

## **DISEÑO DE UN MODELO A ESCALA PARA UNA MÁQUINA INTERACTIVA DE RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA DE CALOTO (CAUCA)**

### **DESIGN OF A SCALE MODEL FOR AN INTERACTIVE PLASTIC BOTTLE RECYCLING MACHINE IN AN INDIGENOUS COMMUNITY OF CALOTO (CAUCA)**

**Sebastián Núñez Chavarro, Javier Cortés Carvajal y Claudia Lorena Polanía Reyes**

Semillero LUMEN

Grupo de investigación ANUDAMIENTOS

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Recibido: 18/08/2020 Aprobado: 25/05/2021

Cómo citar este artículo:

Núñez Chavarro, S., Cortés Carvajal, J. y Polanía Reyes, C.L.(2021). Diseño de un modelo a escala para una máquina interactiva de reciclaje de botellas plásticas en una comunidad indígena de Caloto (Cauca). *Revista Sapientia*, 13(25), 31 - 45.

#### **RESUMEN**

El presente artículo propone un modelo a escala de una máquina interactiva para el reciclaje de botellas plásticas en la Institución Educativa Etnoeducativo Tóez en Caloto (Cauca), cuya idea se basa en la interacción entre los miembros de la comunidad y una máquina automática a través una pantalla táctil. La máquina tendrá un sistema de reconocimiento de botellas plásticas y un sensor de nivel que alerte cuando el contenedor necesite ser vaciado.

El proceso inicia cuando el usuario se acerca al punto interactivo y oprime el botón de inicio en la pantalla táctil. Se despliega en la pantalla un menú de instrucciones para que el usuario retire la tapa y ubique tanto la tapa como la botella en los compartimientos respectivos. La botella de plástico debe ser reconocida por el sensor para dar apertura a la entrada del contenedor. Dicho contenedor estará monitoreado por un sensor de nivel para dar la alerta de llenado en caso necesario. Una vez finalizado el proceso, la pantalla presentará un vídeo ecológico acompañado de una melodía propia del resguardo indígena. Con el fin de motivar el reciclaje, de forma aleatoria la máquina generará un bono ganador a la persona que deposite la botella para que pueda reclamar un premio en la rectoría.

#### **PALABRAS CLAVE**

Modelo a escala, máquina interactiva, reciclaje de botellas plásticas, medio ambiente y comunidad indígena del Cauca.

#### **ABSTRACT**

This article proposes a scale model of an interactive machine for recycling plastic bottles at the Tóez Ethnoeducational Educational Institution in Caloto (Cauca), whose idea is based on the interaction between members of the community and an automatic machine through a touch screen. The machine will have a plastic bottle recognition system and a level sensor that alerts when the container needs to be emptied.

The process starts when the user approaches the interactive point and presses the start button on the touch screen. A menu of instructions is displayed on the screen for the user to remove the cap and locate both the cap and the bottle in the respective compartments. The plastic bottle must be recognized by the sensor to open the

entrance to the container. This container will be monitored by a level sensor to give the fill alert if necessary. Once the process is finished, the screen will present an ecological video accompanied by a melody typical of the indigenous reservation. In order to motivate recycling, the machine will randomly generate a winning bonus for the person who deposits the bottle so that they can claim a prize at the rectory.

## **KEYWORDS**

Scale model, interactive machine, recycling of plastic bottles, environment & indigenous community of Cauca.

## **INTRODUCCIÓN**

El manejo inadecuado de los residuos sólidos se presenta como una de las problemáticas más apremiantes de la actualidad. Quintero (2017) señala que “La basura no solo genera una desagradable imagen en los campos y las ciudades, sino que contamina el suelo, el agua, el aire (...) por lo que se ha convertido en un problema social y de salud pública” (p. 13). A largo plazo, esto puede acarrear efectos negativos tales como inundaciones, contaminación a fuentes hídricas, creación de espacios directos para la procreación de insectos y roedores generando infecciones para la población.

Gran parte de los problemas ambientales han sido ocasionados por la humanidad misma y, en algunos casos, por la intervención indiscriminada de la ingeniería para mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

La insostenibilidad ambiental, entendida como el desbordamiento de los límites impuestos por la naturaleza, en muchos casos tiene su origen en diversos patrones de producción y de consumo en sí, de tecnologías y artefactos de ingeniería que han sido críticos en el mejoramiento de la calidad de vida de generaciones pasadas. Pero, ni los profesionales de

ingeniería que tuvieron participación directa en estos procesos, ni los beneficiarios, se imaginaron en su momento que aquellas actividades iban a traer consigo las negativas consecuencias con las que hoy en día contamos (Rodríguez Becerra, 2007, p. 1)

Este artículo presentará el diseño de un modelo a escala para una máquina interactiva de reciclaje de botellas plásticas en una comunidad indígena. En la primera parte se podrá encontrar el marco contextual donde se hace énfasis en la comunidad indígena a intervenir, con su respectiva ubicación geográfica y la problemática con la cual conviven.

De igual manera, se hará alusión a un árbol de problemas de causas y efectos en donde se evidencia la problemática central y sus diferentes consecuencias, dando paso así, a la pregunta problema, interrogante en torno al cual gira la investigación.

Para la segunda parte, se mostrarán tres (3) referentes que contribuirán de manera importante al desarrollo de la máquina. Estos referentes cuentan con la información necesaria para sustentar el funcionamiento deseado y propuesto en este artículo.

La primera referencia hace énfasis en el diagrama de bloques con el cual se planteó el funcionamiento de la máquina que los autores construyeron. En la segunda referencia se tiene en cuenta la innovación de un modelo de máquina para reciclar botellas PET. En la tercera referencia se presenta el diseño y la construcción de la etapa inicial para un sistema de reciclaje de botellas PET.

En la tercera parte, se presentará el diseño de la solución donde se encuentra el funcionamiento propuesto para una máquina interactiva de reciclaje de botellas plásticas. Esta parte se divide en dos secciones. En la primera se encuentra un diagrama de bloques, donde se explica de manera general el funcionamiento de la máquina en términos del usuario. En la segunda sección el funcionamiento de la máquina se divide en

tres (3) etapas, la primera es el sistema de entrada y reconocimiento. La segunda es del sistema de almacenamiento / monitoreo de contenedores. La tercera es del sistema de retribución / Ticket-Bono. Cada una de las etapas nombradas anteriormente, cuenta con un diagrama de bloques para su funcionamiento respectivo. Asimismo, en el diseño de la solución se encuentra una sección de beneficios donde se proponen los incentivos a entregar, además de la propuesta que se tiene para la auto sustentabilidad.

Finalmente, en la cuarta parte se encuentran los resultados e impactos esperados. En esta parte se exponen los beneficios y productos que se desean al finalizar esta investigación.

De igual manera, se presentan las conclusiones que se tienen hasta ahora, lo que permite llevar un seguimiento y análisis del proceso para la culminación del proyecto.

En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue la generación de una propuesta de solución a partir de la mecatrónica. Un proceso orientado desde la incorporación y participación activa de los estudiantes, en torno a diversos procesos de automatización e interactividad que permitan conjugar la sensibilización, la protección ambiental y la tecnología.

## MARCO CONTEXTUAL

La Institución Educativa Etnoeducativa Tóez se encuentra dentro del resguardo indígena Tóez, que inicialmente estuvo ubicado en el municipio de Páez, Tierradentro, pero debido a una catástrofe natural ocurrida el 6 de junio de 1994 se vieron en la obligación de reubicarse en el territorio que, en ese entonces, conformaban las haciendas La Josefina, La Selvita y La Gerona (Cabildo del resguardo indígena de tóez - Municipio de Caloto Cauca, 2013).

A continuación, en la Figura 1 se puede apreciar la ubicación geográfica del resguardo indígena en el municipio de Caloto, Cauca, Kilómetro 3, vía Caloto-Corinto.



*Fig. 1.* Ubicación de la comunidad indígena de Tóez Caloto en el norte del departamento del Cauca-Colombia

Como se puede evidenciar, su ubicación se encuentra en el municipio de Caloto en el Cauca Kilómetro 3, vía Caloto-Corinto.

Este territorio en ciertas temporadas se convierte en una zona de difícil acceso por los diversos problemas que se presenta con los grupos armados al margen de la ley. Sin embargo, es una comunidad que desea salir adelante pese a sus diversos problemas territoriales a causa de su ubicación geográfica.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ahora bien, en el cambio territorial a finales de 1994, la comunidad dejó atrás varias de sus costumbres y prácticas ancestrales, pues al verse en la obligación de trasladarse a un nuevo territorio con diferentes adaptaciones y contextos, la comunidad comenzó a perder lo que para ellos significa la cultura, por ejemplo, el gran amor por la madre tierra que redundaba en el desarraigo ambiental. Es así como al interior de la comunidad, especialmente de la Institución Etnoeducativa, se puede encontrar una problemática

con el correcto manejo de los residuos sólidos plásticos y la disposición final en la fuente; este problema acarrea consigo mal aspecto físico a la entrada de la institución, además de ser una fuente directa de contaminación ambiental para el interior del resguardo indígena.

Asimismo, se ha podido evidenciar que la mayoría de los residuos sólidos presentes en la comunidad son los plásticos, especialmente botellas. Por lo anterior, se indagó en la institución, a través de los directivos, sobre las actividades que realizan para fomentar el reciclaje en la comunidad estudiantil, encontrando resultados poco alentadores, ya que no se evidencian alternativas de carácter tecnológico que permitan contribuir a la mitigación de esta problemática.

De acuerdo a lo anterior, la automatización de los métodos de clasificación manual a través de una máquina interactiva sería una opción apropiada e innovadora para este tipo de procesos. Es aquí en donde la comunidad de la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez adquiere un rol importante a la hora de aprovechar la máquina interactiva como solución tecnológica para reciclar las botellas plásticas presentes en la zona.

En la Figura 2 se presenta la problemática a resolver mediante un árbol de problemas con las respectivas causas y efectos que conllevan a que la comunidad se cohíba de llevar un proceso de reciclaje de botellas de plástico.



Fig. 2. Árbol de problemas – Causas y efectos  
Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la presentación de la problemática que aqueja al Resguardo indígena Tóez en la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez, se formula la siguiente pregunta de investigación.

¿Cómo construir un modelo a escala de una máquina interactiva que sirva como referente para el reciclaje de botellas plásticas en la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez?

### JUSTIFICACIÓN

Esta investigación propone una metodología que vincula activamente a la comunidad de estudiantes y docentes de la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez, en la búsqueda de la puesta en funcionamiento de un dispositivo electrónico o máquina interactiva automática para la correcta disposición final de los residuos sólidos plásticos. La implementación de este dispositivo permitirá incentivar a los estudiantes a desarrollar proyectos dentro del resguardo y velar por la sostenibilidad ambiental para su propio progreso y mejora en la calidad de vida.

Los diversos problemas ambientales son originados por la humanidad misma y en algunas ocasiones por el uso indiscriminado de la ingeniería a la hora de realizar una construcción. Es así como, desde la ingeniería, se han tomado medidas para preservar y/o conservar el entorno en el cual se trabaja, buscando que el objetivo sea la auto sostenibilidad y auto sustentabilidad. Esto ha sido demostrado mediante la implementación de diversos procesos para generar beneficios en la calidad de vida.

La mecatrónica en este caso es el medio por el cual se propone a la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez dar un nuevo paso al cambio a través de la implementación de un modelo a escala de máquina interactiva que sirva como referente para el reciclaje de botellas plásticas PET, siendo esta una de las líneas de la ingeniería que ha traído consigo diversos beneficios a la humanidad, como lo son las energías renovables

(eólica, solar y biomasa). Según Restrepo Herrea (2014), “La mecatrónica es una composición de las Ingenierías Mecánica, Electrónica, Automática o de control e informática, este grupo de ramas son las que permiten los sistemas automáticos que se emplean para facilitar procesos que antes eran de manera manual”.

## **OBJETIVOS GENERAL**

Construir un modelo a escala de una máquina interactiva que sirva como referente para el reciclaje de botellas plásticas en la Institución Educativa Etnoeducativa Tóez en Caloto-Cauca.

## **ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el residuo sólido plástico que sirva como base para el diseño de la máquina interactiva.
- Modelar el prototipo de máquina interactiva de acuerdo al escenario caracterizado, que incluya el diseño CAD de la estructura y los subsistemas mecánico, electrónico y de control.
- Desarrollar el modelo a escala conforme al diseño previamente elaborado que concrete la interacción de la comunidad con la máquina a través de unos pulsadores.
- Validar el funcionamiento de la máquina interactiva para el reciclaje de botellas plásticas.

## **MARCO TEORICO-CONCEPTUAL**

Al tenerse presente cuál es la problemática que rodea la Institución Educativa Etnoeducativa del resguardo indígena y sus alrededores, se procede a buscar referentes que trabajan la clasificación de botellas plásticas a nivel mundial de manera interactiva e innovadora, obteniendo algunos de los siguientes resultados.

## **PET (Polietileno de tereftalato-poliéster)**

El Polietileno de Tereftalato-poliéster es un polímero, cuyo material está formado a base de la unión repetitiva de miles de átomos para formar macromoléculas. Es así como son compuestos orgánicos conformados principalmente por hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, silicio y fósforo (Santillán, 2018).

Por lo anterior es que los plásticos se caracterizan por tener una alta relación entre resistencia y densidad, convirtiéndose así en materiales resistentes al calor, en aisladores térmicos y con una buena resistencia contra los ácidos, álcalis y disolventes (Hanchi Quintana & Rodríguez Mejía, 2010). Este material tiene diversas características como la cristalinidad y la transparencia que permite ver a través de él sin necesidad de abrir la botella para confirmar su contenido.

El color es una de las características más relevantes del PET, este en realidad se infiere en términos de reciclaje, pues como plantea López Morales (2019): “El reciclaje de las botellas de refresco también depende del color. Los plásticos PET de las botellas sólo pueden ser reciclados en otras botellas si no están coloreados”. Es decir, las botellas plásticas PET que más se reciclan son las blancas transparentes o las convencionales, tales como las botellas de agua, gaseosa, jugos y, si desean reciclarse botellas coloreadas, deberá ser clasificado por color; sin embargo, no son sostenibles porque se componen de impurezas que lo convierten en un material difícil de recuperar.

Las botellas PET son las elegidas a clasificar en este proyecto debido a la alta contaminación que pueden causar al ambiente si se encuentran en la intemperie.

Asimismo, entre las consecuencias negativas presentadas por el aumento de botellas plásticas y su disposición final en incineradores está la contaminación al generar gases de efecto invernadero, afección a la salud humana por la emisión de gases tóxicos y la producción de cenizas que contaminan el

agua subterránea a través de los lixiviados (Ocoró Valderrama, Chavarro Guzmán, Osorio Gómez, & Peña Montoya, 2018).

Esta investigación consistió en diseñar y construir un prototipo de máquina expendedora inversa de botellas PET, la cual tiene un sistema de rodillos para la compresión de las botellas y así mejorar el espacio de almacenamiento de estas. De igual manera, cuenta con una impresora de tickets para aplicar a bonos o descuentos a cada que una persona deposite una botella plástica en el sistema.

Además, implementa sensores infrarrojos, capacitivos e inductivos a lo largo del proceso, con el objetivo de monitorear constantemente el material que ha ingresado a la máquina para evitar posibles daños a raíz de un mal uso al integrar materiales diferentes.

Este proyecto aportará al desarrollo de la máquina interactiva debido a que cuenta con una buena caracterización del residuo sólido plástico y porque, además, en su desarrollo se explica el proceso y las variables que intervienen en él. Sirviendo así como una guía para cumplir con el objetivo.

## **MÁQUINAS EXPENDEDORAS INVERSAS**

Conocidas como Reverse Vending Machine (RVM), son dispositivos mecatrónicos que dan un valor monetario o de agradecimiento a cambio de que la persona otorgue un residuo, principalmente botellas plásticas tipo PET.

Estos dispositivos son importantes ya que deshabilitan exitosamente los factores humanos en la separación, previniendo así malos usos humanos substancialmente (Almeda Terrazas, Robles Hernández, Pérez Olgún, Martínez Romero & Noriega Morales, 2018). Es decir, la implementación de este tipo de maquinaria le otorga al ser humano un nivel de seguridad al tener que trabajar el reciclaje de cierto material a través de un método que permite

clasificar desde el inicio, velando así por la seguridad de los recicladores a la hora de tener que separar residuos sólidos en rellenos sanitarios o en procesos previos.

Un ejemplo de esto se encuentra en Finlandia, en donde las propias tiendas informan al consumidor sobre la importancia de utilizar este tipo de máquinas y los beneficios que pueden obtener al reciclar una botella plástica PET. Es así como por una botella de Coca-Cola de medio litro, la persona puede adquirir 20 centavos (López Campoverde, 2013).

Otro ejemplo es Ecobot, compañía que impulsa la cultura del reciclaje en Colombia mediante este tipo de máquinas recolectoras de botellas plásticas, que se encuentran ubicadas en diversas zonas como universidades y centros comerciales, en las cuales sus usuarios depositan una botella plástica PET y a cambio reciben un cupón de descuento que será válido en restaurantes, tiendas y demás empresas o cadenas que hagan parte de esta iniciativa (ECOBOT, RECICLA INVITA, s.f.).

## **GESTIÓN AMBIENTAL**

Entendida como el “conjunto de acciones que permitan lograr la máxima racionalidad en el proceso de toma de decisión relativa a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente, mediante una coordinada información interdisciplinaria y la participación ciudadana” (Franco Vásquez & Arias Vargas, 2014). Según lo descrito anteriormente, la gestión ambiental se puede entender como procesos unificados interdisciplinarios que trabajan en pro de mejorar la calidad de vida de una sociedad, pero adaptándose al entorno ambiental que nos rodea.

Para llevar a cabo una correcta gestión ambiental es importante iniciar por comprender el papel que cada una de nuestras profesiones o intervenciones desempeñan en el ambiente. Es así y solo así como llegaremos a entender la manera en que se pueden unificar los diversos conocimientos en pro de la

la conservación y el desarrollo ambiental, trabajando en conjunto por mitigar problemáticas y proponiendo soluciones a largo plazo, que permitan un avance notorio en nuestro desarrollo como sociedad, inmortalizando como pilar fundamental al medio ambiente.

Es así como este proyecto se enmarca en un contexto interdisciplinar en donde lo que se desea es contribuir a la conservación ambiental a través de un dispositivo mecatrónico que impulse a la población a reciclar de manera interactiva.

## **EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Esta línea del conocimiento se ha visto muy afectada en los últimos tiempos y ha impedido que los niños y jóvenes adopten prácticas orientadas a la conservación del medio ambiente. En su pensamiento se han implantado decisiones orientadas a enfatizar sus profesiones o deseos en una sola línea, dejando a un lado la parte ambiental. Como propone el pensador Augusto Ángel Maya (2015): “La universidad fomenta por igual la elitización de la ciencia, el desprecio al conocimiento popular y utiliza la especialización como un arma de competencia social. En esta forma, se hace imposible la investigación interdisciplinaria”.

Por tal razón es que uno de los conceptos que se quiere adoptar a partir de esta investigación, como modelo de desarrollo, es el de la interdisciplinariedad. Pues lo que se busca es implantar una semilla de sustentabilidad en la población al demostrar que una profesión puede ser diferente a lo ambiental, pero no ajena a ello. La educación ambiental como un aliado fundamental, en este caso de la tecnología, centrado en la mecatrónica, puede crear lazos de desarrollo social, tecnológico, ambiental y económico.

## **METODOLOGÍA**

Teniendo presente el contexto en el cual se trabaja, se ha propuesto un diseño que se acopla a la problemática

presente dentro del plantel educativo y la comunidad en general, al asumir como perspectiva metodológica la investigación mixta con enfoque exploratorio. También es cualitativa en la medida que este modelo posibilita trabajar de manera integral la naturaleza compleja de las realidades humanas, donde los estudiantes y directivos de la IEET son los principales participantes. En este sentido, la investigación cualitativa pretende “describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes” (Hernández Sampieri, 2014).

Es cuantitativa puesto que se analizan los diversos resultados obtenidos en la intervención con la comunidad reconociendo los aspectos concernientes al índice de reciclaje practicado por ellos, el nivel de conocimiento que tienen al respecto y la caracterización de las botellas plásticas como elemento de estudio.

Finalmente, se propone una investigación con enfoque exploratorio, ya que con el transcurrir del proceso se va analizando y comprendiendo el comportamiento humano de la comunidad para reconocer las principales fuentes de su problemática e ir proponiendo diversas soluciones desde el campo de la mecatrónica para mitigarla.

Ahora bien, al analizar la comunidad se encuentra que el estudiantado es de bajo recursos, por lo que los directivos en su proceso administrativo han incorporado estrategias de sostenimiento estudiantil al cual nos acoplamos para llevar a cabo el proyecto.

Por consiguiente, el modelo a escala de máquina interactiva, que sirva como referente para el reciclaje de botellas plásticas, se fundamenta en un modelo autosustentable que no sólo beneficia al ambiente sino a la comunidad misma, a través de diversos incentivos materiales y económicos que los mismos estudiantes pueden adquirir en un determinado tiempo.

## DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Para el funcionamiento de la máquina interactiva, se construyó un diagrama de bloques general básico donde se ve representado el proceso deseado.

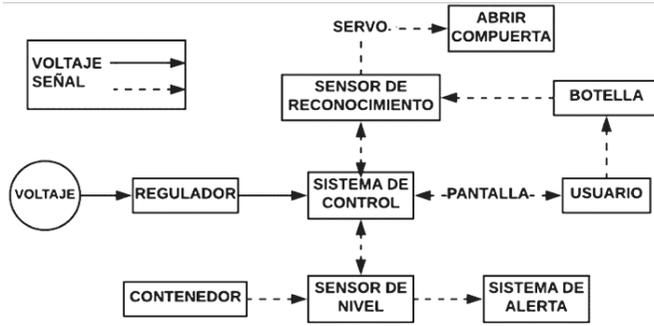


Fig. 3. Diagrama de bloques básico de la máquina interactiva.  
Fuente: Elaboración Propia

El objetivo principal de la máquina interactiva es reciclar las botellas plásticas PET ofrecidas por los estudiantes, a través de un sistema de sensores que reconozcan y aprueben el material, para que el sistema de control emita las señales necesarias para que el sistema mecánico en conjunto al sistema electrónico se encargue del ingreso y almacenamiento de la botella.

Pero, eso no es todo, el sistema cuenta con una impresora térmica que brindará aleatoriamente al estudiante, docente o directivo que depositó la botella PET, un beneficio con el cual puedan reclamar un premio en la secretaría de la institución o en alguna tienda de la zona.

Para comprender mejor el funcionamiento de la máquina interactiva se ha planteado y dividido el proceso en 3 etapas fundamentales, las cuales buscan dimensionar mejor el proceso que se llevará a cabo.

### Etapa 1.

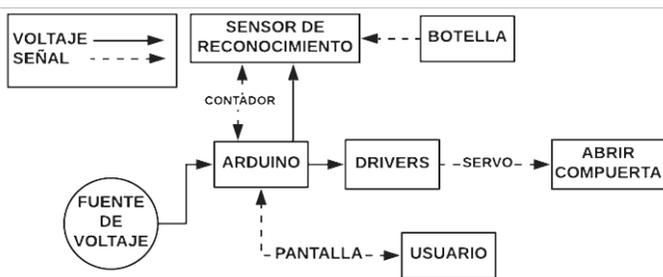


Fig. 4. Sistema de entrada y reconocimiento  
Fuente: Elaboración Propia

En el sistema de entrada donde se representa la apertura, el objetivo es que la persona con la botella inicie el proceso en la pantalla táctil donde oprimirá Inicio. Se despliega en la pantalla un menú de instrucciones para que el usuario retire la tapa y ubique tanto la tapa como la botella en los compartimientos respectivos. La botella de plástico debe ser reconocida por el sensor fotoeléctrico para dar apertura a la entrada del contenedor.

### Etapa 2.

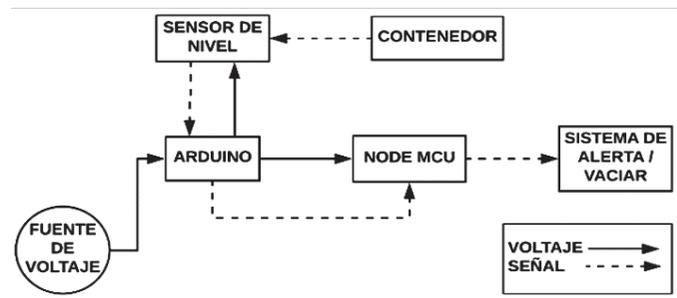


Fig. 5. Sistema de almacenamiento / Monitoreo de contenedores  
Fuente: Elaboración Propia

Cuando la botella ha sido aceptada por el sistema, este caerá al contenedor para ser almacenado. Constantemente habrá un sensor de nivel el cual determinará qué tan lleno está el contenedor con el objetivo de que cuando pase un nivel determinado de altura, inmediatamente el sistema de control dará la orden a la Nodemcu para que envíe una señal de alerta a la persona encargada de vaciar las botellas.

### Etapa 3.

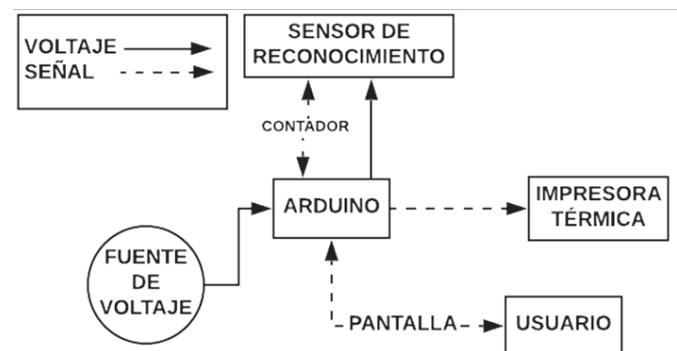


Fig. 6. Sistema de retribución / Ticket o bono  
Fuente: Elaboración Propia

El sistema de retribución sólo será activado cuando el contador complete la cantidad asignada. Cuando el sensor fotoeléctrico acepta el ingreso de la botella al sistema, el contador comenzará a funcionar almacenando los datos recibidos con el fin de que, una vez se complete la cantidad asignada de lectura, inmediatamente el sistema de control envíe la señal a la impresora térmica para que imprima un ticket o bono haciendo así beneficiario a la persona que ha depositado la botella plástica PET.

Ahora bien, la pantalla táctil y los parlantes estarán en constante funcionamiento e interacción con el usuario, esto con el objetivo de que se puedan presentar videos instructivos que creen en la persona aspectos de sensibilización y protección ambiental.

Finalmente, es imprescindible que la botella ingrese al sistema sin la tapa, pues se desea hacer la clasificación de ella. Para ello, se explicará por medio de la pantalla al usuario que debe remover la tapa y depositarla en uno de los orificios que se encuentran en la máquina. En su interior hay una zona de almacenamiento en donde se monitoreará con un sensor el contenedor, para que se envíe la señal al encargado cuando toque desocuparlo.

## **BENEFICIOS**

Para la retribución se tiene en cuenta el contexto, por tal motivo se propone dar los siguientes beneficios dependiendo la cantidad de dinero con el que se cuente:

- Kit básico estudiantil.
- Descuento en la tienda del resguardo indígena.
- Reconocimiento mínimo en alguna nota académica.
- Negociación del turno de aseo del salón.

Lo anterior en caso de estudiantes; para directivos o docentes se tienen planteado beneficios como:

- Ancheta de dulces
- Porta lápices
- Archivador básico

O algún objeto para oficina, todo dependiendo del dinero que se recolecte con la venta del plástico o sea asignada para el proyecto por parte de la institución.

Asimismo, otra alternativa para el beneficio puede ser simplemente un reconocimiento con dulces, pues es algo que llamaría la atención de los estudiantes y demás personas que interactúen con la máquina y ganen la retribución.

## **AUTO SUSTENTABILIDAD**

Se delegará una persona del cuerpo directivo de la institución como encargado directo del material reciclado, para que las botellas plásticas y las tapas por color sean almacenadas en diversas bolsas y preparadas para su venta, con el fin de recolectar dinero que será suministrado para beneficiar a la persona que tiene el bono expedido por la máquina interactiva.

## **RESULTADOS E IMPACTOS**

En este punto se procede a comentar y llevar a cabo las pruebas realizadas en el desarrollo del dispositivo para el sistema mecánico, electrónico y de programación referente al correcto funcionamiento de la máquina interactiva, que ayuden de tal manera a validar el proyecto como solución al problema anteriormente presentado.

## **PRUEBAS MECÁNICAS DEL SISTEMA**

Las pruebas realizadas sobre el sistema mecánico consistieron en la programación de Arduino para abrir y cerrar las compuertas del ingreso de la botella plástica

PET, basándose en la lectura que el sensor capacitivo arrojará. A continuación, se evidencia la ubicación del sensor capacitivo y las compuertas:

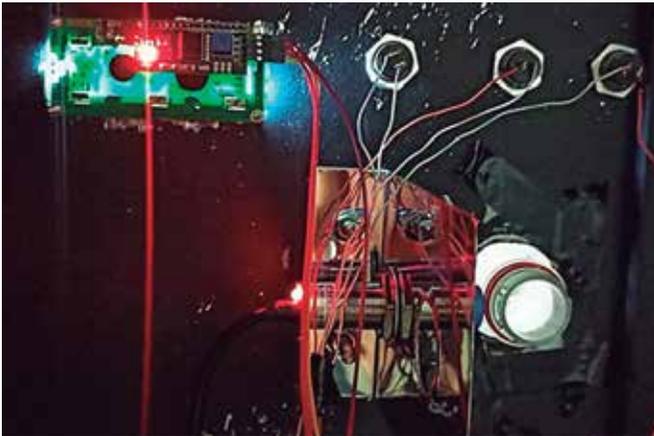
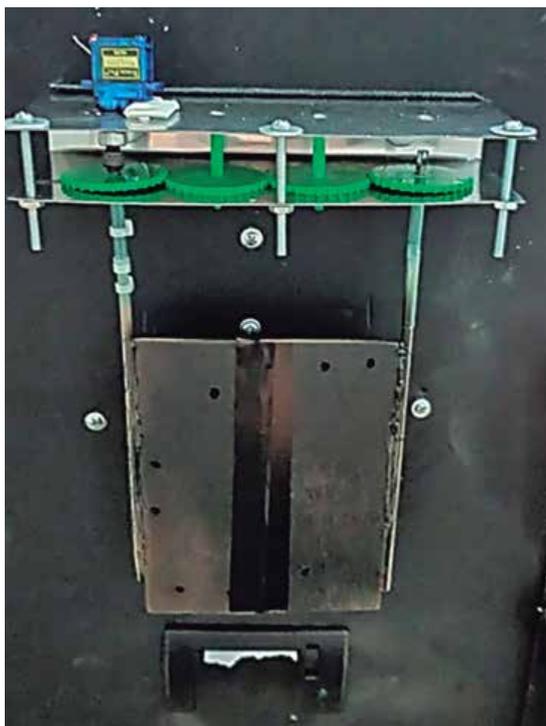


Fig. 7. Sensor capacitivo leyendo botella PET  
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar, el sensor capacitivo se encuentra en funcionamiento a causa de la botella plástica PET que está ingresando en la etapa de reconocimiento



Fig. 8. Compuertas de ingreso y tren de engranaje  
Fuente: Elaboración Propia



Para las pruebas se efectuaron treinta y cinco (35) ensayos de apertura y cierre de compuertas, de las cuales treinta (30) se ejecutaron correctamente, mientras que en las otras cinco (5) presentaron problemas con el servo y los engranajes a causa de una inclinación hallada en la estructura. Se procede a elaborar un sistema de apertura mejor distribuido y firme para mitigar en lo posible el error.

## PRUEBAS ELECTRÓNICAS Y DE PROGRAMACIÓN EN EL SISTEMA

En estas pruebas se analizó la máquina con todos sus dispositivos electrónicos en funcionamiento con el objetivo de corregir el código de programación o estabilizar partes mecánicas.

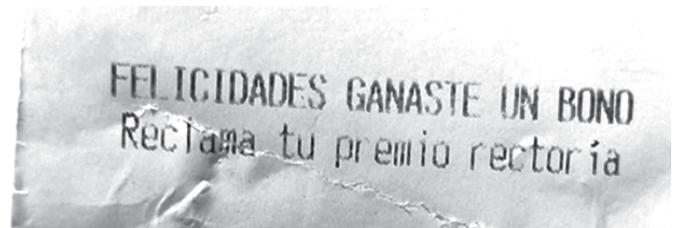
## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

¿FUNCIONÓ COMO SE ESPERABA?						
INTENTO NÚMERO	PANTALLA	BAFLE	BOTONES	SENSOR CAPACITIVO	SERVOMOTOR DE COMPUERTAS	IMPRESORA ¿ARROJÓ BONO?
1	SI	SI	SI	SI	SI	NO
2	SI	SI	NO	SI	SI	NO
3	SI	SI	SI	SI	NO	NO
4	SI	SI	SI	NO	SI	NO
5	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6	SI	SI	NO	SI	SI	NO
7	SI	SI	NO	SI	NO	NO
8	SI	SI	SI	NO	SI	NO
9	SI	SI	NO	NO	SI	NO
10	SI	SI	NO	SI	SI	SI
11	SI	SI	SI	SI	SI	NO
12	SI	SI	SI	SI	SI	NO
13	SI	SI	SI	SI	SI	NO
14	SI	SI	SI	SI	SI	NO
15	SI	SI	SI	SI	SI	SI

**Tabla 4.** Funcionamiento del sistema – Máquina interactiva  
Fuente: Elaboración Propia

- Como se puede evidenciar en la Tabla 4, los botones, sensor capacitivo y los servos para apertura de compuertas presentaron algunos problemas para su funcionamiento esperado.
- Los botones deben ser presionados en un momento exacto para que el programa ejecute la acción correspondiente. En caso opuesto, se repite el ciclo del estado actual volviendo a repetir el mensaje.
- El sensor capacitivo debe leer la botella dos (2) veces como mínimo para reconocerla y abrir una (1) vez la compuerta. En caso de que el sensor lea tres (3) o más veces a la botella, la compuerta se abrirá dos (2) veces seguidas o más.

- Los servos a veces presentan problemas para dar apertura de 90° a las compuertas por medio del tren de engranajes. Esto se presenta a causa de una inclinación que se encuentra en el sistema que sostiene el tren de engranajes haciendo que se dé una fricción limitante.
- Por otro lado, la pantalla LCD arroja correctamente los mensajes que se desean dar a conocer a los usuarios. El parlante reproduce correctamente las instrucciones que desean darse para la interacción con los usuarios.
- Para la impresora se programó que cada cinco (5) botellas se diera un bono. Instrucción que se cumplió satisfactoriamente en los ensayos. El contador se puede programar para entregar bono en el ingreso de una cantidad X de botellas. A continuación, se presenta uno (1) de los bonos generados.



**Fig. 9.** Bono ganador  
Fuente: Elaboración Propia

## PRUEBAS DE COMUNICACIÓN – FIREBASE – APP INVENTOR

En esta prueba se analizó el comportamiento que presentó la comunicación entre la Nodemcu, la Firebase y la aplicación móvil. En la base de datos de la Firebase se pudo evidenciar que en tiempo real llegaron satisfactoriamente los datos requeridos. Las variables que se presentan a continuación hacen referencia a contenedores de botellas y contenedor de tapas.



Fig. 10. Recepción de datos de contenedores – Firebase  
Fuente: Elaboración Propia

En las pruebas llevadas a cabo se pueden evidenciar todas variables que permitieron la comunicación entre la Nodemcu y la Firebase. Ocho (8) envíos que se hicieron diferentes y los ocho (8) fueron almacenados y enviados de manera satisfactoria.

## COMUNICACIÓN FIRBASE Y APP INVENTOR

Se evaluó que las variables fueran recibidas sin ningún tipo de retraso. Como también que la App Inventor, cuando recibe la alerta de contenedor lleno, abre automáticamente una notificación en toda la pantalla del dispositivo móvil sin importar en qué aplicación se encuentre la persona. A continuación, se evidencian los anuncios de que los contenedores están llenos.



Fig. 11. Firebase y App Inventor  
Fuente: Elaboración Propia

Se realizaron ocho (8) pruebas de alerta para llenado de los contenedores. Las ocho (8) fueron enviadas y recibidas satisfactoriamente por el personal encargado de acuerdo con la programación en el sistema.

## CONCLUSIONES

- Como resultado del proceso llevado a cabo en la construcción de un modelo de máquina interactiva que sirva como referente para reciclar botellas plásticas PET, se concluye una caracterización precisa de la botella, lo que permitió diseñar de manera correcta el sistema mecánico.
- Del diseño de la máquina, se concluye el programa de SolidWorks como un gran recurso a la hora de modelar el sistema mecánico y la estructura, permitiendo de tal manera tener una visión de los espacios y zonas a ocupar con los componentes y/o dispositivos electrónicos.
- De la implementación del sistema de entrada y reconocimiento, se concluye que opera de manera correcta en tanto identifica la presencia de la botella y da apertura de manera correcta las compuertas para su ingreso al sistema.
- De la implementación del sistema de almacenamiento / monitoreo de contenedores, se concluye su correcta operación y funcionamiento al enviar de manera oportuna la alerta a la persona encargada, a través de la Nodemcu a la App Inventor y su almacenamiento de datos en la Firebase.
- De la implementación del sistema de retribución /Ticket o bono, se concluye su correcta operación y funcionalidad al interpretar de manera correcta y oportuna el

el contador programado en el Arduino, para otorgar el beneficio ganador a la persona luego de cierta cantidad de botellas ingresadas.

- En cuanto al funcionamiento general de la máquina interactiva se cumple con los requerimientos exigidos por la investigación, gracias a que las pruebas realizadas en la apertura y cierre de compuertas se llevaron a cabo satisfactoriamente en un 85%, siendo un prototipo útil.
- En cuanto a la aplicación móvil de App Inventor, cumple con un ingreso de usuario y facilidad para interactuar dentro de esta, teniendo opción de monitorear el contenedor de botellas y el contenedor de tapas. El monitoreo se basa en dos (2) estados (contenedor lleno y contenedor vacío) permitiendo así un mayor entendimiento a la hora de interpretar la información.
- Finalmente, en cuanto a las dificultades del proyecto, se identifica la selección correcta de cables que soportaran la corriente solicitada por cada componente electrónico, pues la capacidad de los que se estaban usando era inestable, lo que ocasionó que no resistieran el paso de corriente demandada reiteradas veces, se recomienda emplear cables de mayor calibre. En cuanto a la programación, se debe programar componente por componente e ir probado cada estado a medida que se agrega el código, pues si se hace una programación general de todo el sistema es difícil encontrar los errores que se puedan presentar. En cuanto a la estructura y el sistema mecánico es importante utilizar materiales firmes que no generen obstáculos para la correcta implementación de los dispositivos electrónicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabildo del Resguardo Indígena de Tóez - Municipio de Caloto Cauca. (2013). Plan de vida -Tóez vive. Resguardo Indígena de Tóez Municipio de Caloto, Departamento del Cauca, Colombia..
- Congreso de Colombia. (4 de Agosto de 1999). Ley 511 de 1999 Por la cual se establece el Día Nacional del Reciclador y del Reciclaje. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1999/ley\\_0511\\_1999.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1999/ley_0511_1999.pdf)
- Congreso de Colombia. (19 de Diciembre de 1973). Ley 23 de 1973 (Diciembre 19) Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones. [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/ley\\_23\\_de\\_1973.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/ley_23_de_1973.pdf)
- Congreso de Colombia. (19 de Diciembre de 1973). Ley 23 de 1973 (Diciembre 19) Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones. [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/ley\\_23\\_de\\_1973.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/ley_23_de_1973.pdf)
- Congreso de la República de Colombia. (8 de Febrero de 1994). Ley 115 de Febrero 8 de 1994 Por la cual se expide la ley general de educación. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)
- Díaz Guzmán, K. A., & Valera Blanco, D. (Mayo de 2016). Diseño de una estrategia comunicativa para la educación (Trabajo de grado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Santander, Colombia.

- Emgrisa. (21 de Octubre de 2014). Tipos de residuos: Clasificación. Obtenido de <https://www.emgrisa.es/publicaciones/tipos-de-residuos/>
- El Tiempo. (25 de Enero de 2018). Derechos indígenas en Colombia. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/derechos-de-los-pueblos-indigenas-en-colombia-101202>
- Murillo, G. (31 de Agosto de 2017). Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%. <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicla/249270>
- Grupo de investigación de Economía Ecológica. (14 de Abril de 2016). La basura: consecuencias ambientales y desafíos. Obtenido de <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1611-la-basura-con-secuencias--ambientales-y-desafios>
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C. & Baptista Lucio P. (2014). Metodología de la Investigación. Interamericana Editores S.A.
- IDEAM. (2010 de abril de 05). Principales normas ambientales para el diseño del registro único ambiental –RUA– para el sector manufacturero. Obtenido de <http://www.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/Anexo-1-Marco-Juridico-RUA-Manufacturero.pdf>
- Icontec. (20 de marzo de 2018). NTC 2506. Mecánica. Código sobre guardas de protección de maquinaria. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC2506.pdf>
- Lezama, A. (s.f.). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos. Obtenido de [http://www.minam.gob.pe/proyecologios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2\\_primaria\\_sesion\\_aprendizaje/Sesion\\_5\\_Primaria\\_Grado\\_6\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_ANEXO4.pdf](http://www.minam.gob.pe/proyecologios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primaria_Grado_6_RESIDUOS_SOLIDOS_ANEXO4.pdf)
- Magda, R. Y. (2016). Residuos sólidos [https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS\\_SOLIDOS](https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS_SOLIDOS)
- Ministerio de Ambiente. (2013). Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 2: residuos y áreas verdes. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-2.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-2.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente. (22 de Diciembre de 1993). Ley General Ambiental de Colombia Ley 99 de 1993 (diciembre 22) Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Obtenido de [https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia\\_99-93.pdf](https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf)
- Polanía Reyes, C. L., Cortés Cardona, L. M., & Abanto Vélez, W. I. (2019). Visibilización de la memoria ambiental ancestral del resguardo Tóez - Caloto / Cauca. Santiago de Cali.
- Restrepo Herrera, M. (4 de Noviembre de 2014). Ingeniería Mecatrónica y su aporte al medio ambiente. <https://prezi.com/uidl3lsl6hbl/ingenieria-mecatronica-y-su-aporte-al-medio-ambiente/>
- Rodríguez Becerra, M. (2014). Editorial Dossier: Ingeniería y Medio Ambiente. Revista De Ingeniería, 0(26), 55-63. doi:10.16924/riua.v0i26.296

Congreso de Colombia. (Julio 11 de 1994).

Ley 143 de 1994 Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.

Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0143\\_1994.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0143_1994.html)

## AUTORES

**Sebastián Núñez Chavarro:** estudiante de Tecnología en Mecatrónica Industrial, sexto semestre. Semillerista de LUMEN del grupo de Investigación ANUDAMIENTOS de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la UNIAJC, con vinculación en proyectos de investigación con énfasis en comunidades vulnerables. Correo electrónico: [jhoansechavarro@gmail.com](mailto:jhoansechavarro@gmail.com)

**Javier Cortés Carvajal:** ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, especialista en Redes de Comunicación y magister en Ingeniería. Director del programa de Tecnología en Electrónica y de Gestión en Redes de Telecomunicaciones y docente tiempo completo de la Facultad de Ingenierías de la UNIAJC. Correo electrónico: [jcortes@admon.uniajc.edu.co](mailto:jcortes@admon.uniajc.edu.co)

**Claudia Lorena Polanía Reyes:** docente tiempo completo de Gestión Ambiental y Pedagogía. Coordinadora del área de socio-humanidades de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanas de la UNIAJC, con maestría en Educación Ambiental Sostenible.

Correo electrónico: [cpolania@profesores.uniajc.edu.co](mailto:cpolania@profesores.uniajc.edu.co)