

# Aplicación de sensor de distancia de tiempo de vuelo para el conteo de envases Tetra Pak

## Time-of-flight distance sensor application for counting Tetra Pak containers

Dennis Omar Espinoza Navarrete<sup>1</sup>; Germán Josué Villagómez Pérez<sup>2</sup>; Carlos Rodrigo Ruiz Guangaje<sup>3</sup>; Byron Orlando Machay Tisalema<sup>4</sup>; Edwin Vinicio Machay Gomez<sup>5</sup>;

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha de recepción: 2 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 10 de mayo de 2024

<sup>1</sup> Dennis Omar Espinoza Navarrete  
<https://orcid.org/0009-0003-9252-0643>  
Instituto Superior Tecnológico  
Vida Nueva con condición de  
Superior Universitario  
[dennis.espinoza@istvidanueva.edu.ec](mailto:dennis.espinoza@istvidanueva.edu.ec)

<sup>2</sup> Germán Josué Villagómez Pérez  
<https://orcid.org/0009-0008-2046-1281>  
Instituto Superior Tecnológico  
Vida Nueva con condición de  
Superior Universitario  
[german.villagomez@istvidanueva.edu.ec](mailto:german.villagomez@istvidanueva.edu.ec)

<sup>3</sup> Carlos Rodrigo Ruiz Guangaje  
<https://orcid.org/xxx-xxx-xxx-xxx>  
Instituto Superior Tecnológico  
Vida Nueva con condición de  
Superior Universitario  
[carlos.ruiz@istvidanueva.edu.ec](mailto:carlos.ruiz@istvidanueva.edu.ec)

<sup>4</sup> Byron Orlando Machay Tisalema  
<https://orcid.org/0000-0001-9224-4712>  
Instituto Superior Tecnológico  
Vida Nueva con condición de  
Superior Universitario  
[byron.machay@istvidanueva.edu.ec](mailto:byron.machay@istvidanueva.edu.ec)

<sup>5</sup> Edwin Vinicio Machay Gomez  
<https://orcid.org/0009-0004-2462-4886>  
Instituto Superior Tecnológico  
Vida Nueva con condición de  
Superior Universitario  
[edwin.machay@istvidanueva.edu.ec](mailto:edwin.machay@istvidanueva.edu.ec)

### RESUMEN

En el presente trabajo se pretende demostrar el proceso por medio del cual se aplica un sistema de conteo de una bobina de envases Tetra Pak utilizando una placa de Arduino Uno y un sensor de distancia VL53L0X, lo que se busca es definir la distancia desde la bobina de envases hacia el sensor para de esta manera reflejar la cantidad de envases restantes en tiempo real durante el proceso de producción, esta cantidad se verá reflejada en un LCD conectado al Arduino Uno. Lo que se busca con la aplicación del sensor y el Arduino Uno, es automatizar el proceso de conteo que se realizaba en Arca Continental de forma manual, en donde, el operario con ayuda de un flexómetro media la distancia de la bobina hacia un punto de partida, posteriormente con la ayuda de una tabla se determinaba la cantidad de envases restantes en la bobina para tomar decisiones sobre el proceso de producción, es así que, con el objetivo de mejorar este procedimiento se aplica una tarjeta Arduino Uno y un sensor láser para medir la distancia y determinar de manera inmediata la cantidad de envases en la bobina en tiempo real, esto permite eliminar errores en la medición y mejora los niveles de seguridad para el operario.

**Palabras claves:** Arduino Uno; Sensor de distancia; Sistema de conteo; Tetra Pak.



## **ABSTRACT**

The present work aims to demonstrate the process by which a counting system is applied to a coil of Tetra Pak containers using an Arduino Uno board and a VL53L0X distance sensor, the aim is to define the distance from the coil of containers towards the sensor in order to reflect the quantity of containers remaining in real time during the production process, this quantity will be reflected on an LCD connected to the Arduino Uno. What is sought with the application of the sensor and the Arduino Uno, is to automate the counting process that was carried out manually at Arca Continental, where the operator, with the help of a flexometer, measures the distance of the coil towards a starting point, later with the help of a table the quantity was determined. of containers remaining in the warehouse to make decisions about the production process, so, with the aim of improving this procedure, an Arduino Uno card and a laser sensor are applied to measure the distance and immediately determine the number of containers in the coil in real time, this allows eliminating errors in measurement and improves safety levels for the operator.

**Keywords:** Arduino Uno; Distance sensor; counting system; Tetra Pak..

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el Ecuador se puede identificar una clara deficiencia en los procesos automatizados de las empresas esto se debe a varios factores, como la falta de aplicación de tecnología en los procesos, la falta de mano de obra calificada para desarrollar proyectos y procesos de innovación e incluso los altos costos en los que debe incurrir una empresa para poder automatizar una línea de producción o un proceso de manufactura, es por esta razón que muchas de las actividades se las sigue realizando de forma manual e incide de manera directa en la calidad de los productos, los costos de producción y el tiempo que se debe invertir para obtener el producto final con una calidad adecuada que permita ser competitivo en los mercados.

Según el plan estratégico para una empresa de automatización industrial requiere de una extremada inversión económica lo cual limita a las mini empresas, industrias a tomar como prioridad a la automatización de los procesos, Lara (2018), afirma lo siguiente:

En general, las empresas de automatización industrial enfrentan muchas dificultades para comercializar sus productos y servicios. Esto motivó la inclusión de un plan estratégico, ya que es importante implementar constantemente estrategias y adaptarse a las tendencias del mercado, comprender a fondo las necesidades reales de los clientes actuales y potenciales, con el fin de posicionar la marca, mantener a los consumidores satisfechos y elevar estos mercados, tenden-

cias demanda y ventas. (p. 07).

Los índices de carencia de la automatización de las industrias de Ecuador se encuentran por bajo del 50%, lo que da como resultado que la mayoría de las industrias siguen manteniendo la mano de obra humana. De acuerdo a Bejarano (2022), en el 2022 las empresas reportaron niveles de automatización bastante similares a los reportados en el 2021, en el caso del área técnica y tecnológica los procesos manuales tienen aún un 60.9% de presencia en los procesos estableciendo una brecha que provoca que los productos no puedan ser competitivos en calidad y en precio frente a otros productos internacionales.

Es así que, uno de los problemas que se ha identificado en Arca Continental es el conteo de envases Tetra Pak en los procesos de producción en los que se los utiliza, debido a que este proceso se lo realizaba de manera manual por medio de un operario con ayuda de un flexómetro, esto conlleva a un sinnúmero de problemas entre los cuales se encuentra en primera instancia y la primordial, la seguridad del operario debido a que el lugar en el que ingresaba para tomar las mediciones podía provocar atrapamientos o aplastamientos por la caída de la bobina de envases, otro de los problemas, es que un conteo o medición inadecuada de la bobina provocaba pérdida de material o producto ya que las decisiones que se tomaban frente al proceso no eran las adecuadas, finalmente para desarrollar el conteo se debía detener la máquina y el proceso de producción para poder acceder sin problema y guardando principalmente la seguri-

dad del operario, esto permite establecer la pregunta de investigación ¿Cómo la tarjeta Arduino Uno y el sensor VL53L0X aportan al proceso de conteo de envases para disminuir la pérdida de materia prima?

Con la automatización, se aporta a que los procesos o máquinas tengan un mejor desempeño al momento de realizar sus productos, lo cual se verá reflejado en la producción final de cada día y en la recaudación económica que esta genere, ayudando a que tenga un mayor rendimiento y factibilidad de la industria (Lozano, 2017). Muchas de las veces se piensan que la inversión en tecnología es una inversión muy costosa e innecesaria, pero con el pasar del tiempo y los beneficios se verán en los procesos productivos, la mejora de los tiempos y la obtención de un producto cada vez más adecuado y competitivo. (Dong, & Xu, 2014).

## II. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para el desarrollo de este proyecto se sigue un enfoque cuantitativo ya que se recopilaban datos cuantificables para poder demostrar los resultados obtenidos luego de instalar el sistema de conteo basado en la tarjeta Arduino Uno, basado en lo propuesto por Keneth y Walter (2017), en donde se define que es necesario partir de un marco teórico previamente aprobado por la comunidad científica con el objetivo de que surjan hipótesis sobre las posibles relaciones que existen con las variables que forman parte del proceso de investigación (p. 169), en el

caso del presente trabajo, como el sistema de conteo basado en la tarjeta Arduino Uno mejora el proceso de conteo de los envases Tetra Pak. (Rúbio, Dionísio, & Torres, 2019).

Por otro lado en el diseño metodológico se desarrolla un estudio transversal exploratorio, debido que se atiende a un problema específico en el proceso de producción de Arca Continental que hasta el momento no ha sido estudiado y analizado, es así, que con el presente trabajo se pretende demostrar el proceso que se ha llevado a cabo para establecer una solución innovadora y al mismo tiempo en la que se inviertan bajos recursos como un primer acercamiento a una solución definitiva al problema que se está afrontando. (Nayyar, & Puri, 2016)

### Arduino uno

Fernández (2022) hace referencia a que la tarjeta Arduino nace como un proyecto educativo en el 2005, por lo tanto, en el nacimiento y desarrollo de esta tarjeta nunca se esperó que ahora sea uno de los elementos más utilizados en los laboratorios de prueba e incluso a nivel industrial:

Este proyecto fue creado en 2005 por varios estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo en Ivrea, Italia, para hacer que la electrónica y la programación sean más accesibles y utilizables. Querían que los estudiantes de electrónica tuvieran una alternativa económica a la popular placa BASIC Stamp, que en ese momento valía más de \$ 100 y no todos podían pagar. El resultado es un Arduino que tiene todo lo necesario para conectar periféricos a las

entradas y salidas de tu microcontrolador, y que se puede programar en Windows, macOS y GNU/Linux. (p. 02)

Entre las principales ventajas que se tienen con la placa es que son de hardware y software libre, lo que ha permitido que se desarrollen un sinnúmero de investigaciones y adecuaciones a este proyecto, es así que en la actualidad se tienen controladores lógicos programables que se basan en el principio de funcionamiento de Arduino. (Ravi, Goyal, Neagu, Raboaca, & Verma, 2022)

### Sensor VL53L0X

De acuerdo a Lozano, (2017) este dispositivo es un "sensor de distancia por tiempo de vuelo (ToF) que utiliza un emisor VCSEL (Vertical Cavity Surfa-

ce-Emitting Laser) de 940 nm para generar un pulso de luz infrarroja" (p. 18). Es así que, el sensor lo que hace es medir el tiempo que tarda la luz en rebotar sobre un objeto hasta regresar, por lo tanto, la distancia se calcula a partir del tiempo de vuelo de la luz. La característica que más llama la atención en este sensor frente a aquellos que desarrollan la misma actividad es la sensibilidad de  $\pm 1$  mm dentro de su rango de medición y las dimensiones que ocupa ante la acción que realiza. Entre las características principales se encuentran las siguientes:

| Característica           | Observación     |
|--------------------------|-----------------|
| Rango de medición        | 50 mm a 1200 mm |
| Precisión                | + - 30 mm       |
| Interfaz digital         | I2C 400KHz      |
| Dimensiones              | 21*18*2.8 cm    |
| Ángulo total de medición | 25°             |
| Consumo de corriente     | 18 mA           |
| Compatible con sistemas  | 3.3VCC y 5 VCC  |

Tabla 1. Características del sensor VL53L0X Nota. Las características presentadas permiten que el sensor funcione por medio de una conexión directa con el Arduino Uno.

En comparación con un sensor HC-SR04 que generalmente se utiliza en proyectos con el Arduino Uno, el VL53L0X tiene una resolución y precisión de medición mucho más elevada, por lo cual las mediciones que se realizan serán por mucho más efectivas, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que a diferencia de otros sensores industriales este tiende a ser más sensible y se deberán resolver a futuro temas relacionados con las vibraciones de la máquina y del proceso industrial en general.

De acuerdo a lo propuesto por Bonilla & Erazo (2019), se tienen medidas de erros entre 7.5 cm y 90 cm cuando el objeto a medir se encuentra en el eje del sensor, en el caso de desplazarse el objeto 10° o más, el error aumenta significativa-

mente, sin embargo, el sensor presenta un ángulo de apertura reducido la distancia entre los objetos el cual se encuentra en los 25°, por otro lado, no se ve afectado por el efecto rebote y la luminosidad en las condiciones ambientales sobre las cuales se encuentra el objetivo que se desea medir, es por esta razón que el ángulo estrecho de medición que se menciona permite estimar de manera efectiva la distancia de cualquier tipo de objeto que se ubique frente al sensor con mayor precisión. En la figura a continuación se puede identificar el análisis propuesto por Bonilla & Erazo (2019), en donde se comparan las mediciones reales y los valores arrojados por el sensor, tomando en cuenta la cantidad de ruido y la variación cuando el objeto gira 5° y 10° en referencia al sensor.

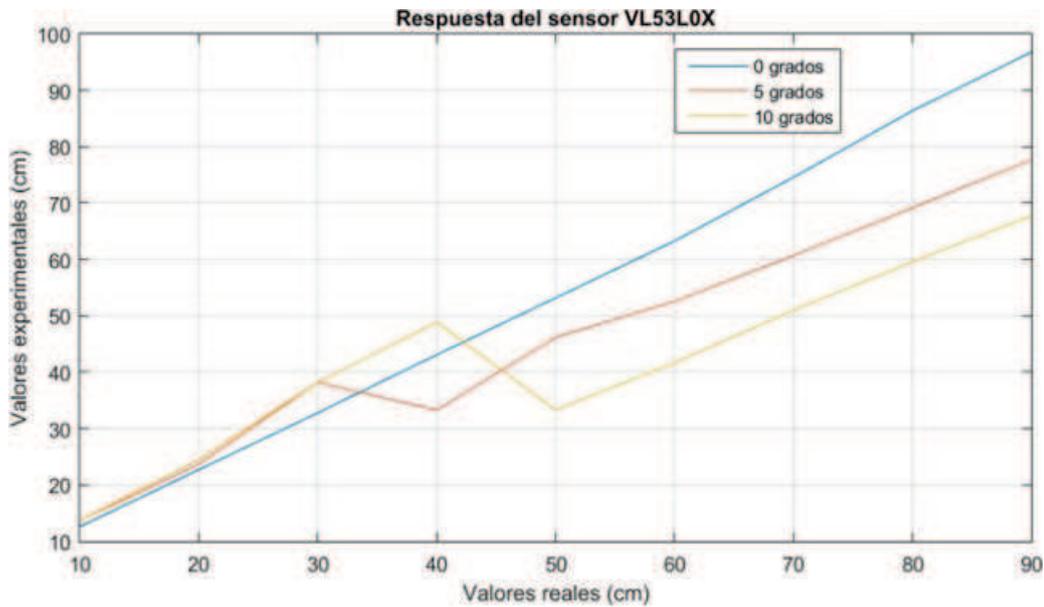


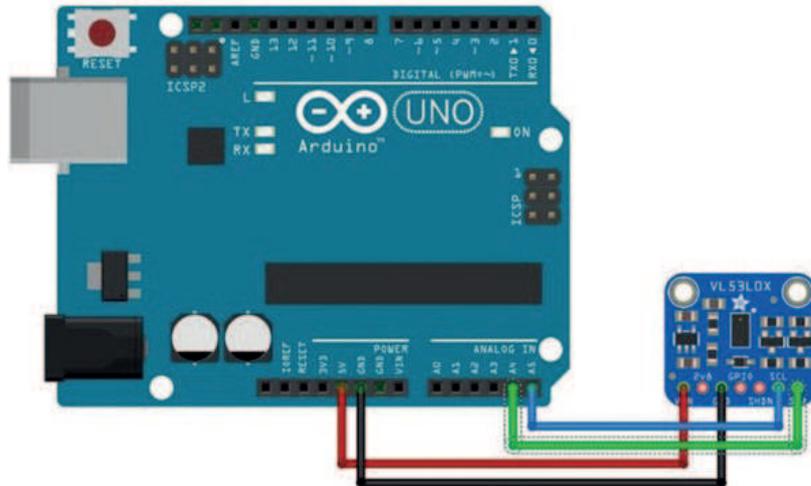
Figura 1. Error en las mediciones referente al ángulo Nota. En la figura se demuestra la curva de medición del sensor, considerando el giro de 5° y 10° del objeto a medir referente al sensor. Tomado de Bonilla & Erazo (2019).

### Esquema de conexión entre Arduino y VL53L0X

Entre las características y ventajas de funcionamiento del sensor es que el dispositivo es compatible con un sistema de 5 VCC, lo que permite conectarse de manera directa con el Arduino y realizar una adquisición de datos de manera inmediata con el objetivo de desarrollar el

procesamiento de esa información en la toma de decisiones, en comparación con otros sensores, se deben instalar distintos shields al Arduino Uno para desarrollar la adquisición de datos lo que generalmente puede provocar un sobrecalentamiento de la placa y entre varios problemas, una avería definitiva de los componentes de la tarjeta. (Soares, Oliveira, Morales, Arica, & Matias, 2019).

I. FIGURA 2  
Esquema de conexión Arduino y VL53L0X



Nota. En la figura se demuestra como se conecta el sensor de manera directa al Arduino Uno sin que sea necesaria otra interfaz.

## II. INVENTARIO DE MATERIA PRIMA

El inventario de materia prima se los realiza de forma manual por medio del operador a pie de máquina, una vez que el operador realiza la toma de los datos debe realizar el cuadro del material de envases que se ha utilizado y el que se encuentra actualmente en la bobina, ya sea porque se terminó la hora de trabajo, existe un cambio en la jornada o se debe realizar un

paro repentino en el proceso de producción. Durante los últimos años esto ha sido un gran problema, ya que las mediciones se deben a una tabla determinada y muchas de las veces no se puede medir bien y los datos se alteran de tal manera que arrojan mermas o excedentes de envases que no tienen nada que ver con el proceso provocando un descuadre en la producción y en la pérdida de la materia prima.

## III. FIGURA 3

Cuadro de inventario de envases Tetra Pak

The image shows three vertically stacked handwritten inventory tables for Tetra Pak packaging. Each table has the following columns: 'SALDO ANTERIOR' (Previous Balance), 'ENVASES PRODUCIDOS' (Packaging Produced), 'ENVASES EN BOBINA' (Packaging in Roll), 'MERMAS' (Losses), 'EXCEDENTES' (Excesses), and 'VALOR' (Value). The tables are filled with handwritten numbers and signatures, indicating manual data entry by operators.

Nota. En los apuntes se puede identificar como los operarios deben realizar el cuadro Manuel identificando el saldo anterior, los envases producidos y el que aún queda en la bobina.

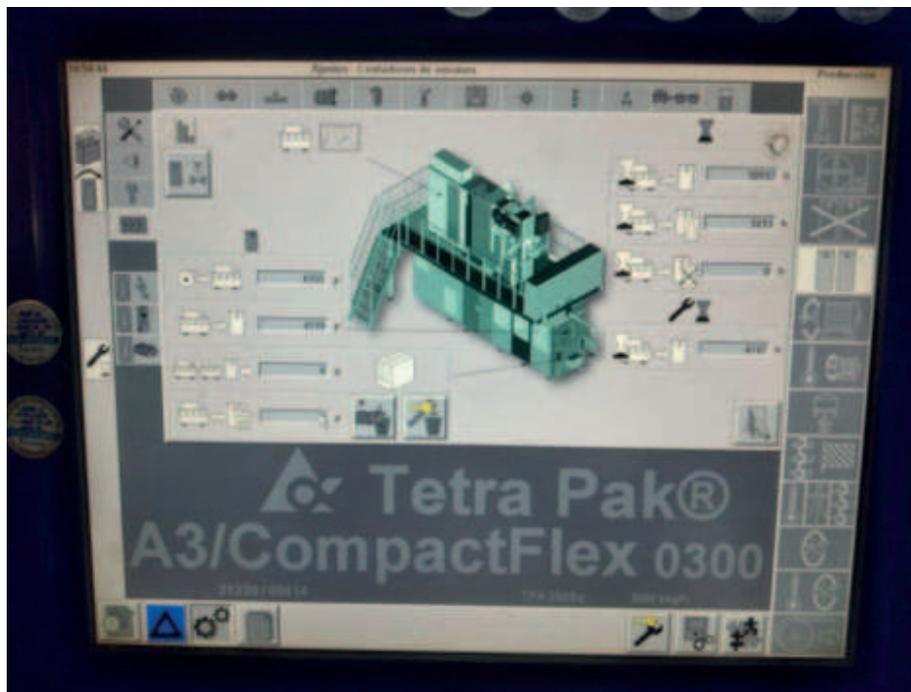
#### IV. CONTADOR DE ENVASES PRODUCIDOS

Se realiza una comparación exhaustiva con contadores de envases producidos la cual arroja automáticamente la máquina, se tiene un desfase de merma de 700 envases con respecto al cuadro que se realiza en la llenadora de forma manual, elevando

así los indicadores que se tiene como meta a cumplir. Estos datos no concuerdan con los que arrojan al momento de realizar las mediciones y es por esto que se crean los desfases al momento de realizar los cambios de turno, porque no cuadra la cantidad de envases realizados con la cantidad de envases sobrantes que aún quedan por realizar en la bobina.

#### V. FIGURA 4

Contador de envases Tetra Pak A3/CompactFlex 0300



Nota. En la figura se puede identificar que no se puede identificar de manera clara los datos que arroja la máquina de manera automática.

Para contrarrestar el dato anterior se realiza el cuadro de forma manual con la ayuda de un flexómetro, pero su difícil acceso hace que la toma de la medida exacta sea muy difícil de realizar provocando diferentes tipos de errores. Esto hace que al momento de realizar el cuadro de la materia prima de la bobina dé una diferencia de 300 a 400 envases en cada

cambio de turno haciendo, que cada medida influya en la merma de envases. Otro de los problemas que se tiene cuando el operario realiza la toma de mediciones manuales es que existe un riesgo de atrapamiento de la máquina o la bobina que en muchos de los casos puede llevar a que existan accidentes de gran magnitud.

## VI. FIGURA 5

Toma de la medida de la bobina de envases

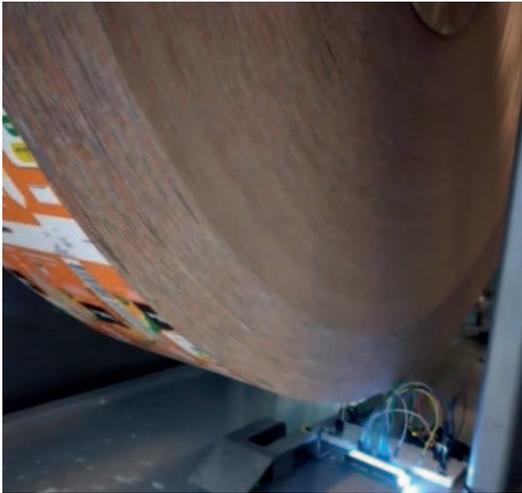


Nota. Se puede visualizar que al operario se le dificulta mucho la toma de la medida con el flexómetro.

## VII. SIMULACIÓN DE LAS CONEXIONES CON EL SENSOR ULTRASÓNICO

Para identificar la respuesta del sistema, se realizaron las primeras pruebas con el sensor HC- SR04, para esto se realizaron las conexiones en el simulador del Software de Fritzing para definir el esquema, las entradas y las salidas del sistema para definir los terminales que se utilizarán en el Arduino Uno.

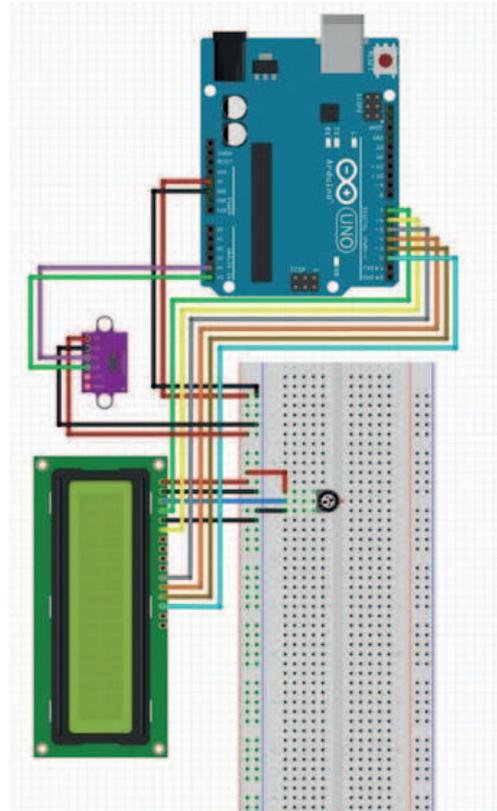
VIII. FIGURA 6  
Sistema de medición con HC-SR04



Nota. Conexiones del Arduino, sensor HC-SR04 y LCD para las primeras pruebas de funcionamiento.

Al momento de aplicar el sistema en la máquina se pudo identificar la sensibilidad y el exceso de error y ruido provocado por el sensor, provocando que las medidas sean inexactas y esto hacía que no se de una solución adecuada al problema identificado, es por esta razón que se realizaron las pruebas finales con el sensor VL53L0X de acuerdo al esquema de conexión que propuesto en la siguiente figura.

IX. FIGURA 7  
Sistema de medición con VL53L0X



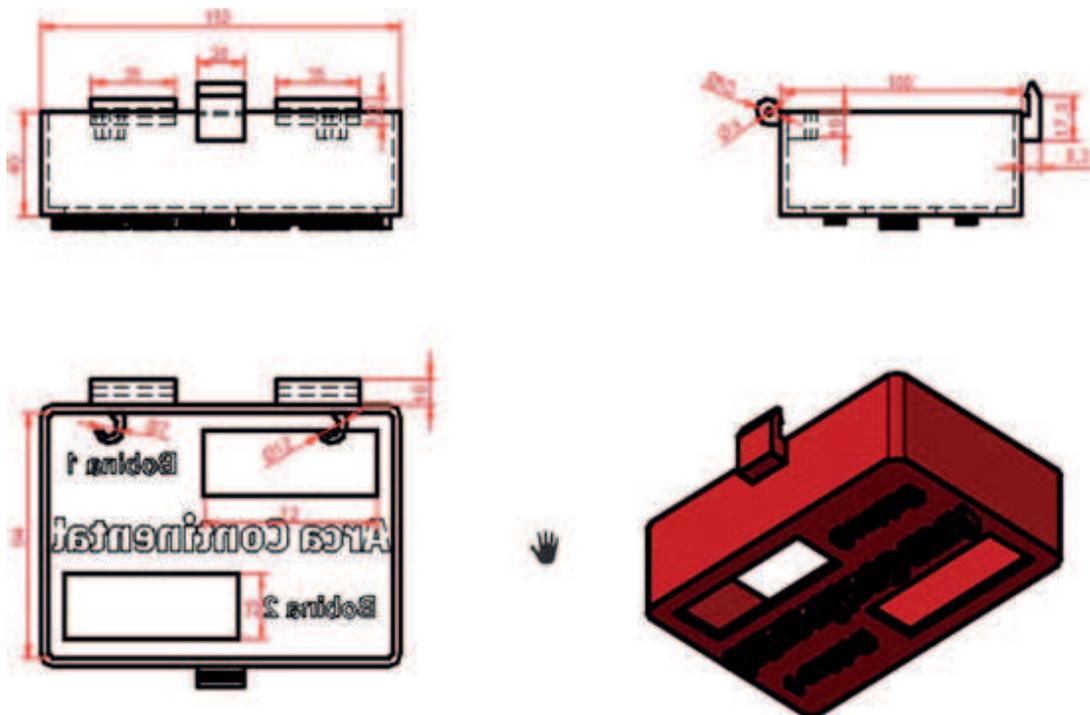
Nota. Conexiones del Arduino, sensor VL53L0X y LCD

Una vez identificado el funcionamiento del sensor en la máquina se procede a la construcción de la caja de protección en la que se encontrarán los elementos con el objetivo de darle un grado de protección

frente a agentes externos que se puedan presentar al momento de la producción o un funcionamiento anómalo de la máquina.

### X. FIGURA 8

Diseño de la caja para la protección de los elementos



Nota. Diseño de la caja de protección para ubicar el sistema a pie de máquina.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

Después de realizar la instalación del sistema contador de envases se procede a la verificación del correcto funcionamiento del mismo. Para esto se parte desde el cambio de una bobina de envases las cual proporciona un total de 12200 envases, al poner en marcha el sistema comienza a trabajar y se comienzan a obtener los primeros datos, con las mediciones obte-

nidas se establece la relación de la distancia frente a la cantidad de envases que se tiene en la tabla con el objetivo de realizar un interpolación de los datos obtenidos con el sensor y los datos que se tienen en la tabla de envases restantes en relación a la distancia. En la tabla siguiente se establecen los datos obtenidos en los que consta la hora, la distancia de la bobina con el sensor y los envases restantes en la bobina.

XI. TABLA 2

Datos tomados para verificar el funcionamiento del sensor

| Hora  | Distancia medida en cm de la bobina al sensor | Envases de materia prima restantes | Hora  | Distancia medida en cm de la bobina al sensor | Envases de materia prima restantes |
|-------|---|------------------------------------|-------|---|------------------------------------|
| 11:15 | 9   | 12200                              | 17:28 | 20  | 7800                               |
| 11:18 | 10,01   | 11750                              | 17:30 | 20,75   | 7500                               |
| 11:21 | 11,25   | 11300                              | 17:32 | 21,5  | 7200                               |
| 11:24 | 12,35   | 10850                              | 17:34 | 22,25   | 6900                               |
| 11:27 | 13,5  | 10400                              | 17:46 | 23  | 6600                               |
| 11:30 | 14,65   | 9950                               | 17:48 | 23,75   | 6300                               |
| 11:33 | 15,75   | 9500                               | 17:50 | 23,75   | 6000                               |
| 11:35 | 16,9  | 9050                               | 17:52 | 25,5  | 5700                               |
| 11:38 | 18  | 8600                               | 17:54 | 26,5  | 5400                               |
| 11:41 | 19,1  | 8150                               | 17:56 | 27,5  | 5100                               |
| 11:44 | 20,25   | 7700                               | 17:58 | 28,5  | 4800                               |
| 11:47 | 21,4  | 7250                               | 18:00 | 29,5  | 4500                               |
| 11:50 | 22,5  | 6800                               | 18:02 | 30,6  | 4200                               |
| 11:53 | 23,6  | 6350                               | 18:04 | 31,5  | 3900                               |
| 11:57 | 24,8  | 5900                               | 18:06 | 32,5  | 3600                               |
| 12:00 | 26,35   | 5450                               | 18:08 | 33,5  | 3300                               |

Nota. Datos tomados durante un intervalo de tiempo para verificar el comportamiento del funcionamiento del sistema contador de envases.

Al inicio de la propuesta del proyecto como se había mencionado antes, se tenía propuesto a utilizar un sensor ultrasónico de Arduino el cual permite medir distancias por medio de ondas ultrasónicas emitidas por este sensor, pero como se lo va a utilizar en una industria fabricante de envases Tetra Pak, las máquinas generan vibraciones y a la vez mucha invasión de ruido, lo cual hacía que las mediciones no sean tan claras y precisas, provocando de esta manera un error bastante similar al que ya se tenía actualmente, esto representaba una inversión innecesaria de elementos ya que no se iba eliminar el problema que se tenía en el proceso de producción.

Por esta razón, se identifica la necesidad de utilizar un nuevo sensor, el cual, el cual tenga diferentes características de funcionamiento, resoluciones diferentes y sobre todo una sensibilidad adecuada para el tratamiento de datos, es así que, la mejor opción fue cambiar a un sensor VL53L0X, el cual mide la distancia con gran precisión mediante un láser. Una vez funcional el sistema, fue necesaria adecuar la tabla de funcionamiento del sistema de acuerdo a los datos reales que se obtienen con el sensor, realizando un seguimiento de los envases restantes. A continuación, se presenta un extracto de la tabla final en la que se utilizan los datos reales enviados por el

#### IV. CONCLUSIONES

#### XII. TABLA 2

Tabla de datos de acuerdo a lo analizado

| Distancia medida en cm de la bobina al sensor | Envases de materia prima restantes |
|---|------------------------------------|
| 9   | 12200                              |
| 9,05  | 12180                              |
| 9,1   | 12160                              |
| 9,15  | 12140                              |
| 9,2   | 12120                              |
| 9,25  | 12100                              |
| 9,3   | 12080                              |
| 9,35  | 12060                              |
| 9,4   | 12040                              |
| 9,45  | 12020                              |

---

|      |       |
|------|-------|
| 9,5  | 12000 |
| 9,55 | 11980 |
| 9,6  | 11960 |
| 9,65 | 11940 |
| 9,7  | 11920 |
| 9,75 | 11900 |

---

Nota. Extracto de la nueva tabla de valores de las medidas en cm y el restante de materia prima de los envases.

En cuanto a la investigación bibliográfica de las tarjetas electrónicas y los sensores, es necesario tomar en cuenta el lugar en el cual va a ser instalado el sistema automatizado para que con esto se puedan elegir correctamente los elementos a utilizar ya que se debe tomar mucho en cuenta la vibración, la acumulación de ruido de las máquinas, el exceso de luminosidad entre otros factores para que puedan servir correctamente los elementos que se han utilizado, cabe mencionar que el diseño planteado es un prototipo que busca dar solución a una problemática real que se tienen en el proceso de producción de Arca continental, sin embargo, esto da paso a que a futuro se puedan desarrollar mejorar significativas en el proyecto aplicando nuevos sensores o tarjetas electrónicas ue realicen el procesamiento de datos de manera más efectiva. (Peña, 2020).

De acuerdo a lo desarrollado el VL53L0X es un sensor versátil que puede utilizarse en una amplia gama de aplicaciones industriales. En el caso de la automatización El VL53L0X se utiliza para

controlar robots y máquinas industriales. (Nayyar, & Puri, 2016). Por ejemplo, se puede utilizar para evitar que un robot choque con un obstáculo o establecer la distancia de acercamiento a un objeto para sostenerlo o transportarlo de un lugar a otro, por otro lado, el VL53L0X se utiliza para monitorizar procesos industriales como es el caso del presente trabajo, además, el VL53L0X se utiliza para mejorar la seguridad industrial debido a que podría detectar cuando una persona está cerca a una zona peligrosa o área que puede llevara complicaciones a su salud.

Es así que, es necesario identificar el lugar apropiado para que se pueda realizar la instalación del sistema para que este no intervenga en el funcionamiento de la máquina, debido a las políticas que se manejan en Arca Continental no se pueden realizar cambios significativos a las máquinas procesos debido a que esto puede afectar a la calidad del producto, es por esta razón que al momento de seleccionar el lugar en el que se encontrará la caja de protección que contenga todos los elementos se seleccionó uno en el que se

le pueda realizar un mantenimiento rápido con acceso rápido y sobre todo desconectarlo en el caso de que se desee prescindir del funcionamiento del sistema ya que a futuro lo que se desea es establecer mejorar con un sistema integrado en el que se tenga en una sola tarjeta electrónica el sensor y el sistema de procesamiento y visualización de la información.

Arduino nace como un prototipo estudiantil que buscaba dar solución al tiempo en el que un estudiante tardaba en construir una tarjeta electrónica con una alguna solución o problema establecido, sin embargo, como se lo ha demostrado a lo largo de los últimos años, las aplicaciones del Arduino son innumerables y en la actualidad puede ser utilizado en proyectos industriales sin ningún problema, sin embargo, es necesario que se analicen problemas de armónicos, ruido y campos magnéticos para que la tarjeta o el diseño que se construye no tenga problemas y funcione de manera adecuada. Sin embargo, con la gran evolución que está sufriendo la electrónica y las aplicaciones

industriales el Arduino puede ser sustituido sin ningún problema por otra tarjeta electrónica con conexión Wifi con el objetivo de que la monitorización o conteo de los envases pueda realizarse de manera remota. (DigiKey, 2017).

De tal manera, la importancia de Arduino radica en que es una plataforma de desarrollo de código abierto que permite crear proyectos electrónicos de forma rápida y sencilla. Esta plataforma es cada vez más popular en la industria, ya que ofrece una serie de ventajas, como su bajo

coste, su facilidad de uso y su flexibilidad, se utiliza en la industria para una variedad de aplicaciones, incluyendo la automatización industrial, la monitorización industrial, el control de calidad, la seguridad industrial, la gestión de la energía, la logística y la fabricación aditiva. El uso de Arduino en la industria está en constante crecimiento, ya que es una herramienta poderosa que puede ayudar a las empresas a mejorar su eficiencia, productividad y seguridad.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, J. J., Arrue, B. C., Maza, I., & Ollero, A. (2011). Distribución óptima de múltiples robots en vigilancia de perímetros. *IEEE/RSJ International Conference*, 24(6), 1394 –1404.

Recuperado a partir de [http://personal.us.es/imaza/papers/conferences/acevedo\\_robot11\\_web.pdf](http://personal.us.es/imaza/papers/conferences/acevedo_robot11_web.pdf)

Amjad, A., Azam, F., Anwar, M. W., & Butt, W. H. (2021). A systematic review on the data interoperability of application layer protocols in industrial IoT. *Ieee Access*, 9, 96528- 96545.

Apolo Peñaloza, A. K., & Velasco Barrera, A. A. (2013). Desarrollo de un sistema de robótica cooperativa entre dos elementos robots tipo Robonova. Universidad de las Fuerzas Armadas

- ESPE.

Barrera, J. S. Z., Contreras, B. C., Jiménez, R. Á., Onofre, P. J., Chávez, R. M. S., & Orozco, M. G.

L. (2023). Sistematización del bañado vacuno, mediante reconocimientos de tarjeta Arduino, nuevo enfoque dentro de la Ingeniería Industrial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 196-206.

Bejarano, P. (12 de 03 de 2022). LinkedIn. Obtenido de Ecuador: Nivel de Automatización en las Organizaciones.: <https://www.linkedin.com/pulse/ecuador-nivel-de-automatizaci%C3%B3n-en-las-organizaciones/?originalSubdomain=es>

Bonilla, G., & Eraso, B. (2019). Diseño e implementación de algoritmos con robótica cooperativa para la clasificación de objetos de color en un entorno estructurado. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.

Bray, J., Rollins, K., Hutchinson, T., Verdugo, R., Ledezma, C., Mylonakis, G., ... & Candia, G. (2012). Effects of ground failure on buildings, ports, and industrial facilities. *Earthquake Spectra*, 28(1\_suppl1), 97-118.

DigiKey. (2017). Placas de desarrollo Teensy 3.5. Recuperado 20 de octubre de 2018, a partir de <https://www.digikey.com/es/product-highlight/s/sparkfun/teensy-3-5-development-boards>

Dong, Q., & Xu, X. (2014). A Novel Weighted Centroid Localization Algorithm Based on RSSI for an Outdoor Environment. *Journal of Communications*, 9, 279-285. <https://doi.org/10.12720/jcm.9.3.279-285>

Hynes, N. R. J., Kumar, J. S., Kamyab, H., Sujana, J. A. J., Al-Khashman, O. A., Kuslu, Y., ... & Kumar, B. S. (2020). Modern enabling techniques and adsorbents based dye removal with sustainability concerns in textile industrial sector-A comprehensive review. *Journal of cleaner production*, 272, 122636.

Jayetileke, H. R., De Mei, W. R., & Ratnayake, H. U. W. (2014, December). Real-time fuzzy logic speed tracking controller for a DC motor using Arduino Due. In *7th International Conference on Information and Automation for Sustainability* (pp. 1-6). IEEE.

Kunikowski, W., Czerwiński, E., Olejnik, P., & Awrejcewicz, J. (2015). An overview of ATmega AVR microcontrollers used in scientific research and industrial applications. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 19(1), 15-19.

Lara, C. (04 de 2018). Plan estratégico para una empresa de automatización industrial. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15441/-TESIS%20FINAL%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Llamas, L. (09 de 01 de 2018). LUIS LLAMAS Ingeniería, informática y diseño. Obtenido de MEDIR DISTANCIA CON PRECISIÓN CON ARDUINO Y SENSOR LÁSER VL53L0X Y VL6180X: <https://www.luisllamas.es/arduino-sensor-distancia-vl53l0x/>

Lozano Navarro, C. (2017). Sistema de ayuda para el aterrizaje autónomo de cuadricópteros basado en sensores láser (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Nayyar, A., & Puri, V. (2016, March). A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields. In *2016 3rd international conference on computing for sustainable global development (INDIACom)* (pp. 1485-1492). IEEE.

Peña, C. (2020). Introducción a Arduino . Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6ufuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=que+es+arduino+&ots=EzWEQ4O9Ng&sig=azJ-ET8\\_v-4pvXE6VCmpJSpTHC4#v=onepage&q=que%20es%20arduino&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6ufuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=que+es+arduino+&ots=EzWEQ4O9Ng&sig=azJ-ET8_v-4pvXE6VCmpJSpTHC4#v=onepage&q=que%20es%20arduino&f=false)

Rajan, C., Megala, B., Nandhini, A., & Priya, C. R. (2015). A Review: Comparative Analysis of Arduino Micro Controllers in Robotic Car. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 9(2), 371-380.

Ravi, R. V., Goyal, S. B., Neagu, B. C., Raboaca, M. S., & Verma, C. (2022, October). A Low-Cost Industrial Automation System Using IoT and Cloud Computing. In 2022 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE) (pp. 649-653). IEEE.

Rúbio, E. M., Dionísio, R. P., & Torres, P. M. B. (2019). Industrial IoT devices and cyber-physical production systems: Review and use case. *Innovation, Engineering and Entrepreneurship*, 292-298.

Sánchez, M., & Pérez Y R, D. (s/f). Arduino-based system for the quality control of manufactured products. publicado en la revista *Revista de Calidad Industrial*, 2020.

Soares, P. J., Oliveira, C., Morales, G., Arica, J., & Matias, I. (2019). State of the Art on Arduino and RFID. In *New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management: International Joint Conference ICIEOM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM* (pp. 213-220). Springer International Publishing.

Vergara, J. E. R. (2021). Ingenieros industriales desarrollando proyectos con tecnologías IOT y Arduino—¿ Qué se necesita, cómo iniciar?. *Gestión Competitividad e Innovación*, 9(1), 1-10.