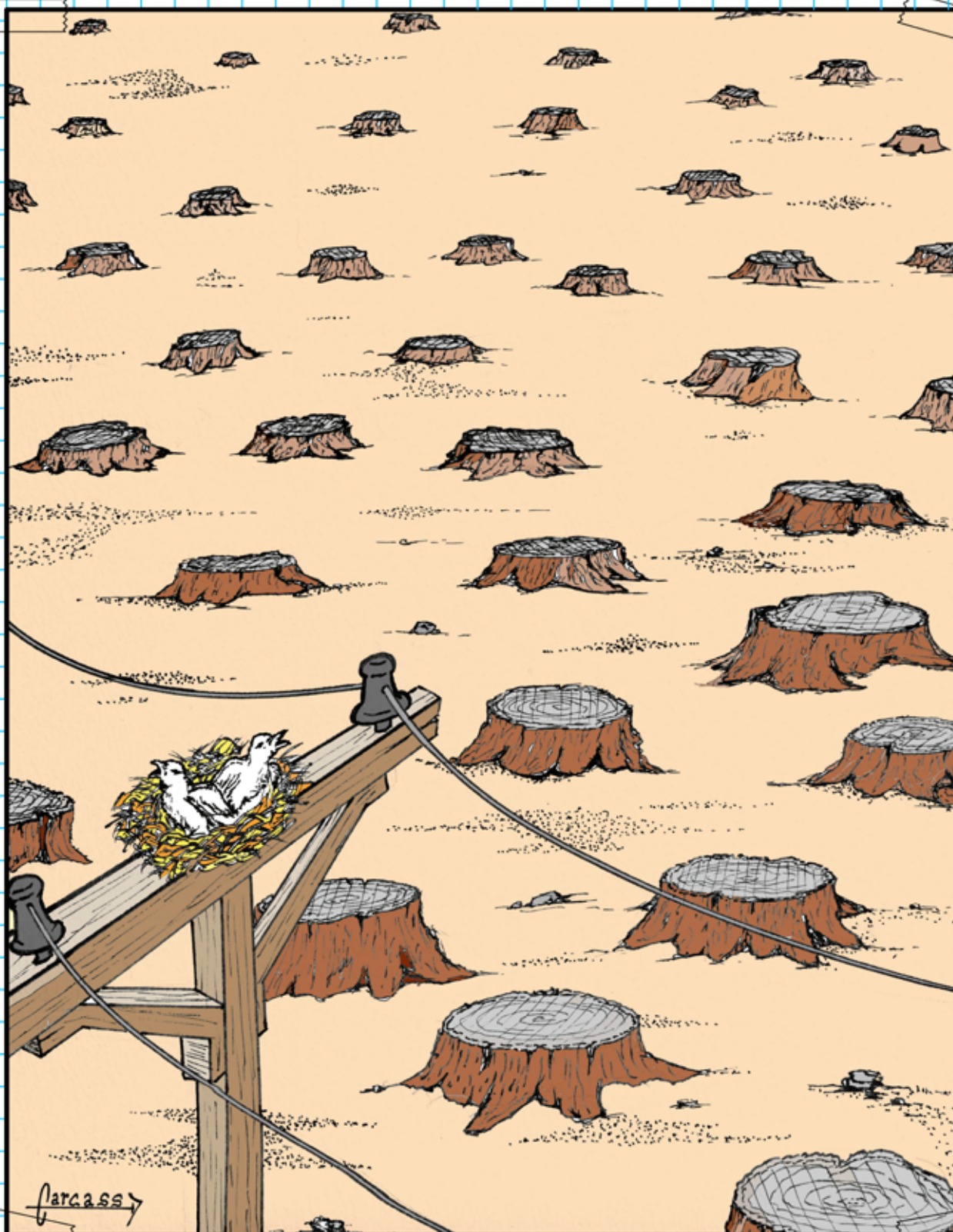
- organizaciones educativas: la generación y gestión del conocimiento. *Revista Complutense de Educación* 2 (12), 413-423.
- [16] Harvard Business Review. (2000). Gestión del conocimiento, Bilbao: Deusto.
- [17] UNESCO. 2005. Towards Knowledge Societies. Unesco Pub.
- [18] Carpio, B. (2007). Pautas para aprender mejor en la era del conocimiento. Apuntes.

Autor 1: Luis Alfonso Devia Caicedo, Ingeniero de Sistemas con Énfasis en Administración de Empresas. Su trayectoria profesional es: Profesional en Programación y control de proyectos de Ingeniería. Docente Universidad Politécnica Grancolombiano, Compuclub (2013). Docente Colegio Universidad El Bosque Bogotá (2000). Instructor Virtual Centro Metalmecánico, (2016 – a la fecha), (correo e.: ldeviac@sena.edu.co).

Autor 2: Rubén Darío Cárdenas Espinosa PhD. Information Technology, DSc. Cum Laude Electronic Engineering, Candidato a Doctor en Proyectos, MSc. Electrical Engineering, Esp. Gerencia en Finanzas, Esp. Tecnológico en Interventoría de proyectos de Telecomunicaciones, Ingeniero Electrónico, Tecnólogo Profesional en Electrónica y Automatización Industrial, Líder Semillero de Investigación e Innovación E-InnovaCMM. Su trayectoria profesional es: Gerente de Proyectos y Docente Universidad Autónoma de Manizales (1994-2011), Gerente FEDAF (2001 – 2005), Docente UNITECNICA (2006 -2012), Coordinador y Docente Universidad Antonio Nariño (2008 – 2011), Tutor Universidad de Caldas (2006 a la fecha), Instructor CAI SENA Regional Caldas (2012 – 2015), Tutor Atlantic International University (2011 – 2013), Líder SENNOVA (2015 – 2016), Estructurador de Proyectos de Ciencia Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, Evaluador y Mentor INNPULSA (2016 – a la fecha), Instructor Virtual Centro Metalmecánico, SENA Distrito Capital (2017 a la Fecha); Profesional Independiente, Asesor y consultor en proyectos (2000 – a la fecha) (correo e.: rdcardenas75@misena.edu.co).

Presentan:

conCiencia



METALNNOVA



Revista Metalnova - Producto SENNOVA
Centro Metalmecánico Cra. 30 #17-91 Sur,
Bogotá