



Prototipo De Un Sistema De Separación De Residuos Orgánicos y No Orgánicos

Trabajo de grado presentado por:
Cristian David Delgadillo Lozano

Trabajo dirigido por: I.E. Darío Amaya Hurtado, PhD

Trabajo para optar al título de
Magister en Ingeniería Mecatrónica

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Maestría en Mecatrónica
Bogotá, Colombia
Octubre 2021

Prototipo De Un Sistema De Separación De Residuos Orgánicos y No Orgánicos

Cristian David Delgadillo Lozano

Investigación que conducirá a obtener el título de:

Magister en Mecatrónica

Trabajo dirigido por: I.E. Darío Amaya Hurtado, PhD

Línea de Investigación:

Procesamiento y clasificación de residuos

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Ingeniería

Maestría en Mecatrónica

Bogotá, Colombia

Diciembre 2021

Resumen

En América latina, la tasa de reciclaje es más baja que en Europa, esto se debe a la cultura adoptada por los europeos de la separación de materias primas. Para esto, se necesita una transformación tecnológica en países como Colombia, que tenga un impacto positivo para el medio ambiente. Por esto, el presente trabajo se circunscribe al estudio de la clasificación de desechos, donde se busca dar solución al problema de la separación de residuos en hogares, por ello, en la investigación se diseñó y construyó una máquina con la capacidad de separar materiales orgánicos de los no orgánicos con una eficiencia del 65%. La investigación se centró en la construcción de un prototipo de caneca de separación de residuos (la cual divide los residuos en orgánicos e inorgánicos), mediante sensores, microprocesadores y actuadores, estos captan, analizan y clasifican los residuos.

El proyecto se inspiró en países como Suiza, donde se recicla el 99% de la basura, la fase principal en este modelo es la separación manual en los hogares. Este proyecto busca mitigar impactos ambientales provocados por la no separación de residuos, mediante la clasificación correcta de los desechos en los hogares. Teniendo un método que se podría extrapolar a otro tipo de maquinarias, como lo son, carros compactadores, tolvas en conjuntos, entre otras.

Abstract

In Latin America, the recycling rate is lower than in Europe, this is due to the culture adopted by Europeans of waste separation in households; For this, a cultural or technological transformation is needed in countries like Colombia, which has a positive impact on the environment. For this reason, the present work is limited to the study of waste classification, where it seeks to provide a solution to the problem of waste separation in homes, therefore, the purpose of the research is to design and build a machine with the capacity to separate organic from non-organic materials. The research aims to build a prototype of a waste separation bin, functional for homes, which divides the waste into organic and inorganic, using sensors, microprocessors and actuators that capture, analyze and classify the waste. This project is inspired In countries such as Switzerland, where 99% of garbage is recycled, the main phase in this model is manual separation in households. The project seeks to mitigate environmental impacts caused by the non-separation of waste, through the correct classification of waste in homes; This method can be extrapolated to other types of machinery, such as compacting cars, hoppers in sets, among others.

Contenido

Resumen	4
Abstract	4
1. Planteamiento del problema	7
2. Justificación del proyecto	8
3. Objetivos del proyecto	9
3.1. Objetivo General	9
3.2. Objetivos específicos	9
4. Marco teórico	10
5. Estado del arte	11
6. Metodología	15
7. Desarrollo de objetivos	16
9. Conclusiones	38
Referencias	42
Anexos	48

1. Introducción

Según el informe de disposición final de residuos sólidos, en Colombia se producen cerca de 30.000 toneladas diarias de basura, de las cuales, el 48% se generan en Bogotá, con una tendencia creciente a través de los 8 años reportados. También se evidencia que el 1% de la basura producida tiene algún tipo de tratamiento directo en plantas de reciclaje, el 96% va a rellenos sanitarios y el otro porcentaje no tiene un tratamiento adecuado. (Andrea Carolina's,2018)

Complementando lo anterior, los gases y lixiviados son inevitables en cualquier relleno. Los lixiviados se producen por humedad o aguas residuales en la descomposición de los productos desechados; sin un correcto tratamiento de líquidos, estos penetrarán el subsuelo, contaminando las aguas subterráneas. Según la página del ministerio de ambiente, en Bogotá se recicla antes del proceso de recolección el 17% de los desechos, no hay información de tratamientos de aguas negras posterior a la recolección. (Fabian Méndez, 2015)

Para evitar acumulación y quema no controlada de desechos, los países desarrollados tratan, operan y gestionan sus residuos municipales, a través de la recolección clasificada, en donde, los ciudadanos clasifican en distintas canecas los desechos; un ejemplo es Londres, allí los ciudadanos desechan su basura en bolsas de distintos colores, el color varía dependiendo de su contenido (para su posterior reciclaje). En un panorama global, la incineración es el tratamiento más común, ya que, el volumen de la basura baja entre un 80-90 %, pero los niveles de CO₂ producidos son mucho mayores que en los modelos mencionados, por esto se recomienda cambiar el modelo de tratamiento de materiales en países que implementan el método de la incineración, por uno como el “modelo Londres” (Leilei Mi, Nairui Liu, & Bo Zhou, junio 2010).

Para lograr implementar un modelo de recolección de basura (como el modelo Londres) es fundamental la separación de residuos en los hogares, muchos autores apoyan este punto de vista. Analizando la viabilidad de la implementación del modelo, se realizó una investigación de cómo la clasificación de desechos reduce costos en Eslovaquia, allí se encontró que separar desechos desde la fuente, provoca una reducción en los costos de logística, recolección, procesamiento y tratamiento de basuras (Sedláková, 2016).

En Colombia se han realizado investigaciones de cómo la recolección clasificada puede ayudar a mitigar impactos ambientales, un ejemplo de esto, se realizó en la Universidad Militar Nueva Granada, el grupo de investigación desarrolló un sistema de reconocimiento de bolsas de basura de distintos colores por medio de redes neuronales, su objetivo era clasificar bolsas de forma automática, estas bolsas de basura idealmente tendrían distintos tipos de desechos.(Diego Prieto, Juan Guachetá, Daniela Hurtado & Mauricio Mauledoux,2019). Para que sistemas de recolección como el anterior

funcionen, es necesario realizar separación de residuos en bolsas de distintos colores en los hogares, como ya se explicó anteriormente, esta no es una cultura generalizada en Bogotá.

Se han hecho estudios culturales en Bogotá para lograr concientizar a las comunidades sobre la importancia de la clasificación y manejo de residuos, los cuales buscan enseñar, promover y fomentar la cultura del reciclaje. Donde se encontró que se implementan métodos pedagógicos, para que las personas entiendan la importancia de estos procesos, aun así, sus desechos no son cuantificables a largo plazo, pues cuentan con tantas variables como el tamaño de la comunidad (Nicolás Vanegas Buitrago & Claudia Liliana Beltrán Dimaté, 2017). Por las referencias consultadas, se determina que en ningún proyecto de tratamiento y separación de elementos en fase hogar, se ha propuesto clasificar los desechos de la forma como se plantea.

Los niveles de contaminación en Colombia según el ministerio de ambiente han ido en crecimiento en los últimos años, lo que empeora la calidad de vida de las personas. Factores como contaminación del aire y del agua toman víctimas todos los años, esto le ha costado al estado una inversión superior a 15 billones de pesos por año, se estima que esta cifra irá en aumento. Evidenciando como causas el no tratamiento adecuado de desechos. El correcto tratamiento de desechos es fundamental, pues ayuda al mantenimiento óptimo de las aguas subterráneas, y al reciclaje de productos, lo que evita explotación de recursos, mejora la calidad del aire y así mejora de la calidad de vida de las personas. (Marcela Bonilla Madriñán)

Al observar referentes mundiales, países como suiza, tienen un tratamiento del 99% de sus desechos, el proceso que ellos manejan tiene fases que inician desde los hogares, con la separación de residuos, lo que facilita el reciclaje de productos, este proceso termina con la generación de energía mediante la quema de los desechos sobrantes. En el modelo suizo, la parte hogar es fundamental, ya que, los camiones compactadores diferencian los desechos mediante el color de las bolsas (ecologistas.cl, octubre 2012).

Para lograr implementar un modelo como el anterior en Colombia, se hace necesario una solución tecnológica, la cual ayude a las personas a realizar una correcta separación de los residuos, el proyecto logra reducir los niveles de lixiviados que lleguen a los rellenos sanitarios, aumenta las tasas de reciclaje, y evita la creación de gases de efecto invernadero, debido a la descomposición no controlada de desechos orgánicos

1.1. Objetivos del proyecto

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema, con la capacidad de separar materiales orgánicos de los no orgánicos, implementando un modelo de caneca de basura, que sea híbrida entre la separación manual de plásticos, recipientes, botellas, y la separación automática de otros materiales, la cual tenga una eficiencia superior al 65%, midiendo la eficiencia a través de la separación de una muestra típica de residuos (50% materiales orgánicos, 50% otros).

1.1.2 Objetivos específicos

1. Analizar diferentes formas para la identificación de materiales orgánicos, donde se contempla analizar y evaluar distintos sensores, estudiar métodos de reconocimiento óptico, probar la utilización de inteligencia artificial y o mezclar todos los anteriores; con este estudio se pretende ver el método que arroje mejores resultados, para ser implementado en el prototipo.
2. Diseñar la parte estructural del prototipo, teniendo en cuenta el método de separación seleccionado, escoger el mejor actuador que se ajuste al diseño planteado, construir la parte mecánica y establecer la parte electrónica de la máquina.
3. Comprobar el nivel de asertividad de la máquina desarrollada, a través de pruebas con muestras que contengan 50% materia orgánica y 50% otros materiales, comparar los resultados y realizar cambios si estos superan un error del 35%.

2.Marco teórico

Residuos domiciliarios:

Son el resultado de las actividades diarias de un hogar. Los materiales de los que se componen son normalmente papeles, cartones, vidrios, plásticos, restos de alimentos, telas, entre otros; por la diversidad de esta basura puede también contener: envases con restos de diluyentes, pinturas, pesticidas e insecticidas de uso casero. En adición no solo incluyen los desechos de los hogares, en esta categoría están los residuos de oficinas y sitios públicos (locales comerciales, restaurantes...etc). Otra parte, son los desechos municipales, estos principalmente son el resultado de elementos recogidos en las calles, construcciones, ferias, parques y jardines. Esta categorización no incluye los recolectados por los carros compactadores en las viviendas. Además, los elementos sólidos industriales son el resultado de un proceso industrial, lixiviados, desechos y basura resultantes al hacer algún producto. (Bing, X.,2014).

Residuos no domiciliarios:

Entre estos están los hospitalarios en estos, se cuentan los que son tipo infeccioso, material médico quirúrgico, elementos cortopunzantes, restos de tejidos humanos, restos de fármacos. Su tratamiento es diferente al convencional. Además, los desechos de construcción son generalmente pesados o de gran tamaño, corresponden a piedras, tejas, cemento, vidrios y todo material resultante de una actividad de construcción. Otra parte importante son los elementos orgánicos, los cuales son materiales derivados de vegetales, animales y comestibles, los cuales se descomponen con facilidad y vuelven a la tierra. Por ejemplo: frutas y verduras, restos de comidas, papeles. Son biodegradables, es decir, tienen la capacidad de fermentar y ocasionan procesos de descomposición. Aunque la naturaleza los puede aprovechar como parte del ciclo natural de la vida, cuando se acumulan posibilitan la multiplicación de microbios y plagas, convirtiéndose en potenciales fuentes de contaminación de aire, agua y suelo. (crana.org,2012).

En el mercado hay varios sistemas de segregación ya que, la separación de materiales realizada desde la fuente, ahorra tiempo y acelera procesos; existen máquinas que separan residuos por medio de microcontroladores, este es el caso de (pushpa et) esta máquina los separa por categorías de: seco, húmedo y metálico, pushpa utiliza sensores inductivos, gracias a estos, los metales insertados al embudo son empujados al colector de separación, una turbina de aire extrae los elementos secos, quedando los húmedos al final del proceso. Este modelo tiene una dimensión de 20cm*20cm; en su funcionamiento, los desechos metálicos tienen que ser retirados del electroimán manualmente. Otro modelo del mercado está constituido por un brazo robótico, este es utilizado en la separación de residuos municipales con el fin de encontrar metales. (Sivakumar, Kunwar, Patel, Kumar, & Mala, May 2016).

3. Estado del arte

El problema que se quiere estudiar requiere investigar distintas áreas, lo presentado en esta sección son, trabajos que inciden directa o indirectamente con el manejo y separación de desechos. En la investigación se dividieron los temas en: planes completos de manejo de residuos, clasificación, tratamiento y proyectos afines.

3.1. Planeación, modelos funcionales y problemas abiertos en el manejo de residuos:

Una parte importante de los modelos de reciclaje (como el modelo Londres hablado en la justificación del problema) es el impacto económico debido al tratamiento de desechos. El manejo de estos es un proceso compacto entre la comunidad y el gobierno, las ciudades más avanzadas han demostrado que con la creación de una economía circular, basada en la reutilización de desechos, las ciudades se vuelven más eficientes y autosustentables, la economía circular tiene como base la reutilización de recursos, el tiempo suficiente para garantizar flujos equilibrados(tiempo eficiente en el uso de materias primas); esta idea se basa en que todo desecho tiene un valor potencial para ser reciclado, restaurado o reusado, de no ser así, se utiliza como fuente de energía , en estos procesos se logra reducir costos de materias primas, generar recursos o alargar la vida de los productos. Los procesos de reciclaje son costosos y muchas veces poco eficientes, una forma de reducir costos se da al realizar una correcta separación de residuos por parte de los ciudadanos, el gobierno debe dar incentivos para lograr este objetivo (ZanXgiuqing,2011).

Para entender los modelos de reciclaje, se hace necesario entender cómo operan las plantas de tratamiento de residuos, con el fin de hacer una correcta separación de desechos. En Noruega el uso de vertederos fue prohibido en el 2009, hecho por el cual, el gobierno tuvo que buscar formas alternativas para el manejo de basura en centros urbanos e industrias, noruega se especializó en compostajes, biocombustibles y bioenergía, todos a partir de los desechos orgánicos generados en los hogares. Para cumplir su objetivo, Noruega minimizó las distancias entre los distintos entes encargados , pues se optimizan procesos al ubicar las centrales de tratamiento de desechos cerca de las ciudades principales. (Solvang, Roman, Hao Yu, & Mustafa, Dec 2013)

Se han planteado modelos para el manejo de residuos en fase hogar a través de IOT, en donde se necesita una sincronización en tiempo real para alimentar las bases de datos. Esta información puede venir de infrarrojos, escáneres, GPS, sensores de gas..etc , pues cosas como la identificación de desechos a través de radiofrecuencias, se pueden combinar con sensores GPS, para así lograr una trazabilidad de rutas, con el fin de saber que contiene cada bolsa de basura, y planear la forma más eficiente para su tratamiento. Esta tecnología se podría utilizar para saber qué tipo de desechos llegan

a los vertederos, llegando a clasificarlos y reciclarlos. (Wang Jing-yang, Cao Yu, Yu Guang-ping, & Yuan Ming-zhe, Jun 2014)

En países como Indonesia, para plantear un modelo de reciclaje eficiente, se realizan simulaciones, en donde se emula las emisiones de gases proyectadas al 2035 (con datos del banco de basura de Indonesia). Se concluye que para obtener un efecto significativo en la reducción de emisiones, es necesario la creación de una conciencia colectiva, en donde el reciclaje no solo se debe iniciar en casa con la separación de materiales reciclables, sino que a nivel municipal se deben llevar a cabo acciones para el correcto tratamiento de estos. Las proyecciones arrojaron un aumento del 46% en poluciones al 2035; en estas se tuvo en cuenta que una gran parte de los desechos son plásticos y orgánicos, también arrojó que con un correcto manejo de los residuos al 2035, se podrían reducir en un 60% las emisiones de CO_2 , es claro que se deben hacer correcciones inmediatas, en este caso al modelo Indones, para evitar tal aumento de emisiones causadas por los desechos. (Raharjo et al., Oct 2016)

3.2. Clasificación de residuos

Comercialmente hay máquinas que separan residuos, pero en la literatura no se ha encontrado nada parecido a la solución de esta propuesta, de hecho, el problema es un problema vigente.

La clasificación de residuos por medio de sensores ópticos es un campo poco explorado, actualmente, la industria del reciclaje clasifica materiales, utilizando propiedades como la capacidad magnética, cámaras que detectan formas, colores y tamaños (pero por medio de una cámara se podrían plantear más reconocimientos). Los sensores ópticos se pueden utilizar en la reconstrucción 3D de los desechos y ser procesados mediante hardware, para ello se utilizaría una triangulación entre emisor, receptor láser y cámara (Jiu Huang, Pretz, & Zhengfu Bian, Oct 2010).

Desde el punto de vista de la inteligencia artificial, se utiliza un sistema inteligente con redes de sensores, esto para lograr la recolección diferenciada de desechos (con el fin de saber qué tipo de residuos son desechados), se recolectan datos a través de captadores, estos se envían a una base de datos, así se pueden trazar rutas recolectoras diferenciadas según el tipo de desecho. Para que los sensores funcionen correctamente, estos deben tener su superficie limpia, pues su obstrucción provoca una lectura errónea de datos. Algunos son para uso exclusivo de materiales secos. En la recolección diferenciada, datos como que tan llena está la caneca, son innecesarios, pues lo importante es saber que contiene, con esta información camiones diferenciadores, pueden recoger y llevarlos directamente a los distintos sitios para su tratamientos (Lu, Chang, Zhu, Hai, & Liao, Mar 2018).

La clasificación de los residuos se puede facilitar introduciendo conciencia colectiva; es por ello que Tarfasa hace una investigación sobre preferencias para manejar los desechos urbanos. Encontró, que una gran parte de la población pagaría de más por recogidas más frecuentes, además la población prefiere que otras personas, se encarguen del proceso de clasificación (Tarfasa & Brouwer, 2018). Esto muestra que en países como Etiopía, la cultura de separación, no está establecida, no obstante, Colombia no es la excepción, pues como ya se mencionó, Colombia solo recicla el 17% de sus desechos.

3.3. Procesamiento de residuos

Países alrededor del mundo queman su basura, muchos no la aprovechan para generar energía eléctrica (tal como es el caso de Colombia). La tecnología de plasma para la incineración de residuos sólidos, junto con un plan para la destrucción de emisiones tóxicas, se pueden incluir en un proyecto para el tratamiento de desechos, esto se logra implementando reactores térmicos con el fin de eliminar desechos, producir calor y energía, haciendo que los desechos pasen a una fase gaseosa y otra parte en forma de fusión, (estos gases pueden ser tóxicos pero se pueden regular bajando la temperatura a la salida del reactor) además se pueden utilizar otros tipos de gases para el movimiento de turbinas con el fin de generar electricidad, con ello al final del proceso los elementos se logran destruir, bajar su volumen y detener los gases peligrosos (este proceso no tiene análogo en la industria). (Buyantuev, Galeguzova, & Shishulkin, Mar 2019)

Desde otra perspectiva aparece el ejemplo de los envases de plástico en Indonesia, donde Sumroengrit (2017), relata un panorama muy similar al de Bogotá, mostrando la realidad de este país, en el que el sector informal es el encargado del reciclaje. Pero obtiene muy poca eficiencia, reciclando sólo el 3% del material posible, la causa de esto se da por la poca gestión del gobierno, dando un presupuesto menor a lo que requiere esta área, por lo cual las entidades optan quemar o enterrar la basura para reducir costos, sin tener en cuenta que la mejor opción es el reciclaje. Por ende, el sector informal ha tenido que afrontar una larga lucha en la cual se busca, la generación de conciencia colectiva, para resolver este problema desde la fuente. (Ruangpayoongsak, Sumroengrit, & Leanglum, Oct 2017)

Otra manera de mejorar procesos de reciclaje es optimizar la separación y logística ya existente. analizando costos se observa que una separación en dos fases, en donde, la fase inicial consiste en hacer una separación en el punto donde se produce el desecho, y la segunda fase más específica en las fábricas de separación de residuos, evidenciando más eficiencia de este modelo contra el actual (donde todo se separa en la planta especializada), pues los precios se reducirían, dejando un retroactivo más alto (Seki, Yamashita, Kamikawaji, Buekens, & Yoshioka, 2018).

3.4. Propuestas para reducción en generación de residuos

Se plantea un diseño logístico para el reciclaje de plástico en hogares, siguiendo los lineamientos de los países bajos, en donde, en la fase hogar la separación de plásticos es fundamental, se propone reducir costes, acortando los gastos en combustibles, para lograr esto se debe cambiar el modelo actual, (en donde la separación post recogida es sensible a emisiones y sobrecostes) por un modelo en donde se establezca separación de plásticos desde la fuente (Bing, 2014) . Al realizar un análisis crítico en los escenarios de gestión de residuos en Grecia, se demuestra que es necesaria la implementación de un sistema integrado de gestión de desechos , también se encuentra que la separación en la fuente, entre otros, contribuyen significativamente a la mitigación de gases de efecto invernadero (Antonopoulos, Karagiannidis, Tsatsarelis, & Perkoulidis, 2013).

3.5. Impactos ambientales

(Padeyanda & Jang, 2016) Los impactos ambientales de la gestión del desperdicio de alimentos en corea, se analizó con distintos escenarios de tratamientos de reciclaje, midiendo las emisiones, se encontró que el tratamientos de reciclaje en donde hay quema de fósiles tienen mayor aportación de distintos gases, incluyendo el CO_2 al ambiente. El estudio solo se basó en el reciclaje de materia orgánica; los lodos y lixiviados en los procesos estudiados, son transferidos a plantas de tratamiento de aguas residuales.

(Ruangpayoongsak, Sumroengrit, & Leanglum, Oct 2017) Presentado como una avance para combatir los problemas de clasificación de basura, se desarrolló un robot flotante para recoger desechos acuáticos, con el fin de reemplazar al ser humano en esta tarea. El robot Scooter fue diseñado como un tipo de barco, posee un motor de paletas que disminuye su velocidad al acercarse a la basura, el robot demostró un 75% más de eficiencia que la mano humana en aguas tranquilas, el robot recoge la basura mediante canastillas tipo redes que entran y salen de la zona de influencia.

Para saber cómo reciclar los materiales, se necesita estudiar cómo se componen, es por ello por lo que estudios como el realizado por Pablo et son importantes. Pablo et habla de las nuevas fronteras para el genoma de materiales, planteando una revolución gracias a las múltiples investigaciones existentes, estos estudios se basan en teorías de computación y en experimentos, lo que buscan es a través de cambios en microestructuras, acompañados de mezclas y procesos afines, un proceso importante que podría significar el reciclaje de muchos productos catalogados como no reciclables (de Pablo et al., 2019).

4. Capítulo Ingeniería del proyecto

4.1 Fase exploratoria

En esta fase se analizó información proveniente de bases de datos, la cual se mezcló con el análisis de 10 muestras de basura de 10 hogares bogotanos ubicados en el occidente de la ciudad, estas muestras se midieron, pesaron con una gramera y clasificaron de forma manual para determinar generalidades locales de los tipos de materiales en estudio.

4.1.1 Para conocer qué clases de residuos son desechados en 10 muestras de distintos hogares Bogotano (hogar formado por menos de 4 personas). Se estudiaron los materiales que son desechados en 10 contenedores residenciales. Para esta labor se escogieron muestras como la que se observa en la imagen 1, la cual hace parte de 1 de las 10 muestras las cuales fueron clasificadas de manera manual para observar su contenido. Este procedimiento se repitió con cada uno de los contenedores que se observan en la imagen 2, en ellos se encontraron múltiples clases de desechos de estos se analizaron varios parámetros, como, cantidad de elementos orgánicos e inorgánicos típicamente desechados, tamaño, forma, color y apreciaciones generales.



Imagen 1 muestra de residuos de uno de los 10 Hogares analizados



Imagen 2 Foto de las muestras de basura analizadas en el experimento

En la fase exploratoria clasificando los residuos de forma manual lo primero que se hizo fue tabular por peso los distintos desechos separados en las muestras esto se observa en la tabla 1, la clasificación de estos elementos se dio entre materiales orgánicos e inorgánicos, dentro de esta se clasificaron en frutas, polvo empacado en una bolsa, verduras, carne o animales, papel desecho y en los llamados inorgánicos en el cual se incluyó el papel seco, se tabulo en envases de plástico, botellas, metales, bolsas de plástico, partes de plástico, ropa y no identificados, con estos se obtuvo el resultado que se muestra a continuación.

Tabla 1 proporción en gramos de distintos tipos de residuos en las muestras analizadas

Muestra No	Organicos							Inorganicos							Peso total gr
	Frutas	Polvo	Verduras	carne	papel desecho	papel seco	embases	botellas	metales	bolsas plastico	plastico	ropa	no identificado		
1	93	284	2082	77	5	20	651	929	306	50	100	0	0	4597	
2	720	321	1023	642	37	1059	1023	521	10	208	377	0	29	5970	
3	0	518	1520	958	0	0	724	612	377	169	208	0	0	5086	
4	121	316	1096	529	10	577	529	314	195	72	121	1287	512	5679	
5	614	629	1856	927	21	310	1026	758	27	515	218	625	221	7747	
6	130	416	2187	521	0	0	852	329	253	343	824	0	0	5855	
7	280	426	1673	416	0	0	722	165	0	260	214	516	702	5374	
8	279	415	1633	581	27	280	789	518	166	231	294	346	209	5768	
9	521	347	2028	1054	0	0	896	0	0	0	0	0	1579	6425	
10	0	0	3087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2047	5134	

En la tabla 1 se muestra la proporción en peso de los residuos orgánicos en hogares de Bogotá, en donde se observa el cumplimiento de la proporción másica predicha en el estado del arte. La cual es que los desechos orgánicos ocupan entre el 40% al 70% de los elementos domiciliarios (Shima Ziae, Mina Makie, & Others, junio 2012), adicional en las muestras estudiadas se observó que en los envases de plástico el volumen no es proporcional al peso, pues según se aprecia en la imagen 3, el volumen de algunos objetos con poco peso logran ocupar grandes áreas, el porcentaje de ocupación de los objetos estudiados no fue tabulada y solo se dio importancia al gramaje de los objetos.



Imagen 3 Tamaño promedio envases y plásticos en una de las 10 muestras analizadas

En las 10 muestras analizadas se encontró que los envases de aceite o botellas de gaseosa ocupan un volumen que es proporcional a la capacidad de almacenaje que tienen, esta capacidad varía entre los 100 mL a los 1500mL, algunos de estos residuos se pueden apreciar en la imagen 3. En las 10 muestras analizadas también se observó que las bolsas de plástico tienden a disminuir su volumen a proporciones mínimas a tal punto de confundirse con elementos orgánicos húmedos, además tienen la propiedad de ser muy delgadas, gracias a estas observaciones en el prototipo final las bolsas de plástico irán en la parte de separación manual, la cual incluye botellas, recipientes de plástico y ahora bolsas de plástico.

En adición a lo anterior se midió los distintos radios de los objetos clasificados en las 10 canecas. Se encontró que el 10% de los residuos orgánicos tienen un diámetro menor a los 10 mm (en el estudio realizado se consideró que el polvo es un desecho orgánico), el 70% de los residuos orgánicos como se observa en la tabla 1 son frutas o verduras, en donde también se observa que los restos de animales corresponden a un 30% en las muestras estudiadas.

También se encontró en la revisión bibliográfica que hay elementos los cuales pueden ser confundidos en un método de red neuronal. Esta confusión se basa en que hay objetos desechados los cuales poseen colores, formas o texturas similares a otros entrenados en la misma base de datos (Mattis Lobo, Katheljin van den Berg, & Others, 2020) . Un ejemplo de esto se muestra en la imagen 4, el cual es un cartón que posee bien sea una capa de plástico, un envoltorio metálico o un color muy llamativo. Por ello la imagen 4 es un ejemplo perfecto de lo que Mattis y su equipo halló como posible causa de bajas en la precisión de las redes neuronales. Pese a que la dicotomía fue encontrada en los desechos inorgánicos en las 10 muestras estudiadas, no se encontró lo mismo en los desechos orgánicos, por ello lo que se plantea es que la red a realizar reconozca desechos orgánicos y lo que no reconozca simplemente lo desecha en la caneca de no orgánicos.



Imagen 4 Cajas de cartón que por su color pueden parecer plásticas

En la primera fase de la investigación el paso más importante fue el de la separación de los desechos orgánicos (los cuales se observan en la imagen 5). Estos desechos son desperdicio de frutas, verduras y sobras de comida, los cuales como se observa en la tabla 1 representa cerca del 70% de los desechos en las muestras tomadas. También analizando las fuentes bibliográficas se encontró que la mayoría de residuos orgánicos tienen líquido en su interior (Mohamad IzzatAzmerun, Zubair Ahmadun, Khaulah Sulaimanun & Abdullah G. 2015). Por eso el prototipo de la caneca contenedora debe tener un escape de agua o lixiviados para el momento cero de la clasificación, para esta tarea es suficiente un diseño mecánico que incluya un colador en la tapa para objetos menores a 10mm .



Imagen 5 Residuos orgánicos de sobras de comida en verduras y frutas de una de las muestras analizadas

Otra parte importante en los desechos son los plásticos o procedentes de empaques (Shima Ziae, Mina Makie, & Others, junio 2012) los cuales se logran observar en la imagen 6. En donde se contempla una de las muestras analizadas en la tabla 1. En la muestra analizada estos empaques son en su mayoría provenientes de medicamentos o productos de alimentos no perecederos, como apreciación de la muestra, los plásticos desechados analizados varían mucho de color dependiendo del tipo de alimento o clase de material que antes este contenía.



Imagen 6 Residuos plásticos y empaques metálicos de una de las muestras analizadas

En las muestras analizadas en la tabla 1 se aprecia que el papel ocupa menos del 5% en peso de la basura en cualquiera de las 10 muestras. En la separación manual de este primer estudio, se encontró que residuos de papel se adhiere a frutas o bolsas que estén húmedas, su área tiende a volverse despreciable por esta misma razón. En la imagen 7 se observa una de las 10 muestras de este material, ya separado de forma manual del resto de elementos, en la imagen se denota que el color del papel cambia si este se mezcla en la caneca pues tiende a pigmentarse. Finalmente, vale aclarar que las muestras estudiadas estuvieron 2 días mezcladas entre sí lo cual insidioso en los resultados hasta aquí planteados, lo que hace que estas apreciaciones sean superficiales pues en el prototipo se trabajarán con elementos que próximamente serán desechos, estos no habrán tenido con antelación una mezcla con otros materiales.



Imagen 7 Residuos de papel en una de las 10 muestra estudiadas ya clasificados

La última parte de la separación de desechos se observa en la imagen 8. Esta división se basó en la separación de recipientes de plástico y botellas para posteriormente ser pesados. Los materiales eran envases con colores muy llamativos, donde era común encontrar residuos orgánicos. Junto a esto se evidenciaban características, como que la mayoría de los objetos desechados eran plásticos y un pequeño porcentaje de metal, icopor o mixtos, junto a otra clase de materiales.



Imagen 8 Residuos Botellas y plásticos en una de las 10 muestras analizadas

Finalmente en la imagen 9 se denota el residuo de una de las 10 muestras al final del análisis y luego de la clasificación manual, como se dijo en el estado del arte este líquido con aspecto grasoso es el llamado lixiviado, y no tenerlo en cuenta en los procesos de reciclaje puede llevar a contaminación de ríos, aguas del subsuelo entre otras (Padeyanda & Jang, 2016) . En el modelo propuesto de la caneca, este lixiviado va a ir en la parte de los desechos orgánicos, ya que estos en su mayoría son húmedos. Además, los Lixiviados puede ayudar en los procesos de compostaje, putrefacción o descomposición orgánica (Leilei Mi, Nairui Liu, & Bo Zhou, junio 2010). Proceso que serviría para aprovechar mejor la energía de la biomasa en las últimas etapas del reciclaje de estos desechos.



Imagen 9 Lixiviados restantes en la bolsa luego del análisis

4.2 Diseño Mecánico

Para realizar el modelo mecánico se diseñó un artefacto que fuera útil para la realización de las pruebas, las cuales son separación por sensores de humedad, separación por redes neuronales y separación con el uso de redes por medio de IOT. Para esto la parte estructural del proyecto debía tener 3 cosas básicas, la primera, espacio para dos canecas, la segunda, un recipiente en donde los residuos sean desechados y la tercera debía tener control de la luz interna y espacio para una cámara con la cual se capta imágenes y se toman decisiones dependiendo el modelo estudiado.

4.2.1 Diseño conceptual

La caneca diseñada se baso en los recipientes de las 10 muestras analizadas en la anterior sección, estos tenían en promedio una altura de 1m y una capacidad de 40 litros. En el modelo de la figura 10 el volumen de 40 litros de las canecas estudiadas, se dividió en dos canecas cuya capacidad es de 20 litros cada una, lo que la hace ser conveniente para ser utilizada en remplazo a cualquiera de las canecas muestras. Pues estas, son dos canecas auxiliares de menor tamaño, estas canecas tienen una altura de 50 cm y la mitad del ancho total de la caneca completa, en volumen las dos canecas son suficientes para la clasificación de residuos esperados en las muestras analizadas en la sección 4.1.



Imagen 10 Plano CAD imagen frontal diseño conceptual prototipo caneca separadora de residuos

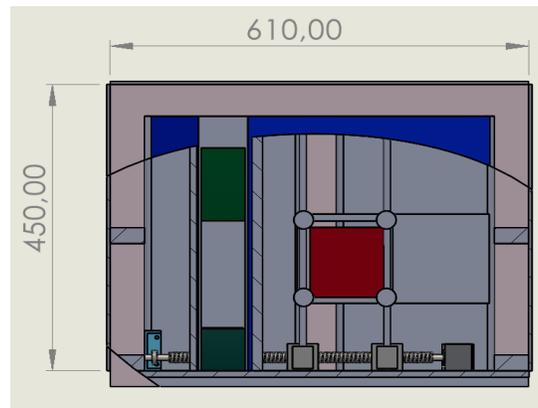


Imagen 11 Plano CAD imagen superior prototipo caneca separadora de residuos

En la imagen 12 se observa el exoesqueleto del prototipo. Se compone de una estructura para realizar en aluminio, la parte externa también son paredes de láminas de aluminio, la parte de arriba es una compuerta la cual se puede cerrar y abrir de forma manual para evitar la entrada de luz externa. El modo de utilización es que la persona deberá poner directamente el desecho en la tómbola recolectora, el sensor capta el cambio en la luz y se dispondrá a iniciar el proceso, luego de ello los mecanismos internos serán los encargados de trasladar el residuo al área de caracterización y posteriormente a la caneca correspondiente. El diseño se basó en una caneca promedio de las muestras estudiadas en la sección 4.1, la cual es una caneca de 90 cm de alto 40 cm de ancho y 50 de largo.

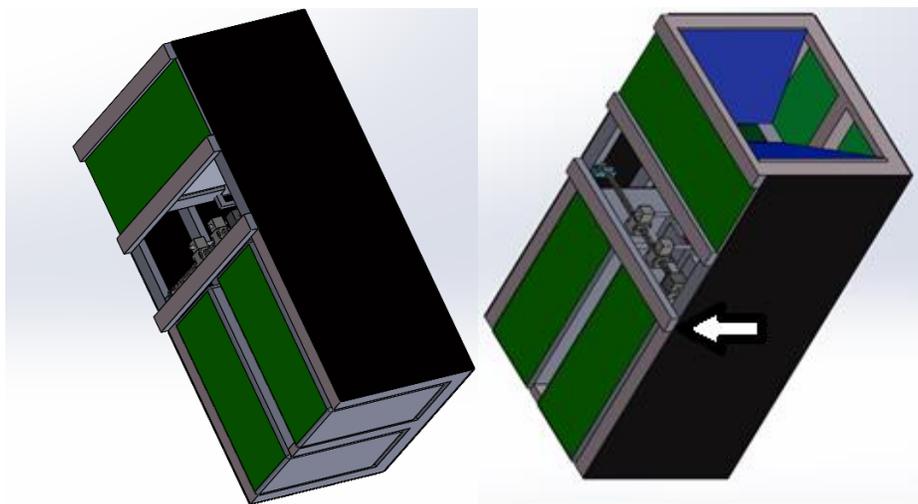


Imagen 12 Exoesqueleto caneca separadora de residuos

4.2.2 Análisis esfuerzo y deformación estructura externa

Se analizó el esfuerzo y la deformación de la parte estática de la máquina, se analizó el soporte que sostendrá a los motores, pues es el que más vibración y peso sostendrá, la pieza analizada se simuló por aparte (esta se señala en la imagen 12) y se muestra en la imagen 13.

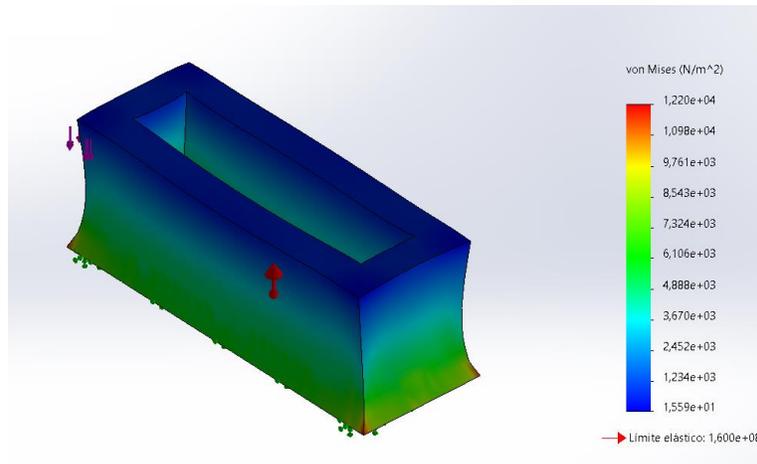


Imagen 13 análisis esfuerzo de la pieza

En el análisis se encontró que la pieza es capaz de soportar hasta un límite elástico de 160 KN/m^2 , adicional el peso de los motores y la tumbola no afecta al material, esto se observa en las regiones azul de la imagen 13 por ende el material es capaz de sostener la estructura para la cual fue construida.

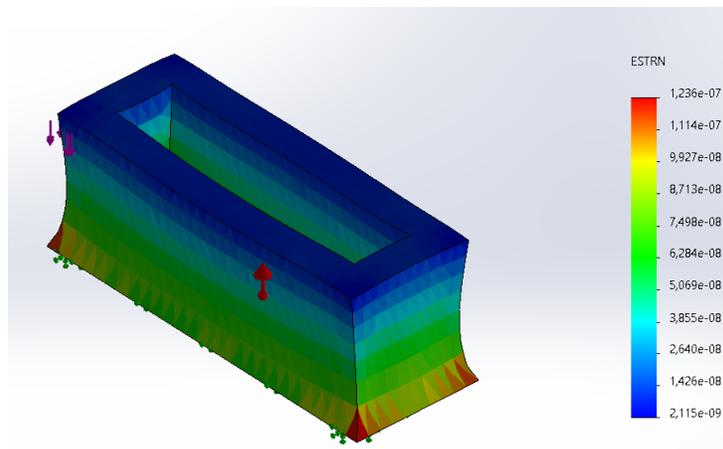


Imagen 14 análisis Deformación de la pieza

En la imagen 14 se puede apreciar que la deformación de la pieza con el esfuerzo a la cual es sometida es del orden de las micras no siendo apreciable a simple vista por parte del usuario, en la imagen también se observa las zonas que más afectación tienen.

4.2.3 Diseño conceptual recipiente interno

Los elementos del recipiente se acoplan como se muestra en la imagen 15, cabe mencionar que los elementos son pensados para ser impresos mediante corte láser, el recipiente contará con una compuerta la cual se moverá mediante un motor el cual se enciende al momento de que la red neuronal elija el tipo de desecho. Para el producto final y así mejorar la calidad de los materiales los elementos se pueden adaptar para ser mecanizados o realizado mediante procesos de inyección, por último en la imagen también se denota que la compuerta tiene múltiples aberturas, estas son para dejar caer el líquido, lixiviados y residuos orgánicos de poco tamaño que se viertan de forma directa a la caneca de desechos orgánicos.

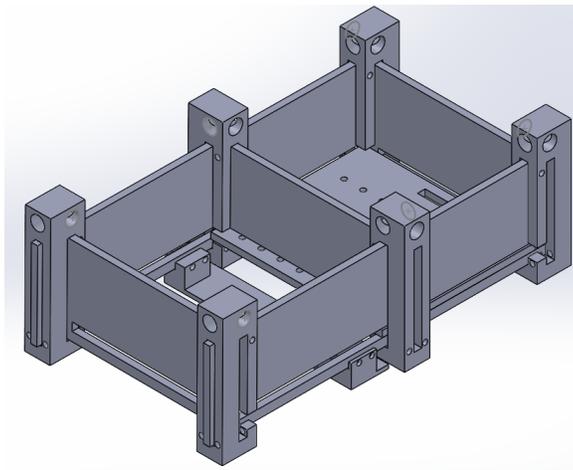


Imagen 15 Plano Cad recipiente central

4.2.4 Plano corte laser

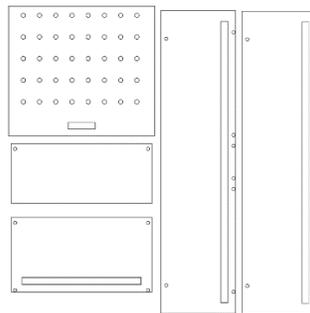


Imagen 16 Plano Cad recipiente central para corte laser

El diseño del recipiente fue echo para ser impreso en corte laser es por ello que en la imagen 16 se denota el plano de corte el cual es leído por la maquina de corte, los orificios son para el acople mediante tornillos.

4.2.5 Esfuerzo y deformación recipiente central

Para saber si el material utilizado en el prototipo (plástico ABS y acrílico) puede soportar los requerimientos del sistema se realizó un estudio "FEA" observado en la imagen 17, en él se colocó una distribución de fuerza proporcional al peso máximo de residuos a contener. Los resultados del estudio arrojaron poca deformación en el acrílico al estar expuesto a una fuerza de 50N y se extrapolo que para el prototipo las piezas hechas de ABS, son funcionales para soportar los esfuerzos a la cual será expuesta la máquina.

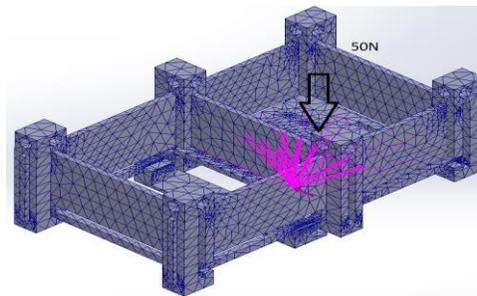


Imagen 17 Análisis de esfuerzo y deformación para determinación la resistencia del material

En la imagen 18 y 19 se encuentra los resultados del esfuerzo y deformación del acrílico, para ello solo se simulo la compuerta central pues no se hacia necesario proceder con todo el conjunto, los resultados del esfuerzo dieron $240\text{MN}/\text{m}^2$ y la deformación máxima esta en el orden de los Armstrong.

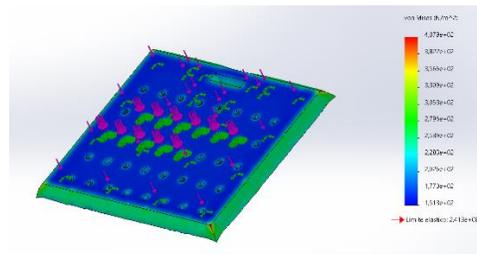


Imagen 18 Análisis de esfuerzo para determinación la resistencia del material

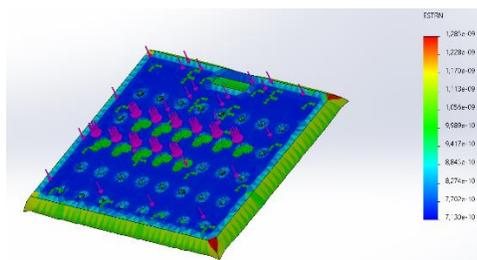


Imagen 19 Análisis de deformación para determinación la resistencia del material de la tómbola central

Adicionalmente se encontró la fuerza necesaria para mover la compuerta teniendo en cuenta el coeficiente de fricción del plástico recubierto con grasa el cual es de 0.02 con la normal de 50 N , teniendo en cuenta que la fuerza tangencial necesaria es de tan solo 1N tal como se muestra en la ecuación 1 .

$$Fuerza\ tangencial = 0.02 * 50N = 1N$$

Ecuación 1 fuerza necesaria para mover el motor de la compuerta

4.2.6 Diseño conceptual riel

El diseño de la parte interna del mecanismo se observa en la imagen 20, este consta de dos rieles formados por 2 tornillos sin fin de 16mm de diámetro y 50 cm de largo, los cuales reposan en dos tuercas giratorias ancladas a una base plástica ideal para mantener una altura constante en los rieles, la parte media del riel se compone de una estructura de acrílico en donde el usuario deposita el residuo que desea desechar, este recipiente se sostiene mediante unas varas que se sujetan a ambos lados del carril de esta forma evita que la tuerca gire y al girar el tornillo la tuerca seguirá una trayectoria recta, cada uno de los tornillo va anclado a un motor y estos tienen la fuerza necesaria para trasladar la base central, el movimiento de la base consiste en moverse hasta la zona en donde se encuentra la cámara , en esta se capta las imágenes del contenido para posteriormente ser analizado (la cámara es posesionada en el extremo de la caneca). Luego de que el software tome una decisión, el riel deberá ser trasladado a la correcta zona en donde se deberá abrir la compuerta de manera automática.

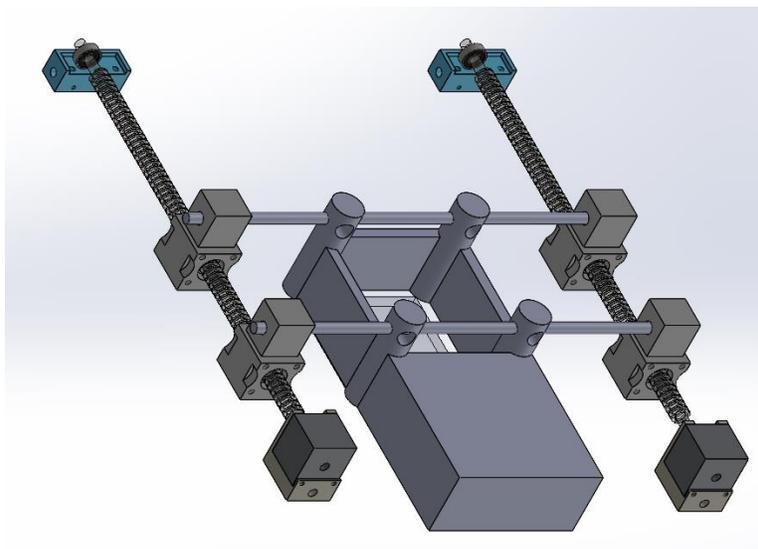


Imagen 20 Plano cad riel en vista isométrica

En la imagen 20 se observa el diseño de las piezas de acople, estas son piezas plásticas sujetas por las tuercas centrales que sirven para que la tómbola central no se descarrile.

4.2.7 Análisis de movimiento riel

Para determinar el tipo de motor a utilizar se hizo un análisis de movimiento, en donde se tuvo en cuenta que la estructura central pesa 100N además soporta un contenido de 50 N, donde el motor debe ser capaz de vencer la inercia y las fuerzas generadas por el pandeo de una varilla de 50 cm. Asimismo para los cálculos se tuvo en cuenta un factor de seguridad de 3 , en la imagen 21 se ve el diagrama de velocidad de cada uno de los motores, los cuales se encargaron de trasladar la estructura central de un extremo al otro.

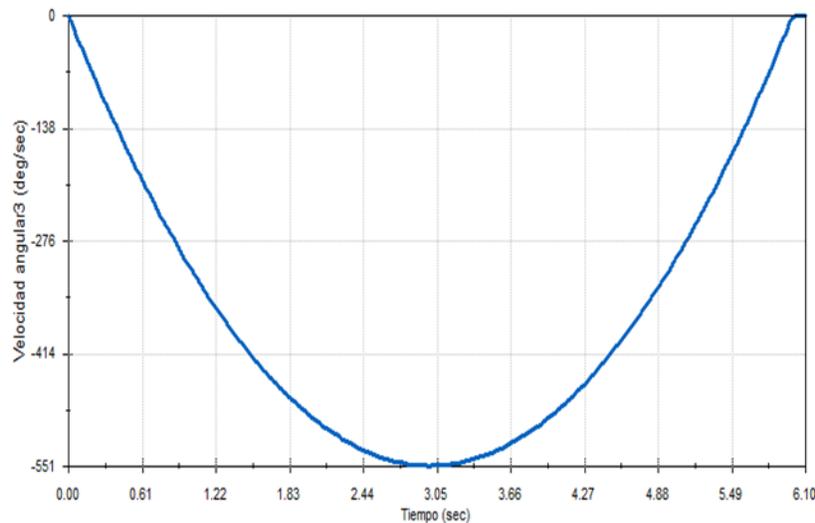


Imagen 21 Análisis de movimiento grafica velocidad determinación del motor a utilizar

4.2.8 Análisis de fuerzas riel

En el análisis de movimiento los motores cambian su velocidad en el tiempo de muestreo como se ve en la imagen 21 , en este se tuvo en cuenta los pesos de los rodamientos y el posible peso del motor para determinar eficazmente el centro de gravedad y poder hacer un análisis que concuerde con la realidad. Se tuvo en cuenta en el análisis que pese a que el motor a analizar no debe vencer ninguna fuerza gravitatoria pues su movimiento es axial este está expuesto a fuerzas generadas por el pandeo de la varilla lo cual puede generar consecuencias en el resultado final, por ello se tuvo en cuenta la gravedad en la simulación. En general las fuerzas que más aportan en contra de la fuerza del motor son el rozamiento (entre el tornillo y la tuerca de potencia) y el pandeo del largor del tornillo, este rozamiento es proporcional a la normal instantánea del motor y la normal proporcional a la gravedad, en la simulación se consideró un coeficiente de rozamiento de 0.2.

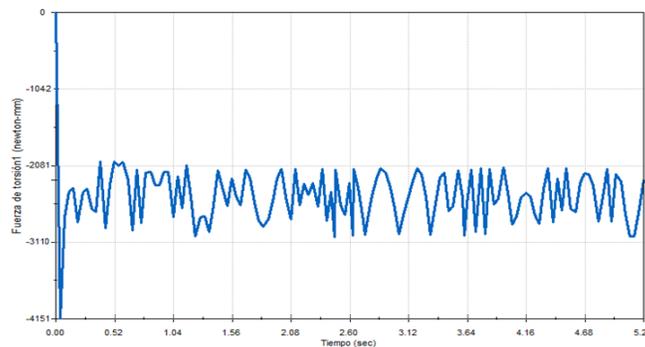


Imagen 22 Análisis de movimiento gráfica fuerza motor para determinar el motor a utilizar

En la gráfica 22 se aprecia el diagrama de fuerzas resultado del análisis de movimiento en él se determina la fuerza necesaria para romper la inercia de los motores y la fricción estática. El resultado del análisis se interpreta como que el torque máximo fue de 4151 N-mm, lo cual es equivalente a 4 N-m. Como se espera el pico para romper la inercia es mucho mayor a lo que el sistema dinámico necesita, esto es propio de los sistemas inerciales, pese al bajo requerimiento del resultado para los diseños se plantea un factor de seguridad de 3, por ende se necesita un motor con un torque de 12 N-m y una velocidad de 1800 (grad/seg) para el prototipo. El motor con estas características que fue utilizado fue un motor nema de 12 Nm de torque, 60 rev por seg acoplado con un enconder de 1024 pasos.

4.2.9 Modelo matemático motor escogido y cálculo del paso del tornillo

Para el control del motor se utilizó el modelo de la imagen 23, el cual es el modelo de un motor eléctrico, cuya ecuación diferencial es la ecuación 2, luego de esto se opera mediante Lagrange para extraer la función de transferencia del modelo.

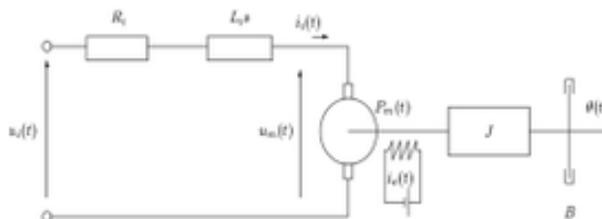


Imagen 23 Modelo motor fuente control C.Ramirez

$$u(t) = R_i i(t) + L \frac{d_i t}{dt} + E_a(t)$$

Ecuación 2

$$L \frac{d_i t}{dt} = v(t) - R_i(t) - E_a(t)$$

Ecuación 3

$$T_m(t) = J \frac{d_w t}{dt} + \beta_w(t)$$

$$E_a(t) = K_a w(t)$$

$$T_m(t) = K_{mi} t$$

Ecuación 4

$$Ls_i(s) = v(s) - R_i(s) - E_a(s)$$

$$Jsw(s) = T_m(s) - \beta_w(s)$$

$$E_a(s) = K_a w(s)$$

$$T_m(s) = K_{mi}(s)$$

Ecuación 5

$$y_s = \frac{T_m(s)}{K_m} = \mu - R \frac{T_m s}{K_m} - K_a W(s)$$

Ecuación 6

$$v(s) = \frac{(R + LS)T_m(s) + K_a w(s)}{K_m}$$

$$W(s) = \frac{T_m(s)}{J_s + \beta}$$

$$v(s) = \frac{(R + LS)T_m(s)}{K_m} + \frac{K_a T_m(s)}{J_s + \beta}$$

$$v(s) = \left(\frac{(R + LS)T_m(s)}{K_m} + \frac{K_a}{J_s + \beta} \right) * T_m(s)$$

$$v(s) = \frac{(R + LS)(J_s + \beta) + K_a K_m}{K_m (J_s + \beta)} * T_m(s)$$

Ecuación 7

Después de realizar todo el despeje mediante Laplace (ecuación del 2 al 7) se halla la función de transferencia mostrada en el despeje de la ecuación 8, esta función de transferencia se pone en todas las posibles salidas a controlar del modelo analizado.

$$\begin{aligned}\frac{T_m(s)}{v(s)} &= \frac{K_m(J_s + \beta)}{LJS^2 + (Rs + L\beta)s + RB + K_aK_m} \\ \frac{E_a(s)}{v(s)} &= \frac{K_mK_a}{LJS^2 + (RJ + L\beta)s + RB + K_aK_m} \\ \frac{i(s)}{v(s)} &= \frac{(J_s + \beta)}{LJS^2 + (Rs + L\beta)s + RB + K_aK_m} \\ \frac{w(s)}{v(s)} &= \frac{K}{LJS^2 + (Rs + L\beta)s + RB + K_aK_m} \\ \frac{\theta(s)}{v(s)} &= \frac{K_m}{s(LJS^2 + (Rs + L\beta)s + RB + K_aK_m)}\end{aligned}$$

Ecuación 8

Para las simulaciones se tuvo en cuenta el tipo de motor seleccionado, el motor nema tiene las especificaciones de que es un motor con, -J=0.001 Nm,-B=0.1 Nm,-Km=0.067,-Ka=0.01,-R=1 ohm,-L=0.5, finalmente la función de transferencia de velocidad angular en función del voltaje se muestra en la ecuación 9

$$\frac{w(s)}{v(s)} = \frac{0.01}{1.0005 * S^2 + 1.36s + 0.1001}$$

Ecuación 9

4.2.1.0 Control movimiento del riel

Para el control del riel se parte de la función de transferencia del sistema mostrado en la ecuación 10,luego de ello se halla el control por medio de la técnica ZOH.

$$\begin{aligned}\frac{w(s)}{v(s)} &= \frac{0.01}{0.0005 * S^2 + (s + 0.05)s + 0.1 + 0.0001} \\ \frac{w(s)}{v(s)} &= \frac{0.01}{1.0005 * S^2 + 0.05s + 0.1001}\end{aligned}$$

Ecuación 10

Este control se realiza por la técnica de ZOH en donde el tiempo de muestreo se coloca de 0.1, la técnica parte de intercambiar la ecuación 11 en la ecuación 10,

$$s = \left(\frac{Z - 1}{t} \right)$$

Ecuación 11

Con el polinomio generalizado se cambia la ecuación 11 en los parámetros de la ecuación 10, posteriormente se iguala el polinomio deseado con el calculado y se hallan los coeficientes como se aprecia en la ecuación 12

$$\frac{Num}{Dem} = \frac{w_n^2 s + w_n^2}{s^2 + 2\xi w_s + w_s}$$

$$\frac{Num}{Dem} = \frac{w_n^2 \left(\frac{Z-1}{t}\right) + w_n^2}{\left(\frac{Z-1}{t}\right)^2 + 2\xi w \left(\frac{Z-1}{t}\right) + 0.01} = \frac{w_n^2 Z - w_n^2}{t} + w_n^2$$

Ecuación 12

Despejando los valores reales,

$$\frac{w_n^2 Z - w_n^2 + w_n^2 t}{t} = \frac{41.31z + 37.2 + 431.1}{0.1} + 372$$

Ecuación 13

Finalmente, en la ecuación 14 se halla el control discreto con el cual la planta controla.

$$Control = \frac{2.881 + 2.609z^{-1}}{1 - 1.407z^{-1} + 0.4066z^{-2}}$$

Ecuación 14

4.2.1.1 Simulación control discreto utilizando un modelo aproximado

En la imagen 24 se denota la simulación de los controles realizado en simscape

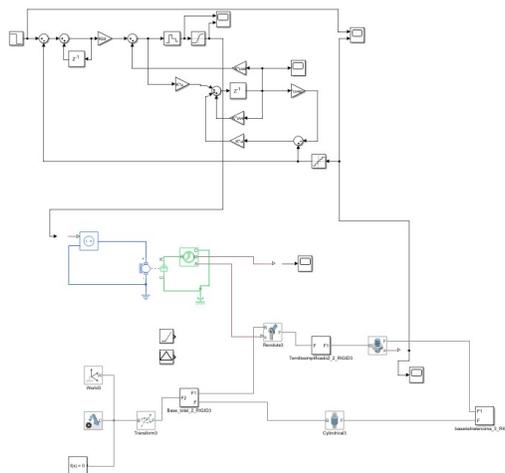
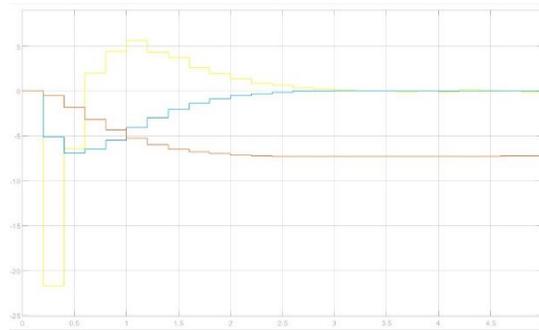


Imagen 24 simulación en simscape planta controlada de forma discreta

En la imagen 25 se observa la salida del control discreto simulado mediante Simscape, con esto se comprueba que el control diseñado cumple con los criterios de diseño para el cual fue elaborado pues controla de manera correcta el riel, su tiempo de respuesta es de 2s este tiempo es el que tarda en llegar a la posición indicada por la red neuronal.



Imágenes 25 Salida de la simulación del control

4.2.1.2 Cálculo del tornillo

El paso del tornillo de 50cm de longitud y 16 mm de diámetro se calcula mediante la ecuación 15,

$$P = L/n$$

Ecuación 15

En donde L es la longitud y n es el número de hilos, el número de hilos se relaciona con la longitud entre cada uno de los picos del tornillo, esta longitud es de 2.5mm, n se calcula según la ecuación 16

$$n = L/\text{long picos}$$

Ecuación 16

Por ende la longitud del paso por cada revolución se da por la ecuación 17

$$P = 50\text{cm}/200 = 0.25 \text{ cm}$$

Ecuación 17

Por cada revolución el tornillo son fin avanza 0.25 cm .

5.3 Acople sensores electrónicos

5.3.1 Generalidades de los sensores

Parte del primer objetivo es establecer un método para separar residuos, para ello se compró un sensor de humedad, un sensor inductivo y un sensor de gas metano que actuaron como sensores de materia orgánica con los cuales se tomaron medidas en las muestras del prototipo final, donde se realizó una comparación de los resultados de mediciones de humedad, inductancia y presencia de gas metano entre los materiales orgánicos y no orgánicos, los sensores comprados se observan en la imagen 26 (datasheet en el anexo B), estos se adaptaron para medir en los distintos elementos que se encontraron en las diferentes muestras, en las mediciones se observa que no hay un criterio básico para decir si un elemento es orgánico o inorgánico solo teniendo en cuenta las mediciones de los sensores, pues muchos de los elementos marcan distintos niveles y esto no es proporcional al tipo de material estudiado, adicional el inductivo solo marca si el elemento en estudio tiene propiedades magnéticas.



Imagen 26 sensores de humedad, inductivo y de gas metano puesto en las muestras

El sensor de humedad se colocó en las distintas muestras, los resultados se graficaron teniendo en cuenta el porcentaje mostrado por un programa que se realizó en la STMF746zg mediante la plataforma keil, en este programa se tabulo el nivel de humedad relativa probándola de 0-5V a porcentaje entre 0%-100%, para entender lo que hace el programa recordemos que la humedad relativa viene dada por la ecuación 18,

$$Humedad(\%) = \frac{H(\text{Medio } 1)}{H(\text{Medio } 2)} * 100$$

Ecuación 18 Humedad relativa entre dos medios

El sensor da una medida de que tan húmedo está la muestra respecto al medio ambiente, el caso de estudio se realizó en Bogotá ciudad la cual tiene una humedad promedio del 78%, dato que el sensor va a pasar por alto pues solo tiene en cuenta el excedente de humedad del objeto medido, el programa realiza una lectura cada 1ms de voltaje del sensor y este lo multiplica por el factor de conversión que se muestra en la ecuación 19,

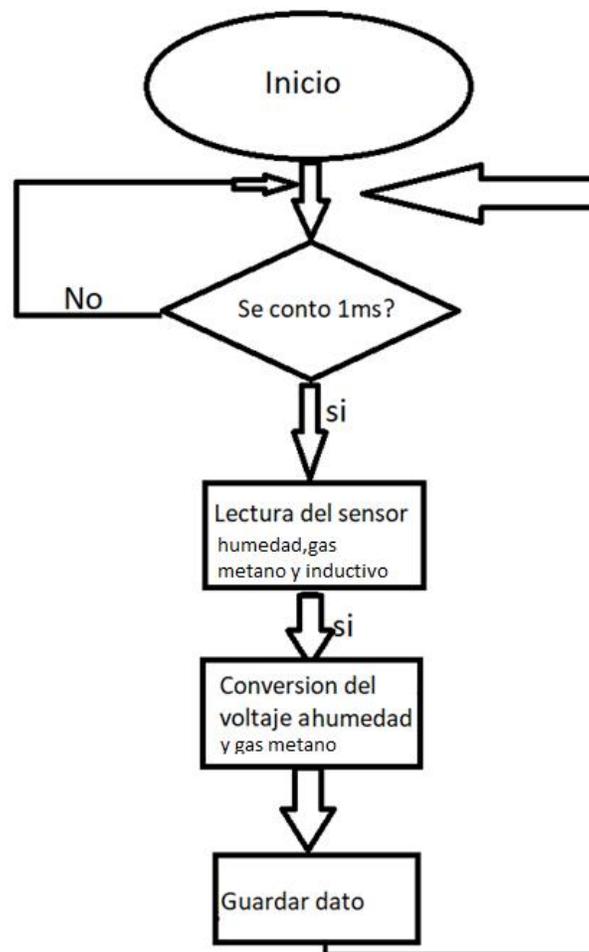
$$Humedad(\%) = \frac{100}{5} * Voltaje$$

Ecuación 19 Factor de conversión Humedad Relativa

El sensor inductivo, aunque es un sensor análogo como se observa en el datasheet, este solo marca si el elemento es un elemento con propiedades magnéticas, esto se debe a que cuenta con un inductor interno que induce una corriente, esta corriente se induce solo si el elemento es un elemento magnético, el programa se adecuo para que marcara 0 si no encuentra un elemento metálico y 1 si lo encuentra, es por ello por lo que la respuesta graficada es una respuesta binaria.

El programa para el sensor de gas metano aunque tiene la misma forma que los otros en este no se tuvo en cuenta el factor de conversión a gas metano, solo se grafico el nivel de salida del voltaje lanzado por el sensor (entre 0-5 v) lo cual es proporcional al nivel de gas metano captado en el ambiente, en las 10 pruebas analizadas se denota un pequeño cambio en el alza de los niveles de gas metano de la materia orgánica, pero aun así estos no son concluyentes para decir si un elemento es orgánico o no.

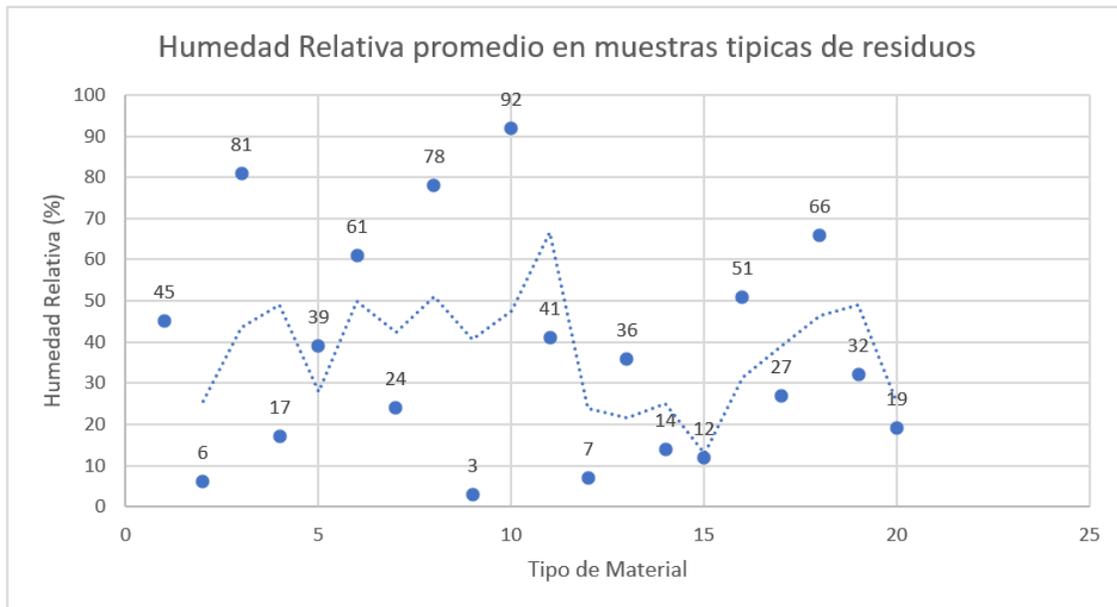
5.3.2 Diagrama de flujo programa lectura sensor



5.3.3 Resultados pruebas realizadas

La lectura de la humedad relativa de los elementos orgánicos e inorgánicos se muestra en la gráfica 1, en donde las primeras 10 muestras son materiales de tipo orgánico los cuales fueron, cáscara de frutas de consumo casero, residuos rígidos como piedras, cáscara de frutas para jugo, desechos de carne, desechos de arroz, de varios granos, de verduras blandas, de verduras con cáscara fuerte, de flores, de polvo y lixiviados; por otro lado las mediciones mostradas entre la muestra 11 a la 20 fueron de desechos no orgánicos tales como, papel, botellas de plástico, cajas de cartón, recipientes de plástico, metales, recipientes de icopor, recipientes de cartón cubierto con plástico, bolsas de plástico, vidrio y material tecnológico.

Gráfica 1 Humedad relativa vs tipo de Muestras



En la gráfica 1 se observa el comportamiento de la media móvil de la humedad relativa de los materiales orgánicos e inorgánicos, en la primera parte de la gráfica (antes de la muestra 10) se aprecia una mayor humedad promedio en los materiales orgánicos que en los materiales no orgánicos, pues los materiales no orgánicos adquieren su humedad al estar en contacto con sustancias orgánicas, líquidos o lixiviados, la humedad relativa promedio disminuye desde la muestra 10 pero aun así materiales no orgánicos como cartón, bolsas o papel guardan mucha humedad, es por esto que se concluye que el método es ineficiente para hallar qué material es orgánico o inorgánico, pues depende del nivel de humedad que tengan los residuos al ser procesados.

Además de lo anterior se analiza la gráfica solo en la sección de los materiales orgánicos teniendo en cuenta su rigidez, en esto se encuentra que entre más blando sea el residuo orgánico más contenido de agua o más humedad está presente en este, también los desechos orgánicos que son duros como cartílagos, cáscaras de papa, piedras u otros marcan superficialmente un contenido de agua equiparable con el de los materiales inorgánicos, por último los resultados arrojan que los lixiviados son el material orgánico más húmedo de la muestra, esto es fácilmente apreciable pues el lixiviado es un líquido grasoso, adicional en el otro extremo se encuentra el polvo el cual es el elementos orgánico más seco de la muestra.

Tabla 4 resultados sensor de humedad

Numero de dato	Nombre	Voltaje	Humedad relativa
1	Cáscara de frutas de consumo casero	2.25	45%
2	Residuos rígidos como piedras	0.3	6%
3	Cáscara de frutas para jugo	4.05	81%
4	Desechos de carne	0.85	17%
5	Desechos de arroz y varios granos	1.95	39%
6	Verduras blandas	3.05	61%
7	Verduras con cáscara fuerte	1.2	24%
8	Desechos de flores	3.9	78%
9	Desechos de huesos	0.15	3%
10	Desechos de polvo y lixiviados	4.6	92%
11	Desechos de papel	2.05	41%
12	Botellas de plástico	0.35	7%
13	Cajas de cartón	1.8	36%
14	Recipientes de plástico	0.7	14%
15	Desechos de metálicos	0.6	12%
16	Recipientes de icopor	2.55	51%
17	Recipientes de cartón con plástico	1.35	27%
18	Bolsas de plástico	3.3	66%
19	Desechos de vidrio	1.6	32%
20	Material tecnológico	0.95	19%

En la tabla 5 se muestran los resultados del sensor inductivo, este no marco ningún resultado aparente y la única marcación fue en el elemento metálico, como anotación si el elemento metálico esta a mas de 1cm de distancia la marcación es 0, por los resultados mostrados este sensor no funciona para saber si el material en estudio es orgánico o no, como estudio futuro se puede mezclar con otros sensores pues este da muy buenos resultados al momento de saber si un elemento es metálico.

Tabla 5 resultados sensor Inductivo

Numero de dato	Nombre	Voltaje	Metálico
1	Cáscara de frutas de consumo casero	0	NO
2	Residuos rígidos como piedras	0	NO
3	Cáscara de frutas para jugo	0	NO
4	Desechos de carne	0	NO
5	Desechos de arroz y varios granos	0	NO
6	Recipientes de icopor	0	NO
7	Recipientes de cartón con plástico	0	NO
8	Bolsas de plástico	0	NO
9	Desechos de vidrio	0	NO
10	Material tecnológico	1	SI

Finalmente, el ultimo resultado obtenido de la prueba de sensores se plasma en la tabla 6, en ella se muestra el voltaje captado por el sensor que da una proporción de los niveles de metano en el ambiente, para que los niveles no se mezclaran o disiparan en el medio ambiente, cada muestra se encerró en una caja de icopor , con ello se aseguro que los niveles captados fueran exclusivos de la muestra analizada.

Tabla 6 resultados sensor de gas metano

Numero de dato	Nombre	Voltaje
1	Cáscara de frutas de consumo casero	1.83
2	Residuos rígidos como piedras	0.50
3	Cáscara de frutas para jugo	1.25
4	Desechos de carne	1.31
5	Desechos de arroz y varios granos	0.55
6	Recipientes de icopor	0.48
7	Recipientes de cartón con plástico	0.62
8	Bolsas de plástico	0.95
9	Desechos de vidrio	0.51
10	Material tecnológico	0.61

Los resultados de la tabla 6 no son concluyentes pues aunque el nivel de gas metano aumenta en materiales en descomposición como lo es cascara de fruta, banano o materiales olorosos, no sucede lo mismo con materia orgánica seca como es el caso del arroz o piedras, adicional a ello materiales no orgánicos pueden marcar niveles de gas metano como se observa en la tabla 6 principalmente porque estos al ser medidos vinieron de una mezcla de residuos; lo que no los exceptúa de tener desechos de otros elementos mezclados en su superficie.

5.4 Diseño de Software y Control

5.4.1 Montaje experimental

En esta sección se determinó la efectividad del método basado en las redes neuronales para reconocer materiales orgánicos, se entrenaron redes neuronales con datasets de distintos tipos de residuos orgánicos, frutas y verduras que son desechos húmedos. Esto se realizó mediante imágenes propias extraídas de las muestras tomadas y de materiales que aún no habían sido desechados. Para ello se creó un ambiente libre de agentes externos en donde la luz fuera una constante este ambiente se observa en la imagen 27.



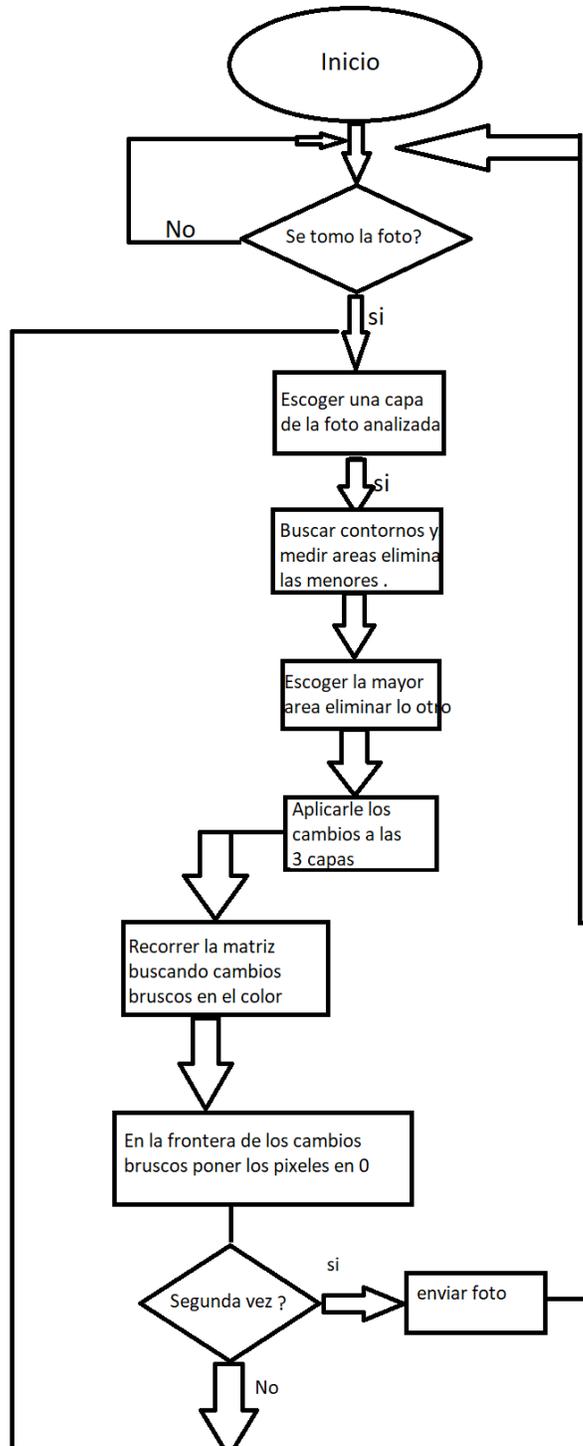
Imagen 27 Caja aislada para toma de fotos del entrenamiento de las redes

El ambiente controlado de la imagen 27 consta de una cámara controlada por el exterior en la cual se capta una imagen similar a la mostrada en la imagen 28, esta imagen es procesada posteriormente mediante Matlab, hallando contornos y áreas con lo cual se aísla el objeto en estudio para luego dejar el residuo limpio de impurezas del entorno. En este paso se eliminan todos los desechos y se toman fotos en varios de los posibles estados de una misma fruta, para lograr esto se captan los procesos de putrefacción del desecho en cuestión.



Imagen 28 foto captada por la cámara en el ambiente aislado sin filtrar

5.4.1 Diagrama de flujo programa análisis de imágenes



5.4.1 Explicación matemática y filtros utilizados

El análisis de las imágenes se realizó principalmente con el cálculo de áreas, para hallar estas se utilizó un filtro de convolución con el cual se encontraron los bordes, en donde la entrada convolucionada con un Kernel representado en la ecuación 20, esta interacción es mostrada por la ecuación 21

$$Kernel = \frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 20 kernel utilizado para encontrar los bordes de la imagen

$$S = E * k = \sum \sum E[i, j] x K[m - i, n - j]$$

Ecuación 21 Convolución kernel con la entrada de la imagen

Posterior a ese filtro se usó un contador para determinar el número de píxeles dentro de las distintas áreas delimitadas, ese contador se realizó marcando con números las distintas figuras captadas, la matriz final quedó de una forma similar a la mostrada en la ecuación 22.

$$I = \begin{matrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 255 & 1 \\ 255 & 1 & 3 \end{matrix}$$

Ecuación 22 Muestra del marcado de la matriz para el contador

Luego de que el contador contara las distintas marcaciones se escogió la que mayor área tiene y el resto de los píxeles se pusieron en un nivel nulo. En la imagen 29 se puede apreciar como el programa de Matlab limpia el contorno del objeto en estudio, esto mediante reconocimiento de áreas, borrar contornos de áreas pequeñas, filtrado convolución y recorte de áreas innecesarias.



Imagen 29 foto captada por la cámara en el ambiente aislado con filtros iniciales

5.4.3 Resultados en las imágenes filtradas

Finalmente en la imagen 30,31,32,33,34 y 35 se muestra el resultado final al aplicar los filtros especializados los cuales eliminan paredes muy delgadas como el filo del vidrio y la varilla, teniendo el criterio de programación de que el área a estudiar es la más grande de toda la imagen. Para este fin se dividieron las figuras buscando cambios extravagantes en el color en las fronteras críticas, teniendo en cuenta que a nivel computacional los desecho no formarán una unidad con el entorno.

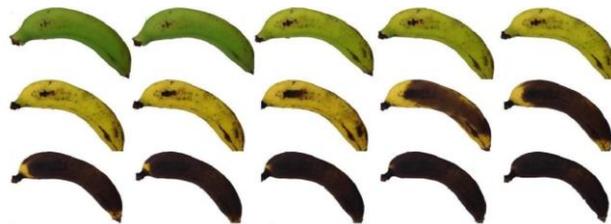


Imagen 30 Dataset1 de datos del banano en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros



Imagen 31 Dataset 2 de datos del banano en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros

Las imágenes 30 y 31 son un conglomerado de muchas imágenes las cuales se utilizaron para programar la red neuronal. Como se observa luego del procesamiento de imágenes la fruta está totalmente aislada y en la imagen es el único elemento que sobresale. La red neuronal utilizada fue una red multicapa en donde cada una de sus entradas es un píxel y la salida es una respuesta en porcentaje de concordancia.



Imagen 32 Dataset3 de datos del colicero en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros



Imagen 33 Dataset4 de datos del durazno en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros

En la imagen 33 se puede apreciar que los procesos de putrefacción del durazno son mucho más lentos que el de las otras frutas, lo que dificultó el entrenamiento de la red neuronal para reconocer el durazno en cualquiera de sus fases. Por ello esta fruta fue confundida en múltiples pruebas con un mango, donde obtuvo un porcentaje de concordancia del 60%. Además, en la imagen 34 y 35 se aprecia el dataset de dos de las frutas que más rápido entran en proceso de putrefacción, estas son la guayaba y el mango, para entrenar las redes y no plantar una secuencia predeterminada o sesgada de los datos, se tomaron el 70% de las fotos del dataset al azar en la etapa de entrenamiento y se evaluó con el 30% restante.



Imagen 34 Dataset5 de datos de la guayaba en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros

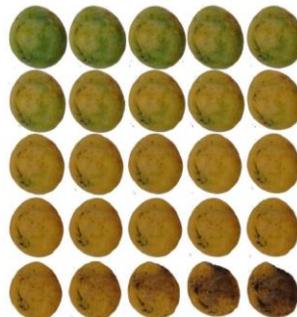


Imagen 35 Dataset6 de datos del mango en sus posibles estados de desecho captado por la cámara en el ambiente aislado con filtros

5.4.4 Análisis en el cambio del color de las frutas

Antes de pasar a la programación de las redes neuronales, cabe mencionar que de las fotos captadas se halló el promedio de colores de las distintas imágenes. Con el fin de que al prototipo final de utilizar lógica básica en la parte del preprocesamiento para determinar criterios de selección mediante la diferenciación del color ,para lograr esto la gama de colores resultantes se observa en la imagen 36.

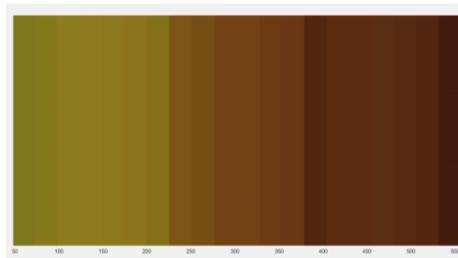


Imagen 36 Gama de colores de frutas orgánicas en sus distintos estados de putrefacción

5.4.5 Entrenamiento redes neuronales interfaz gráfica y principio de funcionamiento

La gama de colores encontrada en la muestra es una gama que varía desde los colores verdes, pasando por amarillo y terminando en cafés y negros, esta gama es fácilmente reconocible ante colores muy vivos como los que tienen metales, latas de plástico y algunos cartones plastificados. Para el entrenamiento de la red neuronal se utilizó Matlab y el entorno que se observa en la imagen 37. En este se cargaron el 70% de las imágenes para el entrenamiento y el 30% restante se dejó como base de prueba para saber la eficiencia de la red.

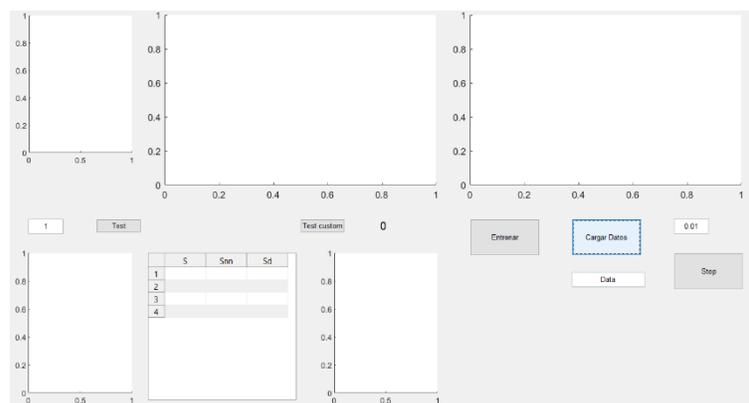


Imagen 37 Entorno de entrenamiento reconocimiento imágenes red neuronal

El entorno presentado en la imagen 37 es un entorno de fácil uso pues solo se tiene que cargar los datos y el automáticamente comienza a entrenar, se puede parar en cualquier

momento o ella se detiene automáticamente si el nivel de desacierto es menor al 1%. La red es una sola y será capaz de reconocer cualquiera de los 6 “patrones” o residuos orgánicos entrenados. En la estructura de la red neuronal multicapa se usó una estructura de tipo perceptron , el cual utilizó un aprendizaje tipo hebbiano, se utilizó el modelo clásico de la tangente (tanhx) para configurar la función de activación . El método de aprendizaje fue un método supervisado, finalmente los resultados se muestran en la imagen 38.

$$w(k + 1) = w(k) + a * d(-E))i$$

Ecuación 23 Pesos de la red neuronal

$$Ep = \frac{1}{2} * \sum (ydi - yi)^2$$

Ecuación 24 Fórmula error cuadrático medio de la red neuronal

Para entender el proceso de entrenamiento de las redes neuronales hay que tener en cuenta que los pesos finales van propagando un error que se traslada época a época. Este cambio en los pesos de las neuronas se muestra en la fórmula 23, adicional el error por época se observa en la ecuación 24, donde se graficó el error cuadrático medio para tener un error total de la red entrenada, dado que por tipo de residuo no se puede considerar que toda la red posee el mismo error.

5.4.6 Resultado entrenamiento red neuronal

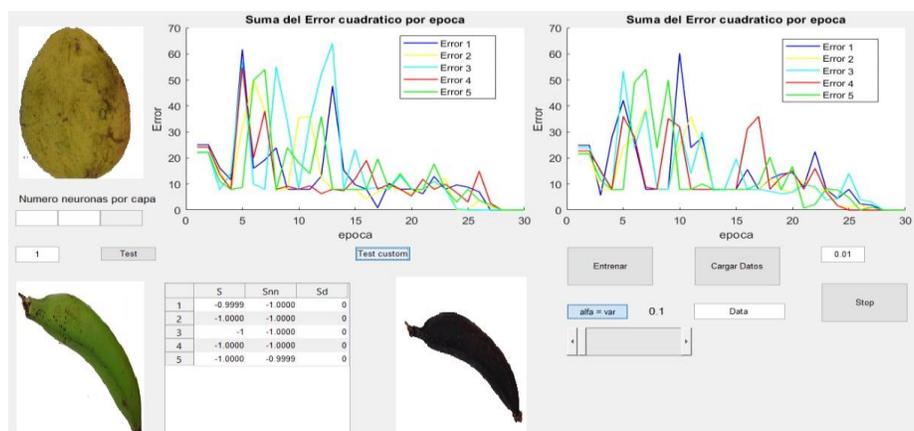


Imagen 38 Entorno de entrenamiento reconocimiento imágenes red neuronal con resultados después del entrenamiento

La interfaz desarrollada mostrada en la imagen 30, tiene funciones tales como poder cambiar el número de capas de la red, mostrar la gráfica del error época a época y el número de interacciones realizadas. En el entrenamiento se utilizaron 15 capas internas, donde producían una salida la cual eran los números del 1 al 5 acompañados de un porcentaje de

acople en donde cada número representaba un tipo de residuo. La red se entrenó con los 5 objetos de manera satisfactoria, el error cuadrático medio fue menor al 1%, adicional en las pruebas el porcentaje de acierto fue del 75%, el 25% restante fue confusiones que se presentaron al reconocer el mango como guayaba, la guayaba como mango o en algunas ocasiones el durazno como un mango. Cabe mencionar que las imágenes de entrenamiento y pruebas tendían a ocupar los mismos píxeles entre imagen e imagen, para comprobar el nivel de acierto de la red se realizaron dos entrenamientos (error 1 y 2 en las gráficas) dando los mismos resultados cada uno de ellos.

5.5 Técnica red neuronal en la nube por medio de tecnología IOT

Otra de las posibles soluciones estudiadas fue aquella en la cual la máquina entre en las nuevas tecnologías de la IOT (el cual según muchos expertos es el futuro de la tecnología). En otras palabras, que la caneca esté conectada a internet y esto pudo hacerse realidad mediante Python con un programa en el cual realizo web-scraping a la página de Google, así se utilizó las redes neuronales de esta plataforma enviándole búsquedas por imágenes. Este método al igual que las redes neuronales requiere un preprocesamiento de las imágenes antes de que estas sean enviadas. Las imágenes se filtran y se aíslan; en la imagen 39 se aprecia el resultado del web-scraping de la página de Google.

```

285
286 df
287 Ta[ 0 1 2
288 Ta 0 NaN NaN Búsqueda avanzada de imágenes]
289 Ta
290

```

Imagen 39 web-scraping página Google imágenes vista en forma de matriz

En la imagen 39 se denota el web-scraping de la conocida página de Google imágenes, los proceso a seguir consiste en indicar mediante código HTML que entre en búsqueda avanzada, allí se busca la función de adjuntar en donde se escribe el directorio en el cual se encuentre el programa y la imagen, esta imagen será la que salga del proceso de filtrado, en la imagen 40 de manera gráfica se muestra el resultado del proceso realizado.

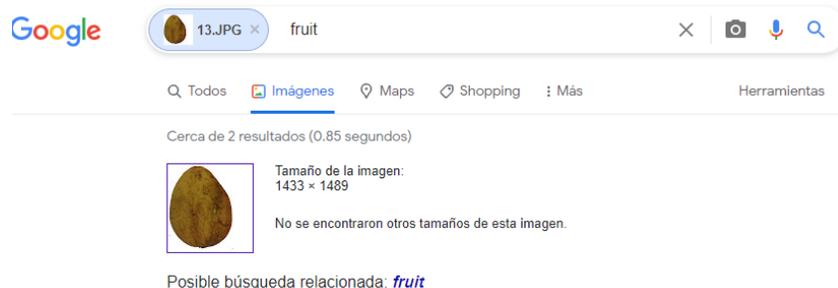
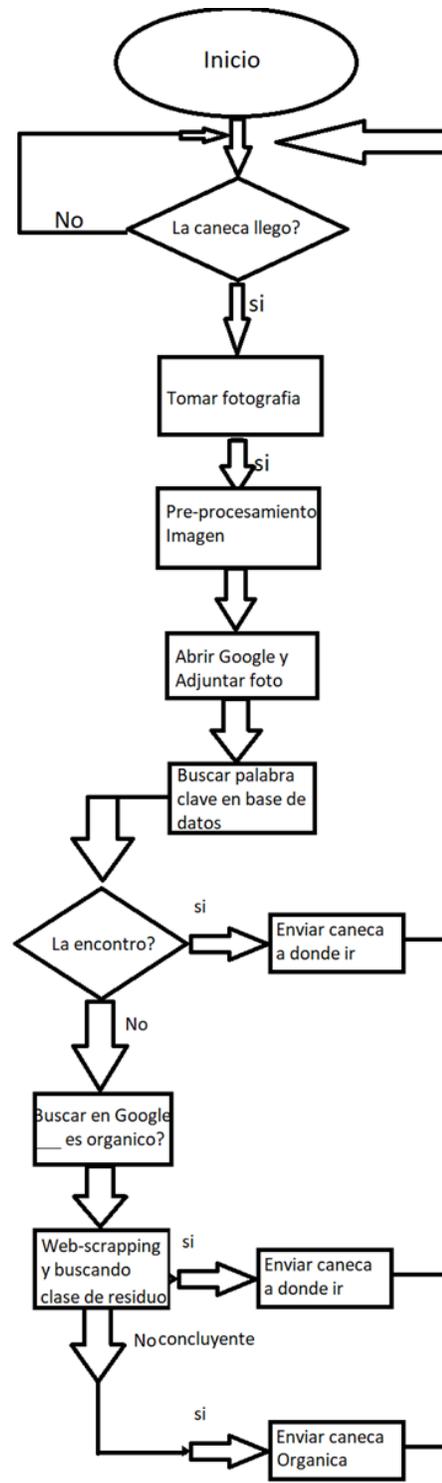
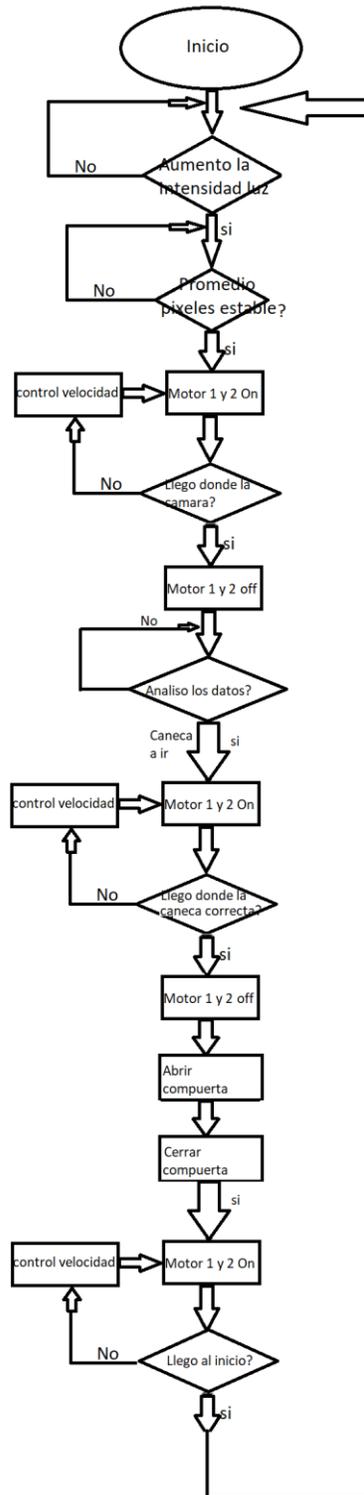


Imagen 40 búsqueda de Google enviándole la imagen a buscar ya filtrada y procesada por medio de Python

5.5.1 Diagrama de flujo técnica IOT



5.5.2 Diagrama de flujo estructura general



5.6 Comprobación

5.6.1 Red Neuronal local. Para comprobar el nivel de asertividad de la máquina desarrollada a través de pruebas con muestras que contengan 50% materia orgánica y 50% otros materiales, se colocaron elementos en la tómbola (Anexo A) de la maquina realizada, para su clasificación de forma individual. Para la realización de pruebas se cogieron nuevos elementos que no fueron entrenados en la red neuronal los cuales fueron papas, restos varios de alimentos, flores, restos de animales y huesos, además se siguió el diagrama de acciones mostrado en la imagen 42, el cual fue,

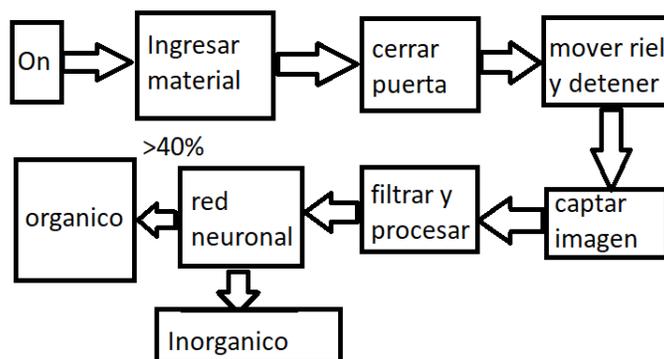


Imagen 42 Diagrama de acciones automáticas después de cerrar la compuerta

El diagrama de acciones de la persona que utiliza la máquina se reduce al mostrado en la imagen 42-A, en donde se denota que la única acción por parte del usuario es abrir la compuerta, insertar de a una clase de desecho, cerrar la compuerta y esperar para repetir el proceso.

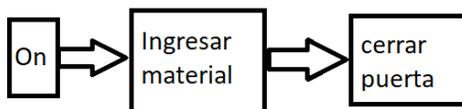


Imagen 42-A Diagrama de acciones humanas para utilizar la maquina

La imagen 42 da cuenta del diagrama lógico seguido por la máquina, en esta la imagen es captada mediante Matlab y es procesada con los filtros desarrollados anteriormente, de igual forma, las imágenes se envían a la red neuronal, cuya respuesta da una de las 10 opciones por la cual fue entrenada. El resultado de la red va acompañada con una probabilidad, en la imagen 43 se muestra 1 de los 10 resultados de las pruebas realizadas, pero en este el nivel de certeza fue de tan solo el 40%, lo que se debe principalmente a las múltiples formas que puede tener un mismo desecho, y a la poca base de datos con la que la red neuronal fue entrenada,

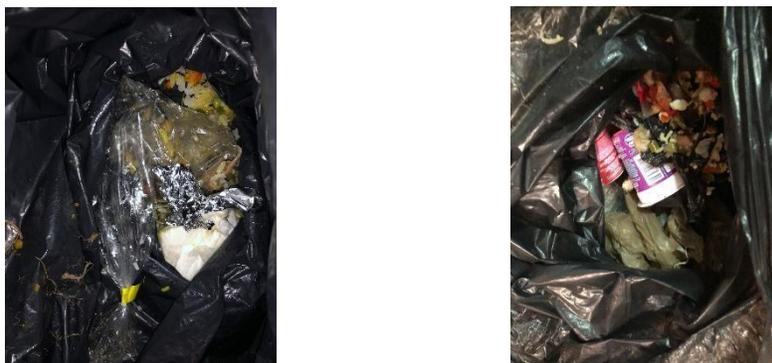


Imagen 43 Prueba 8 separación de desecho orgánicos e inorgánicos

El nivel de certeza general de la máquina en la comprobación de la red neuronal local fue muy bajo respecto a lo esperado, esta fue en promedio de tan solo el 36%, en la tabla 7 se muestra el nivel de acierto de la máquina en cada una de las 10 pruebas, donde por cada 100 elementos 50 son orgánicos y 50 inorgánicos.

Tabla 7 de pruebas realizadas con la máquina separadora de residuos

Muestra No	Orgánicos					Inorgánicos								Totales
	Frutas	Polvo	Verduras	carne	cascaras	Acierto or	empaques	papel seco	metales	bolsas plasti	plastico	ropa	acierto in	
1	3/10	2/2	8/15	7/13	0/10	20/50	5/10	0/10	0/10	3/10	2/8	0/2	10/50	30/100
2	2/10	1/2	13/15	2/13	1/10	19/50	6/10	4/10	5/10	6/10	4/8	1/2	26/50	45/100
3	4/10	1/2	8/15	4/13	0/10	17/50	3/10	0/10	1/10	3/10	1/8	0/2	8/50	25/100
4	3/10	0/2	4/15	2/13	1/10	10/50	3/10	0/10	4/10	7/10	5/8	2/2	21/50	31/100
5	8/10	1/2	11/15	9/13	4/10	33/50	4/10	2/10	0/10	3/10	2/8	1/2	12/50	45/100
6	2/10	1/2	13/15	4/13	2/10	22/50	4/10	0/10	0/10	0/10	0/8	0/2	4/50	26/100
7	5/10	2/2	12/15	6/13	3/10	28/50	1/10	0/10	2/10	0/10	2/8	1/2	06/50	34/100
8	9/10	0/2	10/15	8/13	5/10	32/50	0/10	1/10	3/10	1/10	3/8	0/2	08/50	40/100
9	4/10	2/2	9/15	10/13	1/10	26/50	7/10	2/10	4/10	5/10	1/8	0/2	19/50	45/100
10	2/10	2/2	6/15	3/13	1/10	14/50	8/10	0/10	8/10	7/10	3/8	1/2	27/50	41/100

En la tabla 7 donde se muestra la efectividad de la separación del sistema con base a redes neuronales se denota que la efectividad no es la esperada, muchos elementos no orgánicos los cuales no fueron entrenados en la red neuronal los reconoce con una concordancia muy alta, el color y la forma tienen mucho que ver en este resultado, para mejorarlo se necesitaría mucha capacidad de procesamiento pues se necesita entrenar todo aquello que va a ser ingresado al sistema, tanto lo orgánico como lo inorgánico, lo cual para el prototipo que es manejado por un equipo de cómputo no es problema, pero para un equipo manejado por una tarjeta de programación de bajo nivel en el producto final sería poco viable, no solo por la cantidad de espacio que ocupa este tipo de redes, sino por la cantidad de tiempo de análisis que se requiere.

5.5.2 Comprobación redes en la nube usando tecnologías de la IOT. Para las pruebas realizadas del sistema basado en IOT se requirió calibrar las acciones en donde se ajustaron palabras que encontraba el sistema como piedra=orgánico, basura=orgánico, confitería=inorgánico, bolsa= inorgánico y otras más que el sistema encontraba a medida que realizaba la acción de enviar fotos a Google, esto mediante el calibramiento con 5 de las 10 pruebas realizadas, en donde se hizo la acción semi-manual pausando los procesos

y clasificando las palabras que Google encontraba. Luego de lo anterior se volvió a realizar el experimento en donde en promedio el 75% de los datos fueron correctamente clasificados, esto se observa en la tabla 8.

Tabla 8 pruebas 2 realizadas con la máquina separadora de residuos utilizando las redes neuronales de Google

Muestra No	Organicos						Inorganicos						Totales	
	Frutas	Polvo	Verduras	carne	cascaras	Acierto or	empaques	papel seco	metales	bolsas plastic	plastico	ropa		acierto in
6	9/10	1/2	14/15	9/13	6/10	39/50	8/10	2/10	9/10	7/10	8/8	2/2	36/50	75/100
7	9/10	2/2	15/15	11/13	4/10	41/50	10/10	6/10	10/10	8/10	6/8	2/2	42/50	83/100
8	10/10	0/2	13/15	12/13	7/10	42/50	10/10	9/10	10/10	9/10	8/8	2/2	48/50	90/100
9	8/10	2/2	12/15	10/13	5/10	37/50	6/10	4/10	6/10	8/10	7/8	2/2	33/50	70/100
10	9/10	1/2	7/15	13/13	8/10	38/50	8/10	2/10	8/10	5/10	4/8	2/2	29/50	67/100

Como el nivel de acierto para reconocer el tipo de basura de las redes en la nube es mayor al esperado, esta técnica es la escogida como la mejor en esta investigación pues de cada 100 elementos ingresados a la tómbola en promedio solo se equivocó en 25 de estos, equivocarse en la prueba significa que la tómbola no insertaba la basura en la caneca de orgánicos siendo este un elemento orgánico o viceversa .

9.Conclusiones

Los huecos en el diseño de la superficie ayudan a filtrar sin necesidad de redes neuronales cerca del 50% de materiales como polvo, líquidos, lixiviados y alimentos desechados cuyo diámetro sea menor a 5mm, en el estudio del tipo de materiales desechados en 10 muestras de hogares Bogotanos no se tuvo en cuenta los residuos como aserrín o virutas metálicas que la máquina los pudo clasificar como orgánicos, aun así en los 10 casos de estudio menos del 0.5% de los materiales clasificados fueron materiales similares a los mencionados, este tipo de mecanismos son necesarios en el proceso de separación de residuos en hogares pues eliminan los lixiviados y excesos de humedad.

Cerca del 50% de la basura en los hogares son desechos orgánicos esto gracias a investigaciones previas. En esta investigación se concluye que de las muestras estudiadas los residuos orgánicos fueron hasta de un 70% de los desechos , esto teniendo en cuenta solo el peso de la clasificación. Ya que los distintos elementos tienen contacto con sustancias como residuos de agua o lixiviados, no se puede determinar solo midiendo la humedad si un elemento es orgánico o inorgánico por ende el método por sensores es inviable ya que para la realización de una separación de muestras se requiere repetitividad, esta repetitividad se puede obtener en el método de las redes neuronales, pues esto se logra teniendo un recipiente de un color distinto al fondo el cual sea fácilmente captable, también tomando la foto con la tómbola en un lugar estático (que está siempre llegue al mismo lugar) y por último solo quedaría el envío de la foto procesada a la red ya entrenada.

La red neuronal tiene buenos resultados si los datos con los que va exponer son de la misma especie, al ponerle objetos que sean en este caso inorgánicos pese a que la red

propia se entrenó solo con orgánicos tiende a asociarlos a aquello aprendido fijándose en cosas como color o forma, si el elemento es muy distinto este lo asocia pero con un porcentaje mucho más bajo de similitud. Un paso importante para cualquier red es tener una imagen bien filtrada, como se observó en las IOT las redes de Google tienen una alta efectividad (cerca del 75%) si la imagen es filtrada y procesada antes de ser enviada.

Para realizar web-scraping de la página Google solo se debe conocer cuál de las funciones del buscador es la que permite adjuntar una foto en la búsqueda, teniendo esto en cuenta solo basta con enviar un requerimiento de búsqueda y el enlace de una foto que esté en el computador, luego de ello se recibe la página de búsqueda como respuesta y se procede a sacar la información que esta nos entrega, la cual se encuentra después del comando (HOME\x^7), con ello se concluye que al tener mecanizados los pasos de búsqueda un computador se puede realizar este tipo de tareas “complejas”.

Por último se concluye que para trabajos futuros se puede hacer que el sistema sea más eficiente añadiendo cosas como sensores inductivos pues son muy buenos para saber si un elemento es metálico, también se pueden añadir procedimientos químicos para que con elementos como captadores de metano se pueda saber a ciencia cierta si el elemento es orgánico o no, por último también se le puede añadir un mecanismo seleccionador, una tómbola o una banda transportadora la cual ayude a volver más sencillas las acciones del usuario, en este caso para que el usuario deseche la basura como culturalmente lo hace (todo revuelto en un solo lugar) y no de uno en uno como se planteó en la investigación.

11. Referencias

Marcela Bonilla Madriñán y otros, Diagnóstico nacional de salud ambiental (2012). Gobierno de Colombia ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Suiza, modelo de excelencia para la gestión de residuos, octubre del 2012 tomado de : www.ecologistas.cl/2012/10/17/suiza-modelo-excelente-para-la-gestion-de-residuos

Andrea Carolina Maru y otros, informe disposición final de residuos sólidos, (2018). Gobierno de Colombia ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Diego A. Prieto-Pedraza., Juan C. Guacheta-Alba., Mauricio Mauledoux., DAVINCI research group, Mechatronics engineering department, Universidad Militar Nueva Granada, & Colombia. *System of waste recognition and classification* 10

Nicolás Vanegas Buitrago, & Claudia Liliana BelTrán Dimaté. *Manual de reciclaje y plan de socialización para la disposición final de residuos sólidos en el barrio bella flor de la localidad de ciudad bolívar*

Fabian Méndez y otro informe de evaluación del impacto ambiental del relleno doña Juana, (2015). Gobierno de Colombia ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Ahmedelbdawy, W. M. A., Abuelnuor, A. A. A., Omara, A. A. M., & Taha, S. A. (Aug 2018). (Aug 2018). An experimental study on landfill technology to produce an alternative source of energy from organic waste. Paper presented at the 1-5. doi:10.1109/ICCCEEE.2018.8515762 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8515762>

Antonopoulos, I. -, Karagiannidis, A., Tsatsarelis, T., & Perkoulidis, G. (2013). Applying waste management scenarios in the peloponnese region in greece: A critical analysis in the frame of life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 2499-2511. doi:10.1007/s11356-012-1139-y

Areeprasert, C., Kaharn, J., Inseemeeesak, B., Phasee, P., Khaobang, C., Kuhavichanun, A., . . . Siwakosit, W. (2018). A comparative study on characteristic of locally source-separated and mixed MSW in bangkok with possibility of material recycling. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 302-313. doi:10.1007/s10163-017-0583-7

Bai Ting-he, Quan Hui, & Li Ren-nian. (Sep 2011). (Sep 2011). Research and system development of a new on-line recycled water clean-up technology. Paper presented at the 1597-1602. doi:10.1109/ICECC.2011.6066296 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6066296>

Bing, X. (2014). *Sustainable reverse logistics for household plastic waste* Wageningen University. Recuperado de: <https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=narcis::fd52372d3a2abf3cd93978a8f8c17907>

Bourzac, K., Savage, N., Owens, B., & Scott, A. R. (2017). Materials and engineering: Rebuilding the world. *Nature*, 545(7654), S15-S20. doi:10.1038/545S15a

Buekens, A., & Yang, J. (2014). Recycling of WEEE plastics: A review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(3), 415-434. doi:10.1007/s10163-014-0241-2

Buyantuev, S. L., Galeguzova, I. A., & Shishulkin, S. Y. (Mar 2019). (Mar 2019). Plasma technology for the incineration of solid domestic waste and the destruction of toxic emissions. Paper presented at the 1-3. doi:10.1109/EastConf.2019.8725382 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8725382>

Chaerul, M., Fahrurroji, A., & Fujiwara, T. (2014). Recycling of plastic packaging waste in bandung city, indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(3), 509-518. doi:10.1007/s10163-013-0201-2

Cheng, C., & Chang, T. (2018). The development and prospects of the waste electrical and electronic equipment recycling system in taiwan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 667-677. doi:10.1007/s10163-017-0612-6

de Pablo, J. J., Jackson, N. E., Webb, M. A., Chen, L., Moore, J. E., Morgan, D., . . . Zhao, J. (2019). New frontiers for the materials genome initiative. *Npj Computational Materials*, 5(1), 1-23. doi:10.1038/s41524-019-0173-4

En el 2016 inicia Plan de Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos. (2015, *La Estrella de Panamá*, pp. n/a. Retrieved from <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login?url=https://search-proquest-com.ezproxy.umng.edu.co/docview/1734246627?accountid=30799>

Estepa Becerra, M. C., & Douzinas, C. (2010). La reparación a las víctimas del conflicto en colombia. *Diálogos de saberes: investigaciones y ciencias sociales*, (33), 219-229. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3618573>

Hai, H., Hung, H., & Quang, N. (2017a). An overview of electronic waste recycling in vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 536-544. doi:10.1007/s10163-015-0448-x

Hai, H., Hung, H., & Quang, N. (2017b). An overview of electronic waste recycling in vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 536-544. doi:10.1007/s10163-015-0448-x

Jeong, K., & Kim, J. (2018). Lead acid battery recycling and material flow analysis of lead in korea. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 1348-1354. doi:10.1007/s10163-017-0649-6

JeRf.Peetle, PrasuVlanegl, a2, s TDoemvol3, dWeirmDeewfu, 4l, & JooRs.Dtufloflu.*ClosLeodoRpecycloifPnlgasHtoiucsfifnogFrlaStcreTeVns*

Jiu Huang, Pretz, T., & Zhengfu Bian. (Oct 2010). (Oct 2010). Intelligent solid waste processing using optical sensor based sorting technology. Paper presented at the , 4 1657-1661. doi:10.1109/CISP.2010.5647729Recuperado de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/5647729>

Joshi, A., & Yadre, K. (Mar 2019). (Mar 2019). How to use kitchen waste to produce manure? Paper presented at the 1-4. doi:10.1109/ICASET.2019.8714230Recuperado de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/8714230>

Leilei Mi, Nairui Liu, & Bo Zhou. (Jun 2010). (Jun 2010). Disposal methods for municipal solid wastes and its development trend. Paper presented at the 1-4. doi:10.1109/ICBBE.2010.5517879Recuperado de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/5517879>

Liu Zhanmeng, Wang Qunhui, Sun Tichang, & Nie Fahui. (Nov 2010). (Nov 2010). Pre-treatment of sanitary landfill leachate with a novel coagulant. Paper presented at the 1-4. doi:10.1109/ICEEE.2010.5660341Recuperado de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/5660341>

Lu, J., Chang, N., Zhu, F., Hai, J., & Liao, L. (Mar 2018). (Mar 2018). Smart and green urban solid waste collection system for differentiated collection with integrated sensor networks. Paper presented at the 1-5. doi:10.1109/ICNSC.2018.8361307Recuperado de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/8361307>

Mishima, F., Terada, T., Akiyama, Y., & Nishijima, S. (2011). High gradient superconducting magnetic separation for iron removal from the glass polishing waste. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 21(3), 2059-2062. doi:10.1109/TASC.2010.2091100

Mohamed, M. Z., Ghazali, M. F. M., Idrus, S. M., & Wahab, N. A. (Jun 2013). (Jun 2013). Maximizing output of a sludge drying plant through multiple parameter optimization. Paper

presented at the 1745-1748. doi:10.1109/ICIEA.2013.6566650 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6566650>

Padeyanda, Y., Jang, Y., Ko, Y., & Yi, S. (2016). Evaluation of environmental impacts of food waste management by material flow analysis (MFA) and life cycle assessment (LCA). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(3), 493-508. doi:10.1007/s10163-016-0510-3

Peng, H., Liu, Z., & Tao, C. (2018). A green method to leach vanadium and chromium from residue using NaOH-H₂O₂. *Scientific Reports*, 8(1), 1-426. doi:10.1038/s41598-017-18918-2

Raharjo, S., Junaidi, N. E., Bachtiar, V. S., Ruslinda, Y., Rachman, I., & Matsumoto, T. (Oct 2016). (Oct 2016). Development of community-based waste recycling (garbage bank and 3R waste treatment facility) for mitigating greenhouse gas emissions in padang city, indonesia. Paper presented at the MI-12. doi:10.1109/MITICON.2016.8025259 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8025259>

Ruangpayoongsak, N., Sumroengrit, J., & Leanglum, M. (Oct 2017a). (Oct 2017a). A floating waste scooper robot on water surface. Paper presented at the 1543-1548. doi:10.23919/ICCAS.2017.8204234 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8204234>

Ruangpayoongsak, N., Sumroengrit, J., & Leanglum, M. (Oct 2017b). (Oct 2017b). A floating waste scooper robot on water surface. Paper presented at the 1543-1548. doi:10.23919/ICCAS.2017.8204234 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8204234>

Schmidt, J., Marques, M. R. G., Botti, S., & Marques, M. A. L. (2019a). Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science. *Npj Computational Materials*, 5(1), 1-36. doi:10.1038/s41524-019-0221-0

Schmidt, J., Marques, M. R. G., Botti, S., & Marques, M. A. L. (2019b). Recent advances and applications of machine learning in solid-state materials science. *Npj Computational Materials*, 5(1), 1-36. doi:10.1038/s41524-019-0221-0

Sedláková, S. (2016). Separation of waste - one of the ways to reduce the cost of waste management municipality. *Revista »Administratie Si Management Public« (RAMP)*, (26), 49-59. Recuperado de: <http://www.cceol.com/search/article-detail?id=426865>

Seki, S., Osakada, F., & Yoshioka, T. (2014). Developments in an industry-led R&D program for recycling PVC products in japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(3), 385-397. doi:10.1007/s10163-014-0245-y

Seki, S., Yamashita, Y., Kamikawaji, H., Buekens, A., & Yoshioka, T. (2018). Optimization of separation and logistics for recycling materials from wallpaper hanging sites. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(4), 2068-2076. doi:10.1007/s10163-018-0761-2

Sivakumar, N., Kunwar, A. R., Patel, S. K., Kumar, S., & Mala, S. P. (May 2016). (May 2016). Design and development of an automatic clustered, assorted trash segregation system. Paper presented at the 409-413. doi:10.1109/RTEICT.2016.7807852 Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7807852>

Solvang, W. D., Roman, E., Hao Yu, & Mustafa, M. Y. (Dec 2013). (Dec 2013). A decision support system for establishing a waste treatment plant for recycling organic waste into bio-

energy in northern norway. Paper presented at the 659-664.
doi:10.1109/CogInfoCom.2013.6719184Recuperado
de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/6719184>

Sun, Y., Nakano, J., Liu, L., Wang, X., & Zhang, Z. (2015). Achieving waste to energy through sewage sludge gasification using hot slags: Syngas production. *Scientific Reports*, 5(1), 11436. doi:10.1038/srep11436

Takezawa, T., Uemoto, M., & Itoh, K. (2015). Combination of X-ray transmission and eddy-current testing for the closed-loop recycling of aluminum alloys. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(1), 84-90. doi:10.1007/s10163-013-0228-4

Tarfasa, S., & Brouwer, R. (2018). Public preferences for improved urban waste management: A choice experiment. *Environment and Development Economics*, 23(2), 184-197. doi:10.1017/S1355770X17000432

Wang Jing-yang, Cao Yu, Yu Guang-ping, & Yuan Ming-zhe. (Jun 2014). (Jun 2014). Research on application of IOT in domestic waste treatment and disposal. Paper presented at the 4742-4745. doi:10.1109/WCICA.2014.7053515Recuperado
de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/7053515>

Wang Zhu-liang, Yin De-shi, Wang Lei, & Zhou Chuan. (Dec 2010). (Dec 2010). Influence of magnetic field to landfill leachate treatment by electrolytic method. Paper presented at the , 1 846-848. doi:10.1109/ICDMA.2010.289Recuperado
de:<https://ieeexplore.ieee.org/document/5701290>

Wu, S., Xu, S., Chen, X., Sun, H., Hu, M., Bai, Z., . . . Zhuang, X. (2018). Bacterial communities changes during food waste spoilage. *Scientific Reports*, 8(1), 8220-9. doi:10.1038/s41598-018-26494-2

Yuan, N., Wang, C., Pei, Y., & Jiang, H. (2016). Applicability of drinking water treatment residue for lake restoration in relation to metal/metalloid risk assessment. *Scientific Reports*, 6(1), 38638. doi:10.1038/srep38638

ZanXgiuqing ColloefegceonoamnmdcasnageomfeYnatnsuhnainiversity QiHnuangdao, & China xqzang@126.com.*BenefiAtnalyosfiMsuniciSpoalWiadstMeultiple-RTerceyactlmeSnytstem*

Zhang, H., & Chen, M. (2014). Current recycling regulations and technologies for the typical plastic components of end-of-life passenger vehicles: A meaningful lesson for china. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(2), 187-200. doi:10.1007/s10163-013-0180-3

Shima Ziae, Mina Makie,Ghasemali Omrani & Nabioalh Mansouri. (2012). Qualitative and quantitative examination of Household Hazardous Waste in Tehran. *Journal Advanced in Environment Biology* , 6(2), 676-683.

Mattis Lobo, Katheljin van den Berg(2020). Maching Learning for aquatic plastic litter detection , classification and quantification. *Journal Environment research letters* , 1748-9326.

Mohamad IzzatAzmerun, Zubair Ahmadun, Khaulah Sulaimanun & Abdullah G. (2015).Humidity dependent electrical properties of an organic material DMBHPET. *Journal eliceiver pages 180-184*

Anexo 1 Construcción Mecánica

En la construcción de la parte mecánica podemos ver en la imagen 44 el proceso de construcción de la parte estructural, esta se basó en una estructura en base de aluminio la cual es resistente, liviana y duradera, cuenta con una base cuadrada que evita que las canecas salgan de su posición predeterminada, adicional sus paredes fueron posteriormente recubiertas por láminas de aluminio.



Imagen 44 Cuerpo estructural caneca separadora en aluminio

El cuerpo estructural se realizó según las especificaciones del diseño CAD anteriormente elaborado, la parte de la separación de botellas se realizará en última instancia con un gancho pegadizo puesto en las paredes de aluminio, antes de encerrar la estructura a esta se le ingresaron las canecas y luego si fue recubierta de las láminas de aluminio cuya misión es filtrar la luz externa evitando malos comportamientos de las redes neuronales; en la imagen 45 se denota la estructura externa la cual tiene una tapa removible de la caneca separadora de residuos.



Imagen 45 Cuerpo estructural recubierto caneca separadora en aluminio

En la imagen 46 se presenta el recipiente de la estructura interna este recipiente es aquel en el cual el usuario tendrá que ingresar la muestra de basura o el residuo a desechar, respecto al modelo original en este se ignoró una de las paredes de acrílico, pues esta era innecesaria en el funcionamiento del mecanismo.



Imagen 46 Caja estructural acrílica de la máquina separadora de residuos

En la imagen 47 se observa la parte interna del mecanismo, este consiste en la cámara, el riel y los dos motores, esta parte es la encargada de al percibir la cámara un cambio de luz, dejar en Hold el inicio, al estar el ambiente otra vez controlado iniciar procesos de movimiento de riel, captación de imagen, procesamiento y finalmente clasificación.



Imagen 47 Mecanismos internos máquina separadora de residuos

Por último para el movimiento de los motores se utilizó una STMf7 conectada a drivers de motores Nema, adicional se tiene una retroalimentación de los encoder en los motores para lograr controlar los mecanismos, se necesitan 3600 pulsos para lograr una revolución y adicional a ello se tiene que esperar 120 s en la posición final del riel mientras la cámara capta las imágenes y analiza los datos.

TECHNICAL DATA

MQ-4 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to CH₄, Natural gas.
- * Small sensitivity to alcohol, smoke.
- * Fast response . * Stable and long life * Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH₄, Natural gas, LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
P _L	Load resistance	20K Ω	
R _H	Heater resistance	33 Ω ±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 750mw	

B. Environment condition

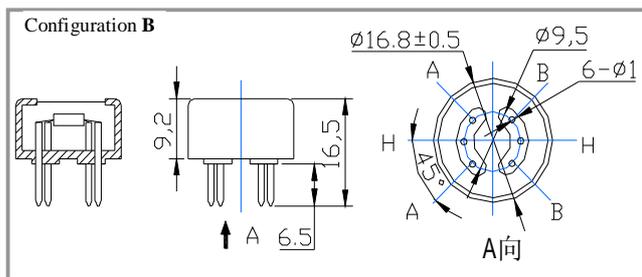
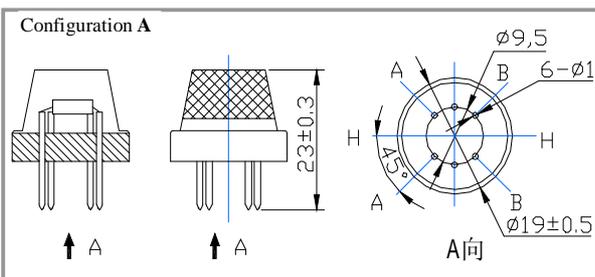
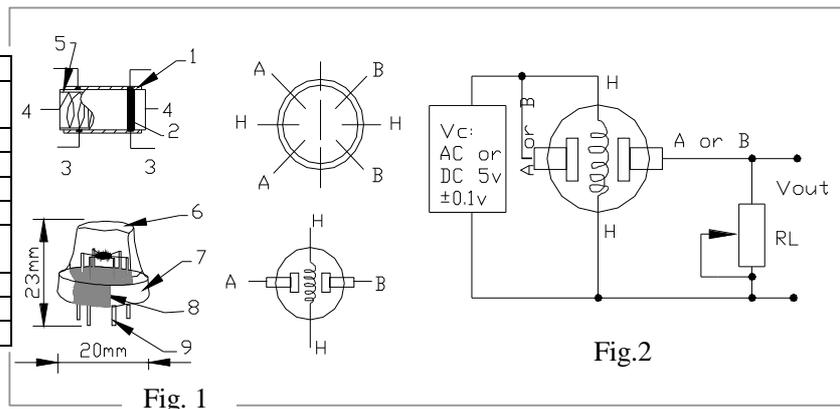
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10°C-50°C	minimum value is over 2%
T _{as}	Storage Tem	-20°C-70°C	
R _H	Related humidity	less than 95% Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH ₄)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH ₄ , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20°C ±2°C Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _H : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze network (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2
 E. Sensitivity characteristic curve

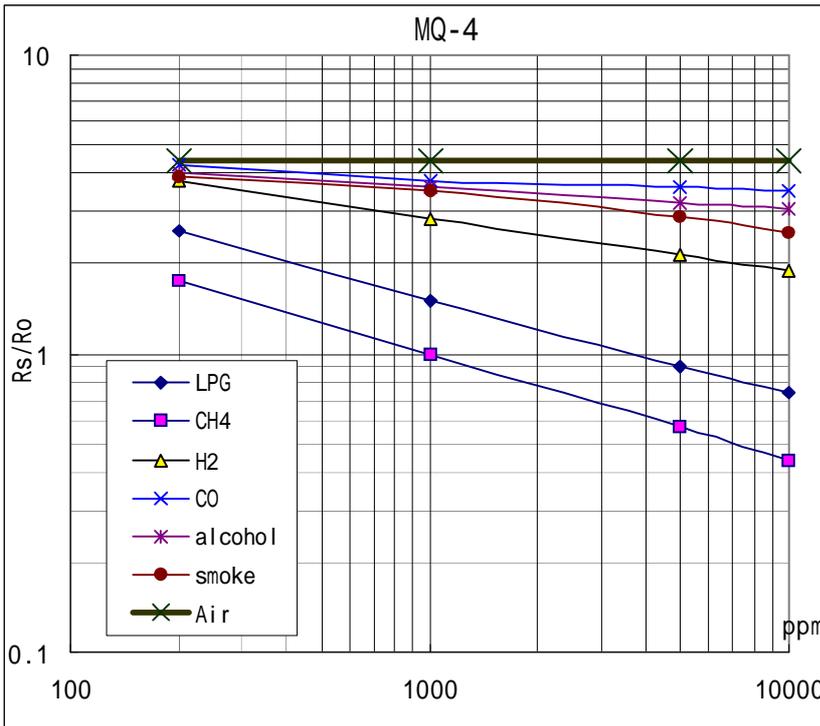


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases. in their: Temp: 20°C、Humidity: 65%、O₂ concentration 21% RL=20kΩ

Ro: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in the clean air.
 Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

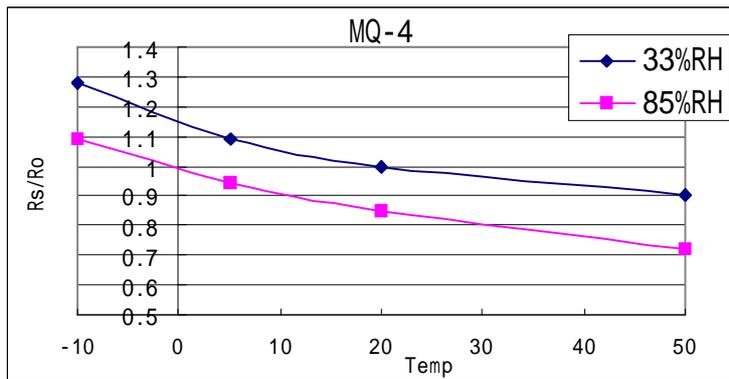


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in air at 33%RH and 20 degree.
 Rs: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in air at different temperatures and humidities.

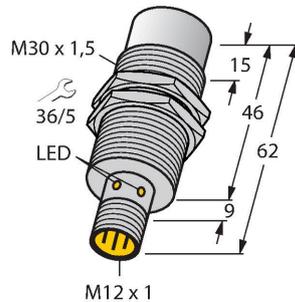
SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-4 is difference to various kinds and various concentration gases. So,When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 5000ppm of CH₄ concentration in air and use value of Load resistance (R_L) about 20KΩ (10KΩ to 47KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

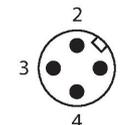
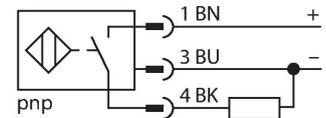
NI30U-EM30WD-AP6X-H1141/3GD

sensor inductivo – para la industria alimenticia



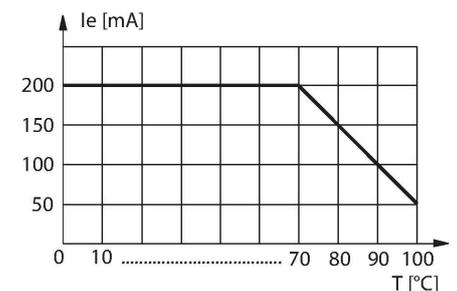
- tubo roscado, M30 x 1,5
- acero inoxidable, 1,4404
- Tapa frontal en polímero de cristal líquido
- Factor 1 para todos los metales
- Resistente a campos magnéticos
- Para temperaturas de -40 °C a +100 °C
- Alto grado de protección IP69K para condiciones ambientales extremas
- Sello especial de doble labio
- Protección contra todos los agentes de limpieza alcalinos y ácidos comunes
- Etiqueta legible permanentemente gracias al grabado láser
- 3 hilos DC, 10...30 VDC
- contacto de cierre, salida PNP
- conector, M12 x 1
- ATEX categoría II 3 G, zona Ex 2
- ATEX categoría II 3 D, Ex zona 22

Esquema de conexiones



Principio de Funcionamiento

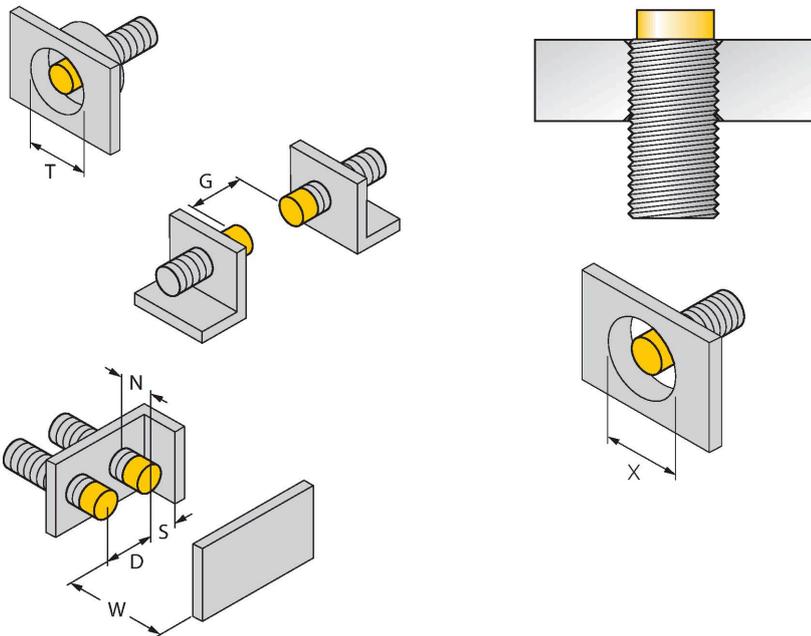
Los sensores inductivos para la industria alimenticia son en su totalidad impermeables y resistentes a agentes de limpieza y a desinfectantes. Los requisitos de grado de protección IP68 e IP69K son inclusive excedidos por nuestros sensores uprox+. Estos sensores robustos son protegidos seguramente por medio de una tapa frontal LCP y con una carcasa en acero inoxidable.



Tipo	NI30U-EM30WD-AP6X-H1141/3GD
N.º de ID	1634861
Distancia de detección	30 mm
Condición para el montaje	No enrasado
Distancia de conmutación asegurada	≤ (0,81 x Sn) mm
Precisión de repetición	≤ 2 % del valor final
Variación de temperatura	≤ ± 10 % ≤ ± 20 %, ≤ -25 °C , ≥ +70 °C
Histéresis	3...15 %
Temperatura ambiente	-40...+100 °C en áreas Ex consulte el manual de instrucciones
Tensión de servicio	10...30 VCC
Ondulación residual	≤ 10 % U _{ss}
Corriente DC nominal	≤ 200 mA
Corriente sin carga	25 mA
Corriente residual	≤ 0.1 mA
Tensión de control de aislamiento	≤ 0.5 kV
Protección cortocircuito	sí / cíclica
Caída de tensión a I _e	≤ 1.8 V
Protección ante corto-circuito/polaridad inversa	sí / Completa
Salida eléctrica	3 hilos, Contacto NA, PNP
Inmune al campo de corriente continua	300 mT
Inmunidad campo magnético alterno	300 mT _{ss}
Clase de protección	☐
Frecuencia de conmutación	0.5 kHz
Aprobación conforme	certificado de control ATEX TURCK Ex-10002M X

Identificación del aparato	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc/II 3 D Ex tc IIIC T110°C Dc
Diseño	Tubo roscado, M30 × 1.5
Medidas	62 mm
Material de la cubierta	Acero inoxidable, 1.4404 (AISI 316L)
Material de la cara activa	plástico, LCP
Carcasa del conector	plástico, PP
Presión admisible en capuchón frontal	≤ 10 bar
Par de apriete máx. de la tuerca de la carcasa	75 Nm
Conexión eléctrica	Conectores, M12 × 1
Resistencia a la vibración	55 Hz (1 mm)
Resistencia al choque	30 g (11 ms)
Grado de protección	IP68 IP69K
MTTF	874 Años según SN 29500 (ed. 99) 40 °C
Indicación estado de conmutación	LED, Amarillo
Incluido en el equipamiento	SC-M12/3GD

Instrucciones y descripción del montaje



Distancia D	135 mm
Distancia W	3 x Sn
Distancia T	3 x B
Distancia S	1,5 x B
Distancia G	6 x Sn
Distancia N	2 x Sn
Diámetro de la cara activa B	Ø 30 mm

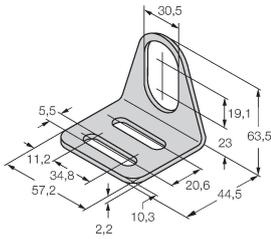
Está permitido montar todos los interruptores de cilindro roscado aprox+, que no cierran a ras, hasta el borde del cilindro. Por lo tanto la operación segura tiene una reducción máxima garantizada de la distancia de conmutación del 20 %.

Cuando se instala en una placa de apertura, se debe observar una distancia de X = 140 mm.

MW-30

6945005

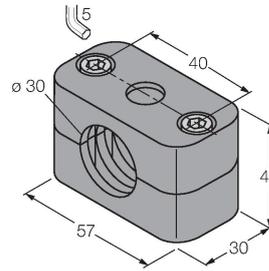
Soporte de montaje para sensores de tubo roscado; material: acero inoxidable A2 1.4301 AISI 304)



BSS-30

6901319

Abrazadera de montaje para sensores de tubo liso y roscado; material: polipropileno



Dibujos acotados

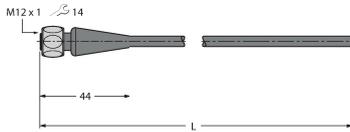
Tipo

N.º de ID

RKH4-2/TFE

6935482

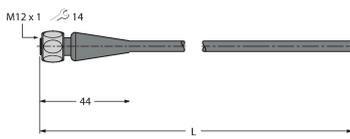
Cable de conexión, conector hembra M12, recto, 3 polos, tuerca de unión de aluminio anodizado, longitud de cable: 2 m, material de revestimiento: PVC, gris, rango de temperatura de -25...+80 °C; se dispone de otras longitudes de cable y diseños, consulte www.turck.com



RKH4-2/TFG

6934384

Cable de conexión, conector hembra M12, recto, 3 polos, tuerca de unión de aluminio anodizado, longitud de cable: 2 m, material de revestimiento: TPE, gris, rango de temperatura de -40...+105 °C; se dispone de otras longitudes de cable y diseños, consulte www.turck.com



Manual de instrucciones

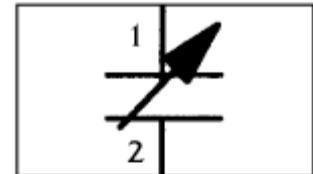
Uso correcto	Este aparato cumple la directiva 2014/34/UE y es apto para su aplicación en áreas con peligro de explosiones conforme a las normas EN 60079-0:2012/A11:2013, EN 60079-15:2010 y EN 60079-31:2014. Para un funcionamiento correcto es obligatorio cumplir las normas y disposiciones nacionales.
Aplicación en áreas potencialmente explosivas, conforme a la clasificación	II 3 G y II 3 D (grupo II, categoría 3 G, medios de producción para atmósfera de gas y categoría 3 D, para atmósfera con polvo)
Identificación (véase aparato u hoja de datos)	⊕ II 3 G Ex nA IIC T4 Gc según EN 60079-0:2012/A11:2013 y EN 60079-15:2010 y ⊕ II 3 D Ex tc IIIC T110 °C Dc según EN 60079-0:2012/A11:2013 y EN 60079-31:2014
Temperatura ambiente admisible en el lugar de aplicación	-25...+70 °C
Instalación / Puesta en servicio	Los aparatos pueden ser montados, conectados y puestos en funcionamiento únicamente por personal cualificado. El personal cualificado debe poseer conocimientos sobre los tipos de protección e, las normas y los reglamentos relativos a medios de producción en áreas Ex. Compruebe si la clasificación y la marcación sobre el aparato es apta para el caso concreto de aplicación.
Instrucciones de instalación y montaje	Evite las cargas estáticas en los aparatos y cables de plástico. Limpie el aparato sólo con un paño húmedo. No monte el aparato en corrientes de polvo y evite los depósitos de polvo sobre el mismo. The devices must be protected against strong magnetic fields. La distribución de los conductores y las magnitudes eléctricas figuran en la certificación del aparato o bien en la hoja de datos. No retire los capuchones de protección de las atornilladuras de los cables o de las clavijas hasta el momento de introducir los cables o de atornillar a la toma para protegerlos contra la suciedad.
Condiciones especiales para el funcionamiento seguro	En los aparatos con conector M12 utilice por favor, el clip de seguridad adjunto SC-M12/3GD. No desenchufe el conector o el cable de conexión estando bajo tensión. Coloque una placa de advertencia, de forma que no pueda ser retirada, cerca del conector con el siguiente aviso: No desenchufar estando bajo tensión. el aparato tiene que estar protegido contra los daños de tipo mecánico y la radiación ultravioleta peligrosa. El grado de protección IP del conector sólo se proporciona en combinación con la junta tórica apropiada. Load voltage and operating voltage of this equipment must be supplied from power supplies with safe isolation (IEC 30 364/UL508), to ensure that the rated voltage of the equipment (24 VDC +20% = 28.8 VDC) is never exceeded by more than 40%.
Reparación / Mantenimiento	No es posible hacer reparaciones. La autorización se anula en caso de reparación o intervención en el aparato que no sea ejecutada por el fabricante. Se han ejecutado todos los datos del certificado del fabricante.



Sensor de Humedad Relativa

HS1100 / HS1101

Basados en una única célula capacitiva, estos sensores de humedad relativa están diseñados para grandes volúmenes y aplicaciones de bajo costo como oficinas automatizadas, cabinas de aviones, sistemas de mando de procesos industriales. También pueden utilizarse en todas las aplicaciones donde la compensación de humedad sea necesaria.



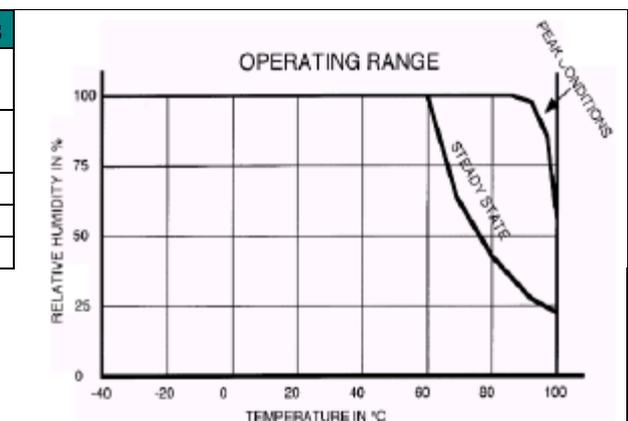
Características

- Intercambiabilidad total, en condiciones normales no requiere calibración.
- Desaturación instantánea después de largos periodos en fase de saturación
- Compatible con el proceso de montajes automatizados, incluso soldadura por ola
- Alta fiabilidad y largo tiempo de estabilidad
- Estructura de polímero sólido patentada
- Apropiado para circuitos lineales o de impulsos
- Tiempo de respuesta rápido



VALORES MÁXIMOS (Ta = 25°C)

Rango	Símbolo	Valor	Unidades
Temperatura de trabajo	Ta	-40 a 100	°C
Temperatura de Almacenamiento	Tstg	-40 a 125	0C
Tensión de alimentación	Vs	10	Vac
Rango de humedad ede trabajo	RH	0a 100	%RH
Suelda @ T=260°C	T	10	S

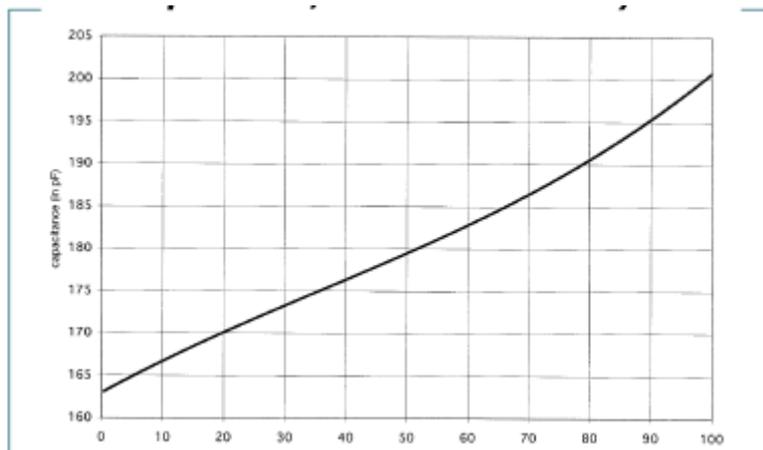


CARACTERÍSTICAS

(a temperatura ambiente $T_a = 25^\circ\text{C}$, frecuencia de la medida @ 10kHz a se indique lo contrario)

Característica	Símbolo	Mín	Typ	Max	Unidades
Rango de medida de la humedad	RH	1		99	%
Tensión de alimentación	Vs		5	10	V
Capacidad nominal @ 55%RH	C	177	180	183	PF
Coefficiente de temperatura	Tcc		0.04		PF/°C
Sensibilidad media de 33% a 75% RH	$\Delta C/\%RH$	0,34			PF%RH
Corriente de fuga ($V_{cc}=5V$)	Ix		1		nA
Tiempo de la recuperación después de 150 horas de condensación	Tr		10		s
Histéresis de humedad			+/-1.5		%
Estabilidad de largo tiempo			0.5		% RH/yr
Tiempo de respuesta (33 a 76% RH, todavía aire @63%)	Ta		5		s
Desviación en la curva (10% a 90% RH)			+/-2		% RH

Curva Respuesta Típica de HS1100/HS1101 respecto a la humedad



Los datos de la calibración son identificables en NIST

Las normas a través del laboratorio de CETIAT.

La frecuencia de la medida: 10kHz

$T_a = 25^\circ\text{C}$

Polinomio de Respuesta: $C(\text{pF}) = C@55\% * (1.25 \cdot 10^{-7}RH - 1.36 \cdot 10^{-5}RH^2 + 2.19 \cdot 10^3RH + 9.0 \cdot 10^{-1})$

Influencia de frecuencia de medida

Todos los datos de la curva de capacidad se han medido a @10kHz. Sin embargo, el sensor puede trabajar sin restricciones de 5kHz a 100kHz. Para calcular la influencia de la frecuencia en la medida de la capacidad aplicar la expresión:

$$C@ \text{fkHz} = C @ 10 \text{ kHz} (1.027 - 0.01185 \ln(\text{fkHz}))$$

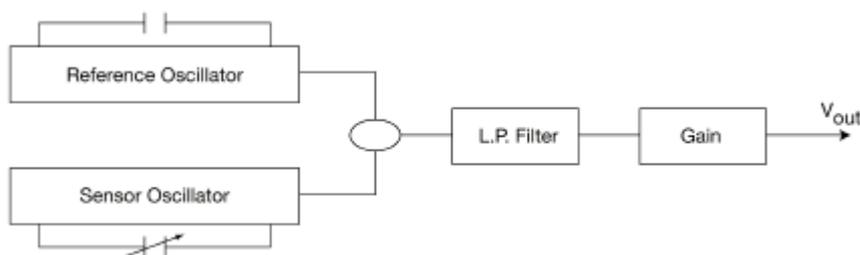
Polarización

Para conseguir una buena respuesta durante las medidas, conectar siempre el encapsulado (pin2) a la tierra del circuito. El chasis se localiza en el lado opuesto de la etiqueta.

Las instrucciones soldado: ver la nota de Aplicación HPC007 VA

TENSIÓN DE SALIDA PROPORCIONAL

Diagrama de bloques interno



$$V_{out} = V_{cc} * (0.00474 * \% RH + 0.2354)$$

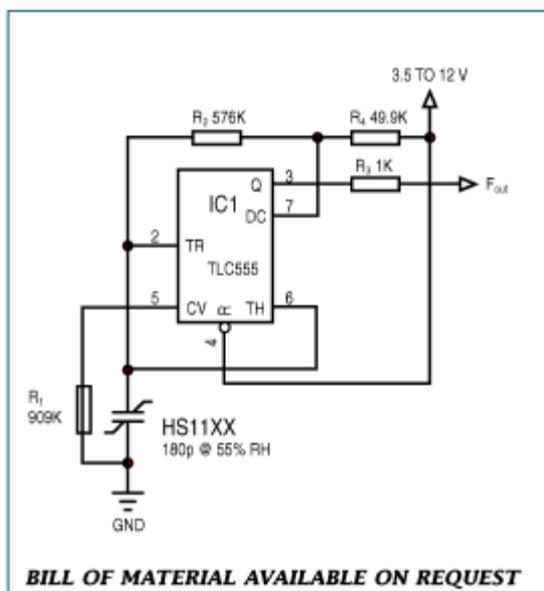
para 5 - 99% RH

Coefficiente de temperatura típico:
+0.1% RH/°C - From 10 to 60°C

Característica típica de tensión de salida del circuito

RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tensión (V)	-	1.41	1.65	1.89	2.12	2.36	2.60	2.83	3.07	3.31	3.55

FRECUENCIA DE SALIDA DEL CIRCUITO



COMENTARIOS

Este Circuito es el montaje típico como multivibrador astable diseñado para un 555. El HS110/HS1101, se utiliza como condensador variable, se conecta a las entradas TRIG (2) y THRES (6) y al pin 7 se conecta la resistencia R4. El condensador equivalente formado por el HS110/HS1101 se carga a través de R2 y R4 hasta llegar a la tensión umbral (aproximadamente 0.67 Vcc) y se descarga solo a través de R2 hasta llegar a la tensión de Trigger (aproximadamente 0,333 Vcc) ya que en descarga la resistencia R4 está conectada a tierra a través del pin 7 (transistor en saturación). La carga y descarga del sensor a través de las resistencias R2 y R4 determinan el ciclo de trabajo de acuerdo con la expresión:

$$t_{high} = C @ \% RH * (R2 + R4) * \ln 2$$

$$t_{low} = C @ \% RH * R2 * \ln 2$$

$$F = 1/(t_{high} + t_{low}) = 1/(C @ \% RH * (R4 + 2 * R2) * \ln 2)$$

$$\text{Output duty cycle} = t_{high} * F = R2 / (R4 + 2 * R2)$$

Para proporcionar un ciclo de trabajo cercano al 50%, el valor de R4 debe ser muy baja comparado a R2 pero nunca se consigue.

La resistencia R3 protege contra cortocircuitos .El 555 debe ser una versión CMOS.

OBSERVACIÓN

La resistencia R1 desequilibra la compensación de temperatura interna del 555 e introduce un coeficiente de temperatura emparejado al del HS1100/HS1101. Esta resistencia debe ser siempre del 1% con un coeficiente de temperatura de 100ppm como la red R-C. La compensación de temperatura interior del 555 cambia de un fabricante a otro, el valor de R1 debe adaptarse al chip específico. Para mantener la frecuencia nominal de 6660Hz al 55%RH, R2 también hay que ajustarla de acuerdo con los datos de la tabla.

Tipo de 555	R1	R2
TLC555 (Texas)	909KΩ	576KΩ
TS555 (STM)	100nF condensador	523KΩ
7555(Harris)	1732KΩ	549 KΩ
LMC555(National)	1238 KΩ	562 KΩ

Tabla para una frecuencia de 6660Hz y 55%RH

Característica típica par frecuencia de salida

Punto de referencia a 6660KHz para 55%RH/25°C

RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frecuencia	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033

Típica para 555 CMOS del tipo TLC555 (RH: Humedad relativa en %, F:Frecuencia en Hz)

Polinomio de respuesta:

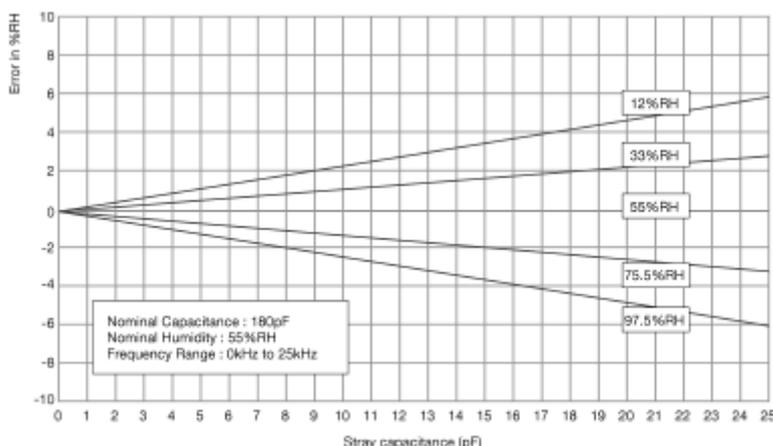
$$F_{mes(Hz)} = F_{55(Hz)} (1.1038 - 1.9368 \cdot 10^{-3} * RH + 3.0114 \cdot 10^{-6} * RH^2 - 3.4403 \cdot 10^{-8} * RH^3)$$

Error de medida

Desviación de la Capacidad

Hay que tener un cuidado especial para minimizar la pérdida de capacidad en el circuito.

Los condensadores que se agreguen actúan como un condensador en paralelo con el sensor y crea un error de medida.



PROCESO DE CALIDAD

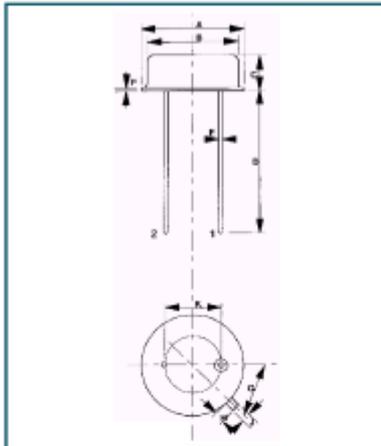
Los sensores HS1100/HS1101 se fabrican bajo un proceso de calidad total teniendo en cuenta los requisitos de la norma MIL STD750 incluyendo:

- Calor de soldadura y soldadurabilidad
- Soldadura por ola a 260°C + DI limpieza con agua a 45°C
- Choque mecánico – 1500 g, 5 golpes, en las 3 direcciones
- Vibración variable (F= 100 – 20.000Hz), fija (F=35Hz)
- Aceleración constante
- Señal permanente
- ESD- Descarga Electrostática- cuerpo Humano y modelo Máquina
- Atmósfera salina MIL STD750/Method 1041/96 horas

- Ciclo de temperatura .40°C/+70°C
- Alta temperatura/Humedad vida útil durante – 93%RH / 60°C durante 1000 horas
- Vida de almacenamiento a baja humedad - RH <10%/23°C - 1000 horas
- Resistencia a la inmersión en agua a una temperatura de 80°C durante 160 horas
- Resistencia a vapores ácidos a 75000 ppm para nítrico, sulfúrico y clorhídrico.
- Resistencia a muchas sustancias químicas juntas utilizadas en el hogar, automóviles y aplicaciones de consumo.

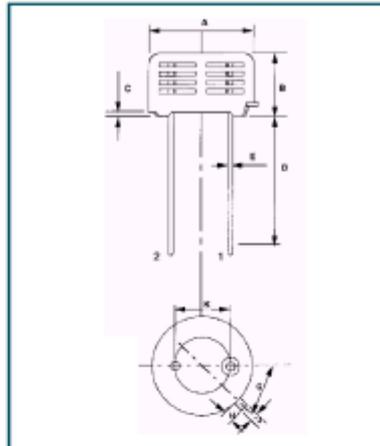
Todas estas pruebas se han realizando tomando muchas veces tres muestras de cada 45 sensores.

**PACKAGE
OUTLINE
HS1100**



Dimension	Min (mm)	Max (mm)
A	9.00	9.30
B	8.00	8.50
C	3.50	3.90
D	12.00	14.00
E	0.40	0.50
G	45° BCS	
H	0.70	1.10
J	0.70	0.90
K	4.83	5.33
L	0.4 BCS	

**PACKAGE
OUTLINE
HS1101**



Dimension	Min (mm)	Max (mm)
A	9.70	10.20
B	5.70	6.20
C	0.40	0.60
D	12.00	14.00
E	0.40	0.50
G	45° BCS	
H	0.70	1.10
J	0.70	0.90
K	4.83	5.33

Para más información sobre estos transductores de humedad, se recomienda visitar el website del fabricante, www.humirel.com