



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

Desarrollo de un dispensador de bebidas de licor saborizadas usando un sistema embebido con gestión de pedidos mediante una aplicación móvil

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

**AUTOR(ES)**

Reyes Pajares, Jose Javier	0000-0002-0765-6972
Vela Sarazú, Sergio Alexander	0000-0002-1668-9952

**ASESOR(ES)**

Paiva Peredo, Ernesto Alonso	0000-0002-9780-3218
------------------------------	---------------------

**Lima, 5 de noviembre de 2024**

## DEDICATORIA

*"A mis padres, por siempre estar ahí con su apoyo incondicional y enseñarme con su ejemplo. Gracias por darme la fuerza para seguir adelante. A mi abuela, que con su cariño y sabiduría ha sido una inspiración constante en mi vida. A mis hermanos, por ser mi compañía en los buenos y malos momentos, y por recordarme siempre que no estoy solo en este camino, y a mis amigos, que me han dado su apoyo y alegría a lo largo de mi carrera. Este trabajo es un reflejo de todo lo que me han dado, y les dedico este logro con mucho cariño y agradecimiento."*

*Sergio Vela*

*"A mi querido padre, quien siempre fue mi refugio y mi mayor apoyo, te llevo en el corazón y agradezco cada esfuerzo que hiciste para verme alcanzar mis sueños. A mi madre, por tu incansable esfuerzo y amor incondicional, tu motivación ha sido mi luz en los momentos más oscuros. Y a mi hermana, por estar siempre a mi lado, brindándome la mano que necesitaba para levantarme en cada desafío. Este logro es un tributo a su amor y dedicación, y lo comparto con ustedes, quienes han sido la razón de mi perseverancia."*

*Jose Reyes*

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dedicar este espacio para expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han sido pilares en el desarrollo y culminación de nuestra tesis.

En primer lugar, extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, un lugar que nos ha proporcionado un entorno académico excepcional y que ha sido fundamental en nuestra formación profesional. La calidad de los docentes y el apoyo recibido nos han inspirado a alcanzar nuestros objetivos y a esforzarnos por superarnos cada día.

A nuestro asesor, Ernesto Paiva, le estamos profundamente agradecidos por su orientación, dedicación y paciencia. Su experiencia y compromiso han sido cruciales en cada etapa de este trabajo, brindándonos valiosos consejos y motivación para seguir adelante.

También queremos reconocer a nuestras familias, quienes han sido un soporte incondicional a lo largo de este camino. Gracias por su amor, comprensión y por siempre animarnos a seguir nuestros sueños. A nuestros amigos y compañeros, gracias por compartir este viaje académico y por el apoyo constante en los momentos de dificultad.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a que este trabajo sea una realidad. Sin su ayuda, no habríamos llegado hasta aquí.

Muchas gracias a todos.

## RESUMEN

En entornos con alta demanda, la preparación eficiente de bebidas de licor saborizadas es un desafío significativo debido a la dependencia de bartenders para mezclar ingredientes con precisión, lo que puede limitar el tiempo de producción y la capacidad de manejo de insumos. Este estudio propone una solución innovadora mediante el desarrollo de una máquina dispensadora automática para la producción de estas bebidas. La máquina emplea bombas peristálticas, un dispensador de vasos y un actuador de dos grados de libertad para automatizar la preparación, dosificación y entrega de las bebidas. Integrada con un sistema de control de caudal y un Raspberry Pi, la máquina mejora la precisión en la dosificación y reduce la contaminación y el desperdicio. Además, aborda la obsolescencia de las máquinas dispensadoras tradicionales al incorporar una aplicación Android que permite la gestión de pedidos y que simplifica el proceso de caja, permitiendo usar pagos digitales dentro de la aplicación móvil. La investigación demuestra que esta máquina dispensadora puede entregar bebidas en menos de 40 segundos, superando significativamente la eficiencia de los métodos tradicionales. La capacidad para servir más de 50 vasos de manera continua, junto con la integración de tecnologías sin contacto para la toma de pedido, optimiza los recursos y mejora la experiencia del cliente, ofreciendo una solución moderna para la automatización en la industria de bebidas.

**Palabras clave:** Máquinas dispensadoras; Bombas peristálticas; Actuador lineal; Aplicación móvil

# Development of a flavored beverage dispenser using an embedded system with order management through a mobile application

## ABSTRACT

In high-demand environments, efficiently preparing flavored alcoholic beverages presents a significant challenge due to reliance on bartenders to precisely mix ingredients, which can restrict production times and limit supply management. This study introduces an innovative solution with the development of an automated dispensing machine designed to produce these beverages. The machine uses peristaltic pumps, a cup dispenser, and a two-degree-of-freedom actuator to fully automate the preparation, dosing, and serving of drinks. Integrated with a flow control system and powered by a Raspberry Pi, the machine enhances dosing accuracy and reduces contamination and waste. It also addresses the limitations of traditional dispensing machines by integrating an Android application for order management, simplifying payment processing and supporting digital payments within the mobile app. The research demonstrates that this dispensing machine can serve beverages in under 40 seconds, significantly outperforming traditional methods. With the capacity to serve over 50 drinks continuously and the integration of contactless order and payment technology, it optimizes resources and enhances the customer experience, providing a modern solution for automation in the beverage industry.

Keywords: Dispensing Machines; Peristaltic Pumps; Linear Actuator; Mobile Application

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

1

[repositorioacademico.upc.edu.pe](https://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

2

[upc.aws.openrepository.com](https://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

<1%

3

[sedici.unlp.edu.ar](https://sedici.unlp.edu.ar)

Fuente de Internet

<1%

4

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1%

5

[thepibox.pe](https://thepibox.pe)

Fuente de Internet

<1%

6

[dspace.cordillera.edu.ec](https://dspace.cordillera.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

7

[derechousmp.com](https://derechousmp.com)

Fuente de Internet

<1%

8

[www.slideshare.net](https://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

---

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1 General .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.2 Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1 Actuador .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1.1 Actuador lineal .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2 Bomba peristáltica .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3 Raspberry Pi 4 Model B+.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 ESTÁNDARES, FRAMEWORKS Y BUENAS PRÁCTICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 BASES LEGALES Y MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.1 Diseño de un sistema embebido para optimizar el proceso de despacho de bebidas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1.1 Toma de orden.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.1.2 Dispensación de vasos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.1.3 Dispensación de líquidos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.1.4 Entrega del producto final.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.2 Implementación de un sistema automatizado de dosificación para mejorar la eficiencia en la producción.....</b>	<b>31</b>

<b>3.1.3</b>	<b>Diseño de una interfaz visual intuitiva para facilitar la gestión de pedidos</b>	<b>34</b>
<b>3.1.3.1</b>	<b>Interfaz de usuario</b>	<b>35</b>
<b>3.1.3.2</b>	<b>Interfaz de operador</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>41</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Tiempo de preparación</b>	<b>41</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Dosificación</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Proceso de servicio</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propuesta de la dosificación de insumos de una receta.....	33
<b>Tabla 2</b> Tiempos de producción por etapa.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Room Áreas .....	10
<b>Figura 2</b> Árbol del problema .....	11
<b>Figura 3</b> Árbol de objetivos.....	13
<b>Figura 4</b> Diagrama de Gantt .....	16
<b>Figura 5</b> Diagrama de procesos .....	23
<b>Figura 6</b> Implementación física.....	25
<b>Figura 7</b> Modelo 3D del dispensador de vasos a utilizar.....	27
<b>Figura 8</b> Bomba peristáltica.....	29
<b>Figura 9</b> Actuador lineal de 2 grados de libertad .....	31
<b>Figura 10</b> Algoritmo de acción.....	35
<b>Figura 11</b> Pantalla de inicio.....	36
<b>Figura 12</b> Proceso de orden .....	37
<b>Figura 13</b> Proceso de despacho .....	38
<b>Figura 14</b> Layout del modo operador .....	40
<b>Figura 15</b> Medición de dosis .....	43
<b>Figura 16</b> Gráfica de evaluación de facilidad por los encuestados .....	44
<b>Figura 17</b> Gráfica de evaluación de comodidad por los encuestados.....	45
<b>Figura 18</b> Gráfica de evaluación de satisfacción por los encuestados.....	45
<b>Figura 19</b> Gráfica de evaluación de conveniencia por los encuestados .....	46

## **CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 Antecedentes**

La automatización de procesos es fundamental en el desarrollo de sistemas inteligentes, con el propósito principal de mejorar la calidad de vida en diversos ámbitos. Automatizar tanto los procesos industriales como el funcionamiento de máquinas aumenta la eficiencia operativa al reducir la intervención humana, minimizando así los errores asociados al cansancio o la distracción.

Durante la pandemia, una de las mayores necesidades en el sector de la alimentación y bebidas fue minimizar el contacto directo con los insumos, lo que limitó significativamente la comercialización para muchos negocios. Las restricciones provocaron una disminución notable en el consumo en bares y discotecas. Además, la producción manual de bebidas se vio afectada por problemas de tiempo y manejo de insumos, con pérdidas frecuentes por derrames. Este contexto reveló las limitaciones de la mano de obra humana para manejar múltiples pedidos eficientemente en un entorno de alta demanda, problema que persiste en un mercado cada vez más competitivo.

Para enfrentar estos desafíos, se propone el desarrollo de una máquina dispensadora de bebidas saborizadas que garantice una preparación rápida y eficiente, manteniendo la calidad y salubridad de los productos y reduciendo el contacto directo con la máquina. La solución propuesta incluye una aplicación móvil que permitirá a los clientes seleccionar sus bebidas y realizar transacciones sin contacto, disminuyendo así las aglomeraciones y las largas colas.

A diferencia de otras máquinas dispensadoras de bebidas, esta nueva máquina contará con un control remoto a través de una aplicación Android. Esta innovación no solo permitirá seleccionar la bebida deseada, sino también ajustar el porcentaje de alcohol de acuerdo con las preferencias del usuario. Según el Instituto Nacional de Calidad (2023), la norma “NTP 110.001:2023. BEBIDAS ALCOHÓLICAS. Cócteles. Requisitos” establece que la tolerancia máxima de alcohol en cócteles es del 10%. Esta capacidad de ajuste en la máquina dispensadora representa una mejora significativa, facilitando la comercialización de bebidas personalizadas y gestionando de manera más efectiva la demanda en entornos de alta concurrencia.

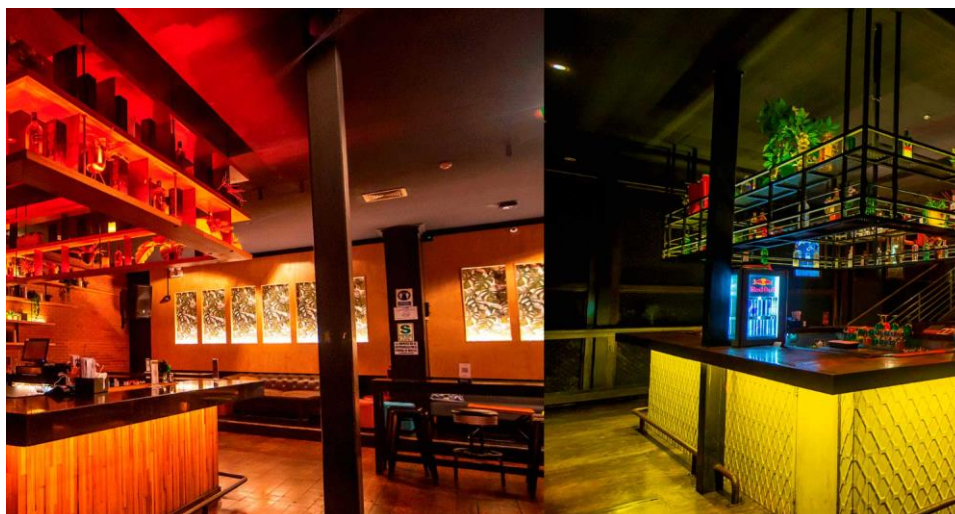
## 1.2 Descripción de la Organización

Fundado en 2008, Bizarro es un reconocido bar y discoteca ubicado en el distrito de Miraflores, Lima, específicamente en la Calle Francisco de Paula Camino 220. Este establecimiento ofrece una experiencia vibrante y diversa, adaptándose a los diversos gustos de su clientela mediante diferentes ambientes. Su principal enfoque está en brindar una experiencia memorable a través de su excelente servicio y atención al cliente, complementado con una destacada oferta de bebidas alcohólicas, incluyendo cócteles y cervezas artesanales.

En la Figura 1 se ilustra la variedad de espacios que Bizarro ofrece a sus visitantes. Entre ellos, destaca el Red Room, un área pensada para quienes buscan una experiencia más íntima y relajada, ideal para socializar en un entorno tranquilo sin sacrificar la diversión. Por otro lado, el Main Room se centra en la animación de la pista de baile, ofreciendo una amplia gama de géneros musicales que van desde éxitos contemporáneos hasta clásicos atemporales.

### Figura 1

#### *Room Áreas*



Nota. Muestra "Bizarro Room areas". Tomada de Bizarro Bar [imagen], s.f., <https://bit.ly/402ocHS>.

Un área crucial para Bizarro es su sección de bebidas y comidas, que ofrece una amplia variedad de cócteles, cervezas y una completa carta gastronómica con opciones que van desde alitas y hamburguesas hasta sushi. Esta oferta culinaria es perfecta para disfrutar de una experiencia placentera en la terraza del local, la cual es ideal tanto para eventos privados como para salidas nocturnas con amigos.

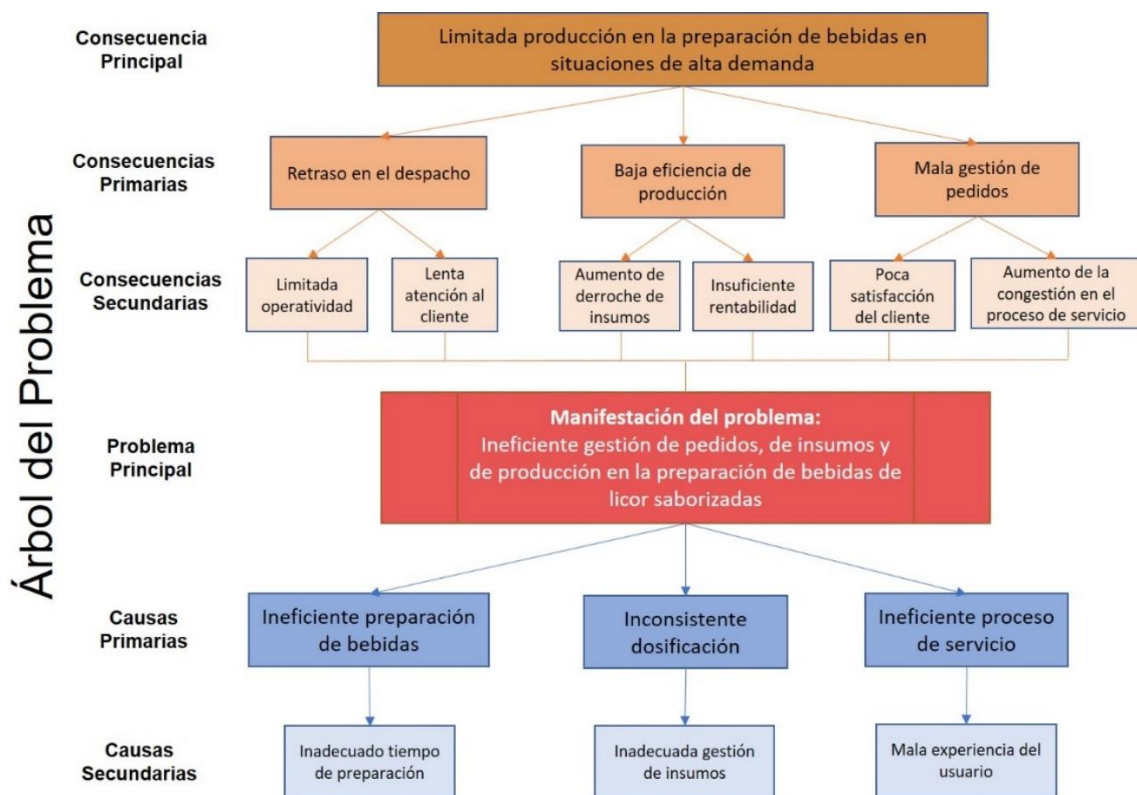
Bizarro es un punto de encuentro popular en Lima, atrayendo a jóvenes, profesionales, estudiantes y turistas. Debido a su popularidad, el bar frecuentemente presenta ofertas y promociones en bebidas, con combinaciones innovadoras que contribuyen a una alta demanda, especialmente durante eventos temáticos con DJs locales e internacionales.

### 1.3 Análisis del Problema

El desarrollo de un dispensador de bebidas saborizadas usando un sistema embebido con gestión de pedidos mediante una aplicación móvil, responde a varios desafíos clave enfocados al tiempo de preparación, la gestión de insumos y el proceso de servicio. La Figura 2 presenta un árbol del problema que detalla las causas y consecuencias del problema principal.

**Figura 2**

*Árbol del problema*



En la Figura 2 se evidencia que la ineficiente gestión de pedidos, insumos y producción en la preparación de bebidas alcohólicas saborizadas contribuye de manera significativa a la problemática central del sistema. Estos factores no solo limitan la capacidad de producción durante situaciones de alta demanda, sino que también generan

retrasos en el despacho, reducen la eficiencia de la producción y provocan una gestión inadecuada de los pedidos.

La ineficiencia en la preparación de las bebidas se traduce en tiempos de espera prolongados, lo que impacta negativamente en la atención al cliente. Esta situación se ve agravada por la inconsistente dosificación, que resulta en una gestión deficiente de los insumos, provocando un aumento en el desperdicio y afectando la rentabilidad del negocio. Además, un proceso de servicio ineficiente genera una mala experiencia para el usuario, lo que se traduce en una menor satisfacción del cliente y un incremento en la congestión durante el servicio.

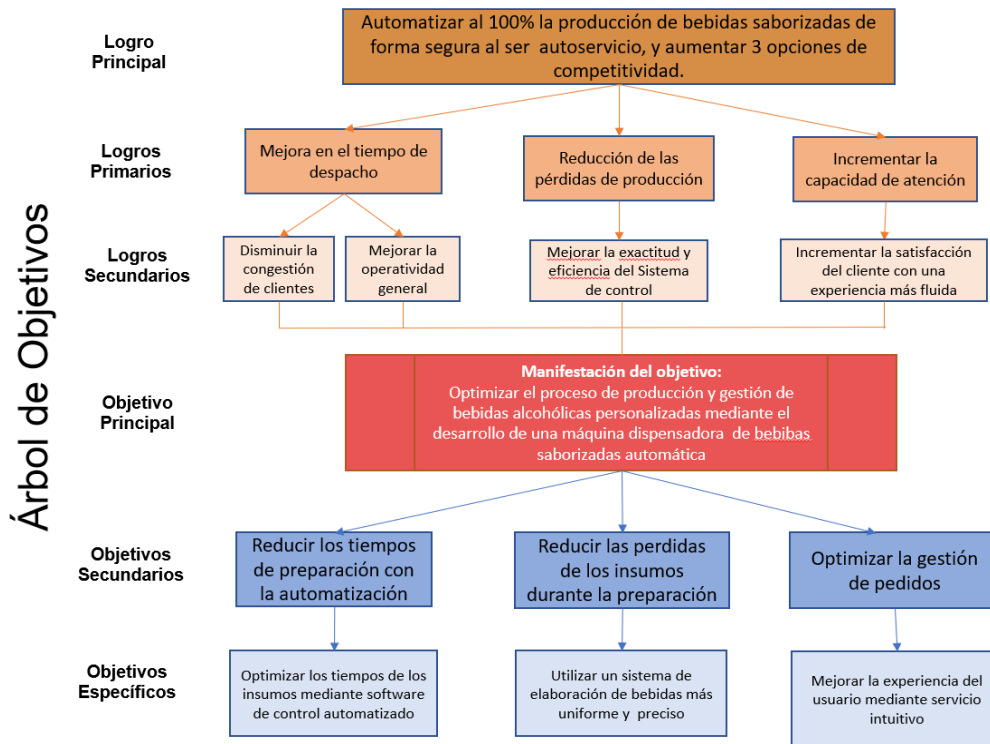
Por estas razones, es imperativo que el desarrollo de un dispensador de bebidas saborizadas en el contexto actual considere tecnologías que aborden estas problemáticas. El enfoque debe estar en optimizar los tiempos de producción, aumentar la precisión en la dosificación e implementar una gestión integral de pedidos. Estas iniciativas no solo mejorarán la eficiencia de los procesos, sino que también elevarán la satisfacción del cliente, alineándose con las tendencias del mercado y las expectativas del consumidor moderno.

#### **1.4 Objetivos**

Con el objetivo de abordar la problemática identificada en la producción de bebidas de licor saborizadas y mejorar la eficiencia en bares, discotecas y otros espacios comerciales, se ha realizado un análisis exhaustivo para definir los objetivos y logros asociados a la solución propuesta. Esta solución, que incluye desarrollar una máquina dispensadora de bebidas de licor saborizadas mediante la integración de un sistema embebido y una aplicación móvil que optimice la gestión de pedidos y su producción.

**Figura 3**

*Árbol de objetivos*



La Figura 3 presenta un árbol de objetivos que ilustra de manera clara los logros esperados para satisfacer las demandas emergentes de los clientes en relación con la optimización del proceso de despacho de bebidas, el incremento de la eficiencia de producción y la facilitación de la gestión de pedidos. Estos objetivos se fundamentan en un análisis exhaustivo de las causas y consecuencias del problema principal, y han sido diseñados para abordar integralmente los desafíos identificados.

Uno de los objetivos clave es optimizar el tiempo de preparación de las bebidas, estableciendo un máximo de un minuto por pedido. Esta meta busca mejorar la eficiencia operativa y acelerar la atención al cliente, lo que resulta crucial en entornos de alta demanda. Por otro lado, la mejora en la dosificación está orientada a optimizar la gestión de insumos, con el fin de minimizar el desperdicio y maximizar la rentabilidad del negocio. Finalmente, el aumento de la eficiencia en el proceso de servicio se centra en mejorar la experiencia del usuario, lo que a su vez incrementará la satisfacción del cliente y reducirá la congestión durante el servicio.

La consecución de estos objetivos no solo responde a las necesidades actuales del mercado, sino que también contribuye a una mayor precisión y rapidez en la preparación

de bebidas en situaciones de alta demanda. Este enfoque detallado y sistemático es fundamental para el desarrollo de una solución que no solo satisfaga las expectativas de los consumidores, sino que también mejore los procesos en los espacios comerciales seleccionados. De este modo, se busca no solo un impacto positivo en la operativa, sino también en la experiencia general del cliente, fortaleciendo la relación entre el negocio y sus consumidores.

#### **1.4.1 General**

El objetivo general de este proyecto es desarrollar una máquina dispensadora de bebidas de licor saborizadas mediante la integración de un sistema embebido y una aplicación móvil que optimice la gestión de pedidos y su producción, aumentando la precisión y la rapidez en la preparación de bebidas en situaciones de alta demanda.

#### **1.4.2 Específicos**

Los objetivos específicos para este proyecto son los siguientes:

- ✓ Reducir los tiempos de preparación a un máximo de un minuto por pedido, mediante el diseño de un sistema embebido que optimice el proceso de despacho de bebidas, mejorando la eficiencia operativa y la rapidez en la atención al cliente.
- ✓ Optimizar la gestión de insumos mediante la implementación de un sistema automatizado de dosificación que mejore la eficiencia en la producción a un margen de error máximo del 5%, minimizando las pérdidas y maximizando su rentabilidad.
- ✓ Mejorar la experiencia del usuario mediante el diseño de una interfaz visual intuitiva que facilite la gestión de pedidos, aumentando la satisfacción del cliente y reduciendo la congestión en el proceso de servicio.

#### **1.5 Planificación del Proyecto**

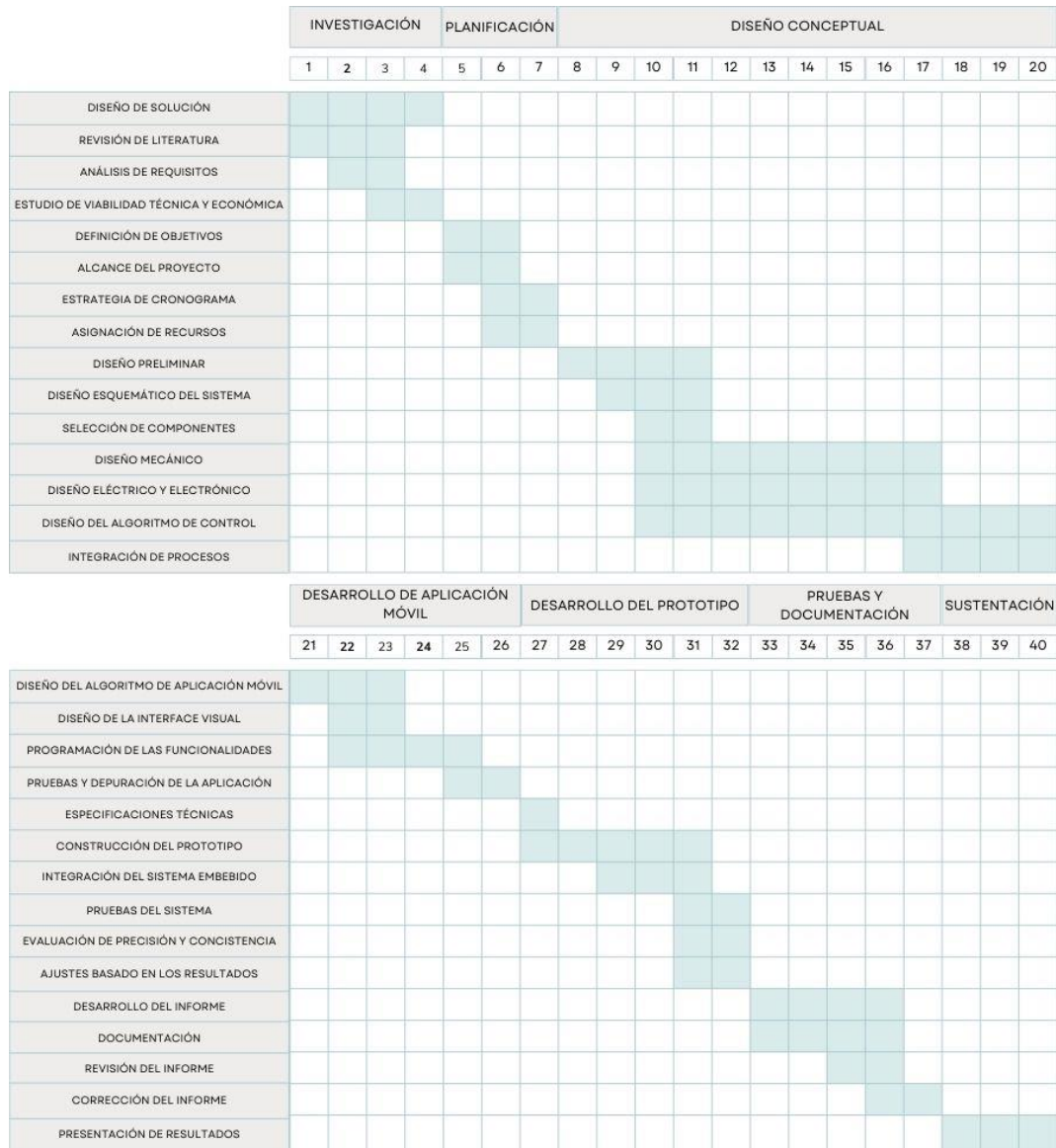
En la Figura 4 se presenta el diagrama de Gantt del proyecto, el cual abarca un periodo de aproximadamente 5 semanas (40 días). Este cronograma refleja el avance y los hitos clave que guiaron el desarrollo de la máquina dispensadora de bebidas. A lo largo de este tiempo, se han llevado a cabo distintas fases, cada una esencial para el éxito del proyecto:

- 1) Investigación: Durante esta fase inicial, se profundizó en el estudio de las necesidades del mercado, las tecnologías disponibles y las mejores prácticas para la automatización de bebidas, sentando así las bases para el diseño del sistema.

- 2) **Planificación:** Aquí se trazaron las estrategias y se definieron los recursos necesarios, estableciendo un plan de acción detallado para asegurar que cada etapa del proyecto se desarrollara de manera eficiente y dentro del tiempo previsto.
- 3) **Diseño Conceptual:** En esta fase, se creó la visión general del sistema, integrando tanto los requisitos técnicos como las expectativas del usuario, asegurando que la solución fuera tanto funcional como fácil de usar.
- 4) **Desarrollo de la Aplicación Móvil:** Se centró en crear una interfaz intuitiva y funcional, que permitiera a los usuarios gestionar sus pedidos de manera rápida y eficiente, integrando todos los procesos necesarios para la correcta operación del dispensador.
- 5) **Desarrollo del Prototipo:** Durante este hito, se construyó y ajustó el prototipo de la máquina dispensadora, probando y refinando sus componentes para asegurar un funcionamiento óptimo.
- 6) **Pruebas y Documentación:** Una vez desarrollado el prototipo, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para garantizar la fiabilidad y eficiencia del sistema. Simultáneamente, se documentó cada aspecto del proyecto, asegurando que toda la información estuviera disponible para la sustentación y presentación final de resultados.

**Figura 4**

*Diagrama de Gantt*



## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco Conceptual**

La propuesta de este estudio se distingue por la integración de múltiples procesos en una sola máquina dispensadora, lo que optimiza su funcionamiento. Estos procesos abarcan tanto la coordinación de diversos componentes como la implementación de aspectos técnicos fundamentales que aseguran su eficiencia y operatividad. Al unificar todo en un sistema automatizado, se busca mejorar la rapidez, precisión y seguridad en la dispensación de bebidas, ofreciendo una solución más avanzada y práctica para el usuario final.

#### **2.1.1 Actuador**

Un actuador es un dispositivo mecánico fundamental en la ingeniería moderna, diseñado para transformar energía en movimiento, permitiendo alterar la posición, velocidad o estado de un sistema según las necesidades del entorno.

A partir de la energía que emplean, los actuadores se dividen en tres tipos principales: neumáticos, que operan mediante aire comprimido; hidráulicos, que utilizan fluidos a presión; y eléctricos, que convierten la energía eléctrica en movimiento mecánico. En función de la naturaleza de su movimiento, estos dispositivos pueden clasificarse en actuadores rotatorios, que producen un movimiento circular, o actuadores lineales, que generan un desplazamiento a lo largo de una trayectoria recta.

Cada tipo de actuador es elegido en función de las necesidades específicas de la aplicación, desde sistemas industriales hasta equipos de automatización, permitiendo un control preciso y eficiente del movimiento dentro de diversos contextos tecnológicos.

##### **2.1.1.1 Actuador lineal**

El actuador lineal es un componente esencial para las aplicaciones que requieren desplazamientos en una sola dirección, permitiendo un control preciso del movimiento a lo largo de un eje. Su funcionamiento se basa en la transformación del movimiento rotacional de un motor paso a paso en un movimiento lineal, a través de un husillo de bolas que interactúa con una tuerca deslizante. Al activarse el motor, el husillo avanza una cantidad determinada de milímetros por cada giro, proporcionando un desplazamiento lineal extremadamente preciso y controlado a lo largo de una guía.

La conexión entre el motor y el husillo de bolas, generalmente mediante un acople de quijada, asegura una transmisión eficiente de la fuerza, lo que resulta en un rendimiento fiable y sostenido, incluso bajo condiciones exigentes. Esto convierte al actuador lineal en una opción fundamental para aplicaciones que requieren exactitud, como la robótica, las máquinas CNC, y los sistemas de control de movimiento (motion control), entre otros.

Además, es posible aumentar los grados de libertad de un sistema al combinar varios actuadores lineales. Por ejemplo, al montar dos actuadores lineales de forma perpendicular, uno sobre otro, se logra un movimiento coordinado en los ejes X e Y, permitiendo que un sistema se desplace en múltiples direcciones dentro de un plano. Esta flexibilidad amplía significativamente las posibilidades de diseño en proyectos que demandan una mayor complejidad de movimiento, como en la automatización industrial y en sistemas de posicionamiento de precisión.

### **2.1.2 Bomba peristáltica**

La bomba peristáltica es un dispositivo de desplazamiento positivo diseñado para bombear una amplia variedad de fluidos de manera eficiente y sin contacto directo. Su estructura se compone de una sección de succión y otra de expulsión, lo que la hace ideal para aplicaciones en diversos sectores, especialmente en la industria de alimentos y bebidas. El mecanismo más común de estas bombas incluye dos o tres rodillos que giran en un compartimento circular. A medida que estos rodillos comprimen progresivamente una manguera flexible, se crea un flujo controlado que impulsa el líquido en la dirección del giro.

Este tipo de bomba es conocida por su precisión y eficacia, destacándose particularmente en la dosificación y el manejo de líquidos. Su funcionamiento se basa en un principio sencillo pero efectivo: un tubo flexible se comprime y descomprime, generando un flujo constante y controlado. Esta característica es fundamental en procesos donde la exactitud es crucial, como en la preparación de bebidas, donde cada componente debe ser dosificado con precisión para mantener la calidad y el sabor.

Además de su capacidad de dosificación precisa, la bomba peristáltica ofrece importantes ventajas en términos de seguridad e higiene. La estructura de este dispositivo evita el contacto directo entre los líquidos y los componentes internos de la bomba, lo que

reduce el riesgo de contaminación cruzada. Este aspecto es especialmente crítico en la industria alimentaria, donde la integridad de los productos debe ser garantizada.

La versatilidad de las bombas peristálticas es otra de sus grandes cualidades. Estas bombas pueden manejar una amplia gama de líquidos, desde bebidas alcohólicas hasta líquidos más viscosos o incluso corrosivos. Su capacidad de adaptarse a diferentes tipos de fluidos las convierte en una solución ideal para diversas aplicaciones en el sector de bebidas, permitiendo a los fabricantes experimentar con nuevas recetas y formulaciones sin comprometer la eficiencia.

Para el control de los motores que impulsan las bombas peristálticas, se utilizan módulos de relé que permiten gestionar su funcionamiento de manera precisa. Estas bombas se conectan a un conector normalmente abierto y se alimentan a través de una fuente de alimentación switching, que proporciona la tensión y corriente necesarias para su operación. Con su diseño innovador y su enfoque en la precisión, las bombas peristálticas son herramientas valiosas en la automatización de procesos, mejorando la eficiencia y garantizando la calidad en la producción de bebidas.

### **2.1.3 Raspberry Pi 4 Model B+**

El Raspberry Pi 4 Model B+ es un procesador compacto y poderoso que ha revolucionado la forma en que se abordan diversos proyectos tecnológicos. Con 2 gigabytes de memoria RAM y un procesador ARM Cortex-A72 de 64 bits que opera a 1.8 GHz, este dispositivo proporciona un rendimiento excepcional, siendo capaz de gestionar y controlar múltiples funciones de manera eficiente.

Una de las características más destacadas del Raspberry Pi 4 Model B+ es su capacidad de procesamiento rápido, lo que asegura una ejecución fluida de tareas. Esta rapidez es esencial para mantener la precisión y efectividad en aplicaciones donde el tiempo de respuesta es crucial, como en sistemas automatizados de control.

El modelo también ofrece una amplia gama de opciones de conectividad, que son fundamentales para su integración en diversos sistemas. Con conectividad inalámbrica de 2.4 GHz y 5.0 GHz (IEEE 802.11b/g/n/ac), Bluetooth 5.0 y BLE, además de un puerto Ethernet Gigabit, el Raspberry Pi 4 Model B+ permite una comunicación flexible y un control remoto eficiente. Esto facilita la interacción con dispositivos externos, como aplicaciones móviles o páginas web, lo que enriquece la experiencia del usuario y optimiza la gestión de procesos.

La alimentación del Raspberry Pi 4 Model B+ se realiza a través de un puerto USB-C, requiriendo una fuente de energía recomendada de 5V y 3A. Esta accesibilidad y versatilidad lo convierten en una opción atractiva para quienes buscan desarrollar proyectos innovadores, especialmente en áreas como la automatización y el control de máquinas, donde la integración de tecnologías modernas es clave para el éxito.

## 2.2 Estándares, frameworks y buenas prácticas

- ❖ **ISO 128:** Esta norma establece las bases para el dibujo técnico y la creación de planos, fundamentales para que los diseños sean claros y precisos. En el caso del diseño CAD de la máquina, seguir estos principios es clave para que los planos sean fáciles de interpretar y detallados, respetando los estándares internacionales. A lo largo del desarrollo de la máquina dispensadora y sus prototipos, hemos aplicado la norma ISO 128 tanto en el diseño 3D como en los planos mecánicos. Esto asegura una documentación clara que facilita no solo la comprensión del proyecto, sino también su reproducción en futuras etapas.
- ❖ **ASTM52920-23:** La norma define los requisitos que deben cumplir los dispensadores de vasos de plástico desechables. Aunque el dispensador que se ha impreso en 3D puede ser diferente en cuanto a materiales y diseño, seguir esta norma como referencia ayuda a garantizar que el dispositivo sea funcional y seguro. Cumplir con estas normativas no solo asegura la calidad y durabilidad, sino que también genera confianza en el producto y facilita su uso dentro de la máquina dispensadora de bebidas saborizadas con licor, asegurando una buena experiencia para el usuario.
- ❖ **IEC 60335-2-75:** Llamada "Seguridad de aparatos electrodomésticos y análogos - Parte 2-75: Requisitos particulares para bombas, válvulas y accesorios", especifica cómo deben ser seguras las bombas y válvulas en electrodomésticos. Al seguir esta norma, nos aseguramos de que las bombas peristálticas en el proyecto cumplan con los estándares de seguridad necesarios para su uso en dispositivos para el hogar.
- ❖ **ISO 22000:2018:** "Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos - Requisitos para cualquier organización en la cadena de alimentos", establece cómo se debe considerar la inocuidad de los alimentos en toda la cadena de suministro. En caso de que se use sea para máquinas dispensadoras de bebidas saborizadas con licor en la industria alimentaria, este código es esencial para

garantizar que el diseño de las bombas peristálticas cumple con los estándares de calidad de alimentos seguros.

- ❖ **Estándar American Wire Gauge (AWG):** Usar cables de calibre AWG 16 o 18, que están diseñados para resistir el agua y la humedad, garantiza que el sistema eléctrico del visicooler sea seguro y confiable. Estos cables cumplen con los requisitos necesarios en cuanto a la cantidad de corriente que pueden manejar, su resistencia a la humedad y su durabilidad, asegurando una conexión eléctrica que funcione correctamente y de manera segura.
- ❖ **IEC 61439:** La norma IEC 61439, que trata sobre "Tableros de baja tensión y conjuntos de control de potencia", establece las pautas para diseñar, construir y probar estos componentes. Al seguir esta norma, nos aseguramos de que el diseño y la construcción del visicooler cumplan con los estándares de seguridad eléctrica, lo que garantiza un funcionamiento seguro y eficiente.
- ❖ **IEC 60950-1:** Esta norma se enfoca en la seguridad de equipos eléctricos utilizados en tecnología de la información y en oficinas, como el Raspberry Pi 4 Model B+. Cumplir con esta norma significa que el dispositivo ha sido rigurosamente probado para garantizar que sea seguro durante su uso.
- ❖ **CE (Conformité Européene):** El logotipo CE en el Raspberry Pi 4 Model B+ muestra que el dispositivo cumple con los estándares de seguridad, salud y protección ambiental de la Unión Europea. Esta certificación asegura que el Raspberry Pi 4 Model B+ está alineado con los requisitos clave de las normativas europeas.

### 2.3 Bases Legales y Marco Normativo

El desarrollo de sistemas de ingredientes de bebidas saborizadas, como el propuesto en este proyecto, debe cumplir con varias regulaciones y leyes vigentes en el Perú. Estas regulaciones cubren aspectos clave como la seguridad eléctrica, la seguridad alimentaria, el uso de tecnología de automatización y la seguridad en el lugar de trabajo. Las leyes y regulaciones más importantes que se aplican a la construcción y operación de equipos dispensadores se describen a continuación.

- ❖ **Ley No. 28611 - Ley General del Ambiente:** La ley establece los lineamientos de protección ambiental del Perú y se aplica a todos los proyectos que puedan generar residuos o afectar el medio ambiente. En este caso, es muy importante

asegurarse de que el diseño de la máquina tenga en cuenta el uso eficiente de los recursos y la reducción de residuos.

- ❖ **Ley núm. 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo:** La ley cubre la creación y uso de equipos automatizados en lugares de trabajo como bares o restaurantes. El objetivo es garantizar que los equipos cumplan con los estándares de seguridad necesarios para evitar accidentes que impliquen riesgos eléctricos, mecánicos o de manipulación de fluidos.
- ❖ **Ley No. 26842 - Ley General de Salud:** La Ley General de Sanidad regula la seguridad y protección de los alimentos. En relación con este documento, es necesario asegurar que los equipos dispensadores cumplan con esta normativa para garantizar que los materiales y procesos utilizados sean seguros e higiénicos en el manejo de bebidas.
- ❖ **Ley núm. 30224 - Ley que crea el Sistema Nacional de la Calidad y el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL):** INACAL es el organismo responsable del desarrollo de las Normas Técnicas del Perú (NTP), que acepta estándares internacionales como las normas ISO e IEC. Estas regulaciones aseguran que los productos desarrollados en el país cumplan con estándares internacionales de calidad y seguridad. El dispensador recomendado cumple con estos estándares para garantizar su confiabilidad y seguridad.
- ❖ **Ley No. 28705 - Ley de Seguridad Alimentaria:** Esta ley es esencial para garantizar la seguridad alimentaria en toda la cadena de suministro. Para este proyecto era muy importante garantizar que los materiales utilizados en la producción del equipo de dosificación sean seguros para los alimentos y cumplan con los estándares de higiene.

Las leyes mencionadas garantizan que los sistemas de ingredientes de bebidas desarrollados por este proyecto cumplan con las regulaciones peruanas e internacionales de seguridad, calidad y medio ambiente.

## **CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3.1 Desarrollo de la Solución**

Este proyecto se centra en tres pilares clave para lograr un dispensador de bebidas de licor saborizadas que funcione de manera efectiva. Primero, se diseña un sistema

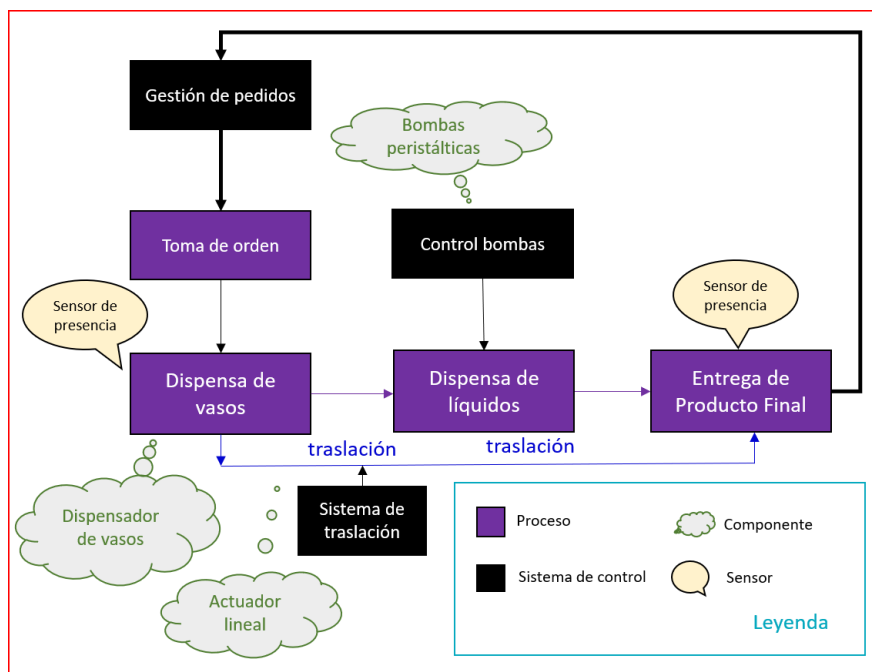
embebido con el objetivo de asegurar que cada proceso de despacho sea rápido y preciso, utilizando componentes que se adapten perfectamente a las necesidades de cada etapa. Segundo, se adopta una arquitectura basada en el Internet de las Cosas (IoT) que permite que el cliente y la máquina se conecten de manera fluida mediante una interface visual, mejorando la gestión y seguimiento de pedidos. Por último, se desarrolla un algoritmo de control que sincroniza todos los pasos, desde la toma de órdenes hasta el momento en que la bebida se sirve, garantizando una experiencia eficiente y sin contratiempos.

### 3.1.1 Diseño de un sistema embebido para optimizar el proceso de despacho de bebidas

Para llevar a cabo la automatización en la dispensación de bebidas, se han considerado cuidadosamente todos los procesos, desde la toma del pedido hasta la entrega del producto final buscando como resultado tiempos óptimos en la dosificación de la bebida y el transporte para la entrega de un pedido.

**Figura 5**

*Diagrama de procesos*



En la Figura 5, se presenta un diagrama de procesos que ofrece una representación clara y detallada de cada etapa involucrada en la preparación automatizada de bebidas con licor saborizado. Este diagrama muestra la integración de todos los procesos y componentes, junto con su respectivo sistema de control, supervisado de manera continua por sensores de proximidad tanto al inicio como al final del proceso, permite que el

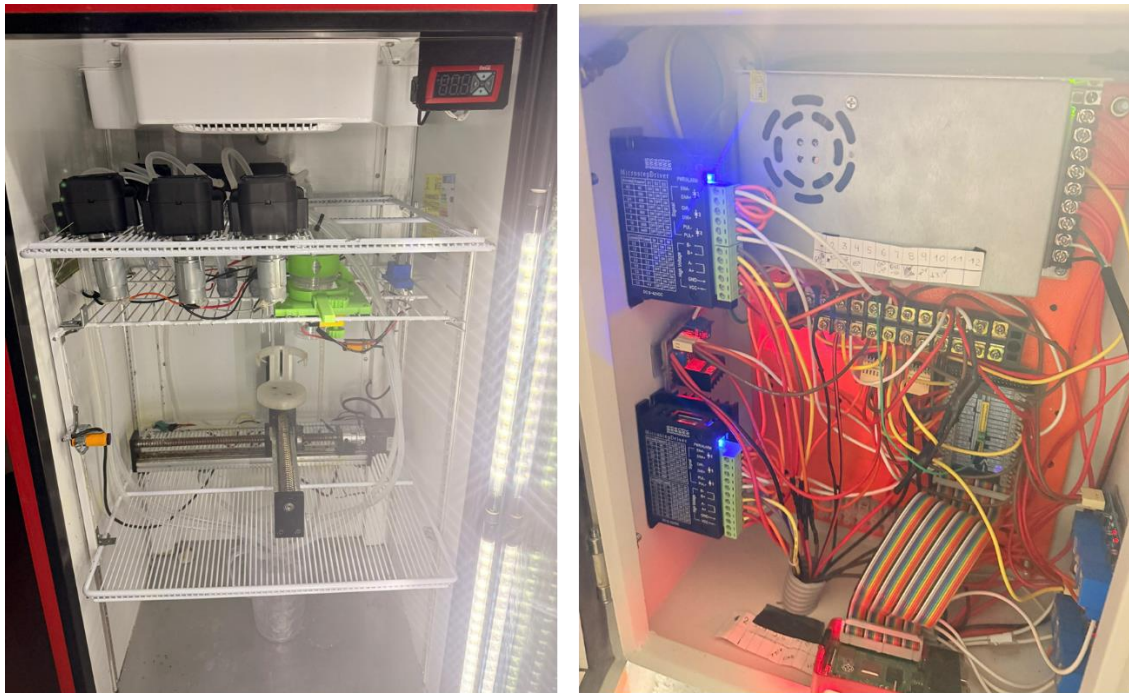
sistema gestione los insumos y prepare las bebidas de forma más eficiente. Esta automatización no solo optimiza la velocidad y precisión en la producción, sino que también reduce el margen de error humano, mejorando así la calidad del servicio.

Este enfoque integrado es clave para el diseño del sistema embebido, que actúa como el cerebro de todo el proceso. Desde la toma de órdenes hasta la dispensación final, el sistema embebido coordina la interacción entre el software de control y los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. Los sensores juegan un papel fundamental aquí, ya que aseguran que cada paso del proceso se ejecute en el momento adecuado y con las condiciones correctas, como la detección precisa de la presencia del vaso o si la bebida ya fue recogida.

La elección de cada componente está orientado a obtener una precisión y rapidez adecuada en la preparación de la bebida. El tiempo de producción se obtendrá a partir de la programación del tiempo de dispensación de las bombas peristálticas y el tiempo de ejecución del actuador lineal a partir de su desplazamiento. Complementariamente el tiempo de preparación será cronometrado para verificar que se cumple con el tiempo de preparación requerido para el objetivo del presente proyecto.

## Figura 6

### Implementación física



(a)

(b)

Nota. Implementación de la máquina: (a) Implementación mecánica, (b) Implementación eléctrica y electrónica.

En la Figura 6 se puede apreciar la implementación mecánica, eléctrica y electrónica, donde junto con la integración de todos los procesos mencionados permitirán alcanzar una producción eficiente y ágil desde la toma de órdenes hasta la entrega del producto final. A través del diseño del sistema embebido, se optimizará el tiempo de producción, facilitando una respuesta rápida a las solicitudes de los usuarios. Este enfoque no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también potenciará la experiencia del cliente al ofrecer un servicio más dinámico y personalizado. Con esta implementación, se anticipa que el sistema logrará una notable reducción en los tiempos de espera, asegurando que cada orden se maneje de manera precisa y expedita, reflejando un avance significativo en la gestión de servicios de bebidas.

#### 3.1.1.1 Toma de orden

El proceso de toma de orden se convierte en el eje central que conecta las necesidades del usuario con la producción en la máquina. El proceso de toma de orden se administra mediante una gestión de pedidos que comienza de manera amigable y sencilla desde la aplicación móvil, donde el usuario, mediante una interfaz clara e intuitiva, elige

su bebida preferida con solo unos toques en la pantalla. Luego de confirmar el pago, el sistema organiza el pedido, esperando el turno del cliente para iniciar la preparación.

Cuando es el momento de ser atendido, la aplicación genera automáticamente un código QR, el cual aparece en el dispositivo móvil del usuario. Al llegar frente a la máquina, el cliente solo necesita escanear ese código para validar su pedido, lo que da paso inmediato a la preparación de su bebida.

Este flujo no solo agiliza el servicio, reduciendo el tiempo de espera, sino que también asegura que cada orden esté personalizada y correctamente validada. El Raspberry Pi 4B, como cerebro del sistema, coordina cada detalle, desde la validación del pedido hasta el control de los mecanismos de la máquina, garantizando precisión en cada paso del proceso. La interacción entre la aplicación móvil y el sistema embebido permite que todo ocurra de manera fluida y sin interrupciones, ofreciendo una experiencia cómoda, rápida y adaptada a las expectativas del usuario.

#### **3.1.1.2 Dispensación de vasos**

El proceso de dispensación de vasos se realiza de manera eficiente y fluida gracias a un modelo diseñado e impreso en 3D que facilita la entrega de vasos y agiliza el servicio, permitiendo que los clientes reciban sus bebidas de forma más rápida. El dispensador asegura que siempre haya un vaso listo para ser utilizado, eliminando esperas innecesarias y ayudando a los bartenders a atender a más clientes en menos tiempo.

Además, el diseño del dispensador ayuda a mantener la higiene y la seguridad. Al minimizar el contacto directo con los vasos, se reduce el riesgo de contaminación, lo que es esencial en un entorno donde la limpieza es fundamental. También se previenen derrames accidentales, garantizando que cada vaso se dispense de manera controlada y precisa, lo que mejora la experiencia general del cliente.

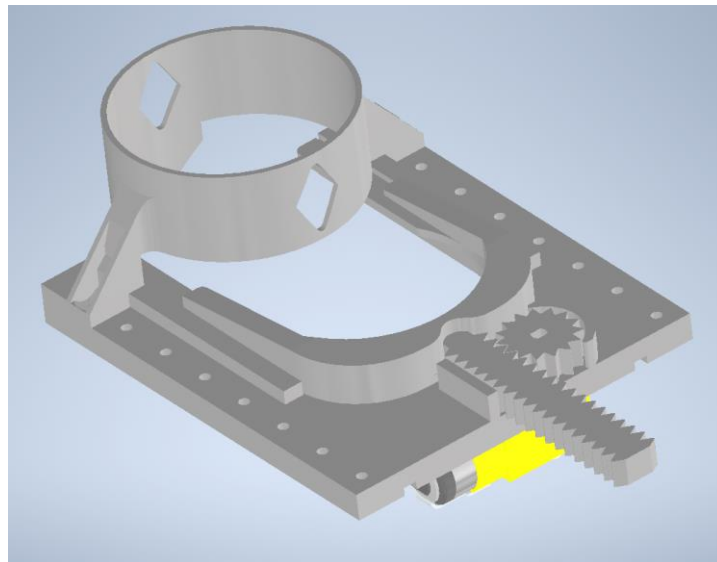
Otro aspecto positivo del dispensador es su capacidad para optimizar el espacio. Su diseño compacto permite integrarlo en áreas reducidas, mejorando la organización y permitiendo un acceso fácil y rápido a los vasos necesarios. En resumen, el dispensador de vasos no solo facilita un servicio eficiente, sino que también aporta valor en términos de higiene, seguridad y gestión del espacio, haciendo que el proceso de dispensación sea más efectivo y agradable para todos.

El funcionamiento del dispensador se basa en un mecanismo preciso que utiliza una regla con dientes y un engranaje para mover el separador de vasos. El motor reductor, alimentado con 5V y controlado por un módulo L928n, proporciona el impulso necesario para operar el sistema. La regla con dientes se desliza a través del engranaje, impulsando al separador de vasos para liberar uno de los vasos en el soporte. Una vez que el separador de vasos ha realizado su función, el motor cambia de dirección, permitiendo que el vaso se deslice suavemente hacia una zona más amplia al final de su recorrido y el vaso separado caiga hacia la base que lo recepcionará.

La Figura 7 se muestra el diseño del dispensador de vasos y su ensamblaje.

### **Figura 7**

*Modelo 3D del dispensador de vasos a utilizar*



#### **3.1.1.3 Dispensación de líquidos**

El proceso de dispensación de líquidos en la máquina dispensadora automatizada de bebidas de licor saborizadas se caracteriza por su alta eficiencia y precisión, aspectos esenciales para reducir los tiempos de preparación y optimizar la experiencia del usuario. El proyecto cuenta con el uso de seis bombas peristálticas, las cuales están divididas en pares en tres estaciones. Esto permite que se activen de dos en dos, haciendo que el vaso recorra cada estación para llenarse según la selección de bebida del usuario. Además, se ha elegido bombas cuyo caudal es proporcionalmente cercano a media onza y, que, a su vez, sea lo suficientemente rápida para dosificar sin salpicar el líquido en 20 segundos como máximo, lo que lo hace ideal para el proyecto.

Las bombas peristálticas juegan un papel fundamental en este proceso, garantizando un manejo controlado y limpio de los ingredientes líquidos. Este tipo de bomba, que funciona mediante la compresión y descompresión de un tubo flexible, permite generar un flujo constante y preciso, lo que es crucial para la dosificación exacta de cada componente de la bebida. La rapidez en la dispensación de líquidos se traduce en un servicio más ágil y efectivo, minimizando los tiempos de espera para los usuarios.

La activación de las bombas en pares no solo mejora la eficiencia, sino que también asegura que cada bebida se prepare con la cantidad exacta de ingredientes, manteniendo la calidad y el sabor deseado. Además, el diseño de las bombas peristálticas asegura que no haya contacto directo entre los líquidos y los componentes internos de la bomba, lo que disminuye significativamente el riesgo de contaminación cruzada. Esto es especialmente importante en la industria de alimentos y bebidas, donde la seguridad y la higiene son prioridades.

La versatilidad de las bombas peristálticas también les permite manejar una amplia variedad de líquidos, desde bebidas alcohólicas hasta ingredientes más viscosos, adaptándose a las diversas recetas requeridas por los usuarios. El uso de las bombas peristálticas Kamoer KPHM900-HB-B24, con su motor de 12 VDC y un caudal de 15 ml/s, representa una solución ideal para el proyecto, asegurando que el flujo de cada ingrediente sea controlado de manera precisa. Esto se logra a través de un sistema de control que utiliza módulos de relé y el Raspberry Pi para activar las bombas, optimizando la gestión de los tiempos de preparación y garantizando un servicio de calidad. Así, la combinación de tecnología y diseño en la dispensación de líquidos no solo mejora la eficiencia del servicio, sino que también proporciona una experiencia de usuario superior, alineada con las expectativas del mercado actual.

La Figura 8 se muestra la bomba peristáltica seleccionada para el proyecto.

## Figura 8

### *Bomba peristáltica*



Nota. Exhibición de una bomba peristáltica Kamoer. Tomada de Amazon [imagen], s.f., <http://bit.ly/3U4C0gY>

#### **3.1.1.4 Entrega del producto final**

La entrega del producto en el sistema de dispensación de bebidas es un proceso altamente optimizado que comienza con el correcto posicionamiento del vaso en el portavasos, el cual es movilizado por un actuador lineal de dos grados de libertad. Este actuador está diseñado para facilitar el desplazamiento preciso del vaso desde el punto de dispensación hasta la estación de entrega, donde el usuario recoge su pedido. El proceso se inicia cuando un sensor de proximidad detecta que el vaso ha sido dispensado correctamente, lo que activa el desplazamiento del portavasos en la dirección del eje X. El actuador lineal realiza este movimiento guiado por la configuración de pasos por segundo y la dosificación de líquidos, calculando con precisión el tiempo necesario para avanzar la distancia predefinida.

A medida que el actuador se desplaza por las diferentes estaciones, su diseño permite que cada movimiento sea exacto, lo que es esencial para mantener la eficiencia en la producción. Este desplazamiento se coordina cuidadosamente, garantizando que el vaso llegue a la estación de despacho en el momento adecuado. Una vez que el portavasos alcanza la zona de entrega, el usuario puede recoger su bebida. Al finalizar la recogida, un sensor de proximidad confirma que el vaso ha sido retirado, permitiendo que el actuador regrese a su posición inicial para esperar el siguiente pedido.

El actuador lineal, compuesto por dos actuadores SFU1605 y guías MGN12, se destaca por su capacidad para realizar movimientos lineales precisos en los ejes X e Y. Su construcción incluye un motor paso a paso NEMA 23, que no solo proporciona un control exacto del movimiento, sino que también permite una transmisión eficiente de la fuerza a través de un acople de quijada al husillo de bolas. Este sistema asegura que el movimiento rotacional del motor se convierta en un desplazamiento lineal efectivo, lo que resulta en un transporte confiable del vaso.

Además, el sistema cuenta con sensores de final de carrera que mantienen calibrado el desplazamiento del actuador lineal en todo momento. Estos sensores garantizan que el actuador no sobrepase sus límites de movimiento, protegiendo así el mecanismo y asegurando que el vaso siempre se coloque en la posición correcta. Esta característica adicional no solo contribuye a la precisión del sistema, sino que también mejora la seguridad operativa al prevenir posibles daños por desplazamientos incorrectos.

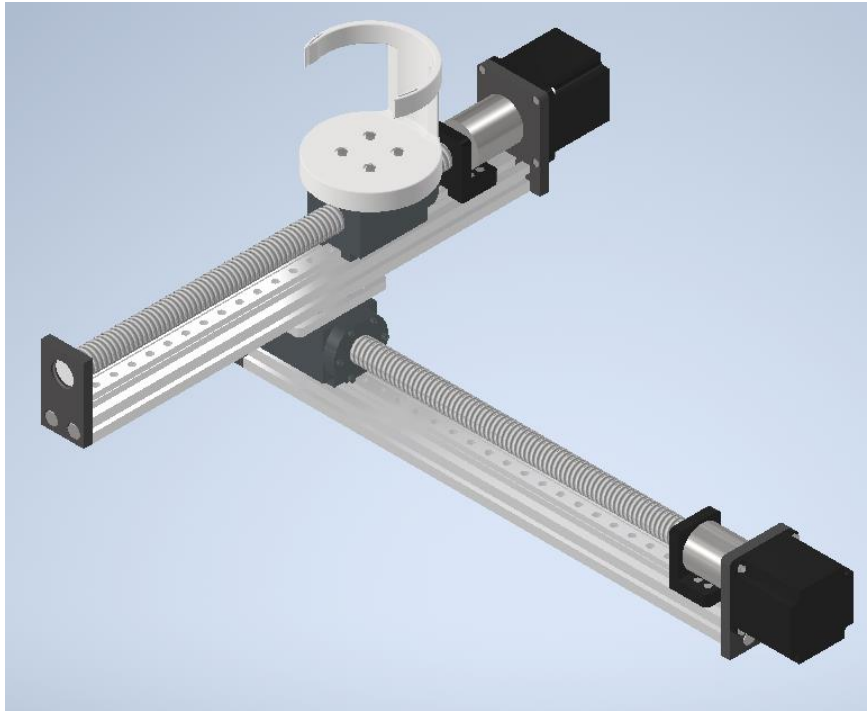
Las dimensiones del actuador, junto con su capacidad para soportar cargas de hasta 30 kg y alcanzar velocidades de hasta 140 mm/s, garantizan que se pueda manejar eficientemente cualquier requerimiento del proceso de dispensación. Esto, combinado con un portavasos impreso en 3D que asegura la estabilidad del vaso durante el transporte, contribuye a una operación ordenada y rápida, reduciendo los tiempos de espera del usuario.

El uso de un actuador lineal con estas características no solo mejora la precisión en la entrega del producto, sino que también optimiza el flujo de trabajo en el sistema de dispensación. La rapidez y la exactitud en el desplazamiento del vaso son cruciales para minimizar los tiempos de producción y garantizar que el usuario reciba su pedido de manera eficiente. Además, el diseño del actuador permite un mantenimiento sencillo y una alta durabilidad, haciendo de este sistema una solución ideal para ambientes de alta demanda, donde la velocidad y la precisión son esenciales para una experiencia de usuario satisfactoria. En resumen, la implementación del actuador lineal en este proyecto asegura una entrega de producto final rápida, precisa y confiable, mejorando la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

La Figura 9 muestra el diseño del actuador de 2 grados de libertad y su ensamblaje.

**Figura 9**

*Actuador lineal de 2 grados de libertad*



### **3.1.2 Implementación de un sistema automatizado de dosificación para mejorar la eficiencia en la producción**

Para asegurar un uso eficiente de los insumos y minimizar el desperdicio, es fundamental que el sistema de dosificación sea preciso y automatizado. Esta precisión se logra mediante el uso de recetas predefinidas que manejan las cantidades exactas necesarias para cada bebida, logrando así una experiencia de servicio confiable y optimizada. En este sentido, se emplea un control off basado en el tiempo de operación, ajustado al volumen de líquido requerido para cada receta.

Las bombas peristálticas Kamoer seleccionadas son clave para alcanzar este nivel de precisión en la dispensación de los ingredientes. Estas bombas, con una capacidad nominal de 900 ml por minuto (equivalente a 15 ml por segundo), representan una opción óptima. Sin embargo, se anticipa que el caudal real será un poco menor debido a la configuración del sistema: una manguera de entrada de 90 cm transporta el líquido en contra de la gravedad desde los contenedores hasta la parte superior de la bomba, y el líquido debe descender 0.3 metros a través de la manguera de salida, lo cual causa una ligera pérdida de flujo, representada en la Ecuación 1.

## **Ecuación 1**

*Caudal de salida*

$$Caudal_{salida} = Caudal_{entrada} - Caudal_{pérdida}$$

Donde:

Los caudales están dados en mililitros por segundo (ml/s)

Para este proyecto, se ha seleccionado un vaso con una capacidad de 300 ml, pero para evitar cualquier desbordamiento se ha definido un volumen de llenado máximo de 210 ml, equivalente al 70% de la capacidad del vaso, con un margen de error permitido de 10 ml. Para garantizar la eficacia del sistema, es esencial que la pérdida de caudal no exceda los 5 ml/s. Con un caudal mínimo de salida de 10 ml/s, se asegura que el proceso de llenado de cada vaso se complete en un máximo de 21 segundos.

Para cubrir la variedad de insumos necesarios, se emplea una bomba peristáltica distinta para cada uno de los seis ingredientes, que se agrupan en pares colocados a una distancia de 6 cm entre sí. Tres de estas mangueras están dedicadas a licores y las otras tres a bebidas saborizadas, permitiendo que cada insumo se dosifique de manera independiente y sin interferencia. La dosificación se realiza a través de recetas predefinidas que el usuario puede seleccionar mediante una interfaz, ofreciendo una experiencia personalizada y precisa. Estas recetas son controladas por un tiempo de operación que ajusta la dosis de acuerdo con el flujo de salida activo, como se detalla en la Ecuación 2. Este sistema permite que la máquina dosifique con exactitud cada ingrediente según la receta elegida, optimizando el uso de insumos y evitando el desperdicio, lo cual resulta fundamental para brindar un servicio ágil y ordenado.

## **Ecuación 2**

*Tiempo de operación*

$$Tiempo\ de\ operación\ (s) = \frac{Dosis\ (ml)}{Caudal\ (\frac{ml}{s})}$$

Donde:

El tiempo de operación está en segundos (s), las dosis están en mililitros (ml) y el caudal en mililitros por segundo (ml/s)

En la Tabla 1, se presenta una receta para preparar 210 ml, detallando la distribución de los ingredientes en dosis y calculando el tiempo de operación con un caudal de salida ideal de 15 ml/s.

**Tabla 1**

*Propuesta de la dosificación de insumos de una receta*

Receta	Proporción de insumos				Tiempo en estación (s)
	Insumos	Cantidad (ml)	Par de boquillas	Tiempo (s)	
1	Licor 1	10	1 y 2	0.7	0.7
	Licor 2	10		0.7	
	Licor 3	0	3 y 4	0.0	8.3
	Bebida 1	130		8.3	
	Bebida 2	60		4.0	
	Bebida 3	0	5 y 6	0.0	4.0

Como se pudo apreciar en la Tabla 1, las recetas no solo nos permiten ajustar las raciones de cada insumo de manera precisa, sino que también nos permite saber cuánto licor va a tener cada bebida al final a través de la Ecuación 3.

### **Ecuación 3**

*Porcentaje de alcohol en la bebida final*

$$\% \text{ alcohol final} = \frac{\% \text{ Volumen de alcohol de licor} \times \text{Volumen total de licor (ml)}}{\text{Volumen total de la bebida (ml)}}$$

Donde:

Los volúmenes totales de licor y de la bebida están en mililitros (ml).

En base a esta proporción se puede calcular el grado de alcohol que va a tener la bebida y a su vez ajustarse de ser necesario. Si tomamos en base que los licores a emplear tienen un 40% de volumen de alcohol y la receta 1 tiene 20ml de licor para una bebida final de 210ml, se puede calcular mediante la Ecuación 3 que la receta 1 tiene un porcentaje de alcohol de 9.5% en dosificación ideal.

Las dosis se ajustarán proporcionalmente al caudal real después de tener en cuenta las pérdidas, y los tiempos de operación se definirán en función de estas dosis ajustadas. Los resultados de la dosificación y la mezcla total se evaluarán en función de las variables de cantidad y tiempo, pesándolas mediante una balanza para determinar la eficacia del sistema y si cumplen con el rango aceptable de dosificación menor al 5% de error.

### **3.1.3 Diseño de una interfaz visual intuitiva para facilitar la gestión de pedidos**

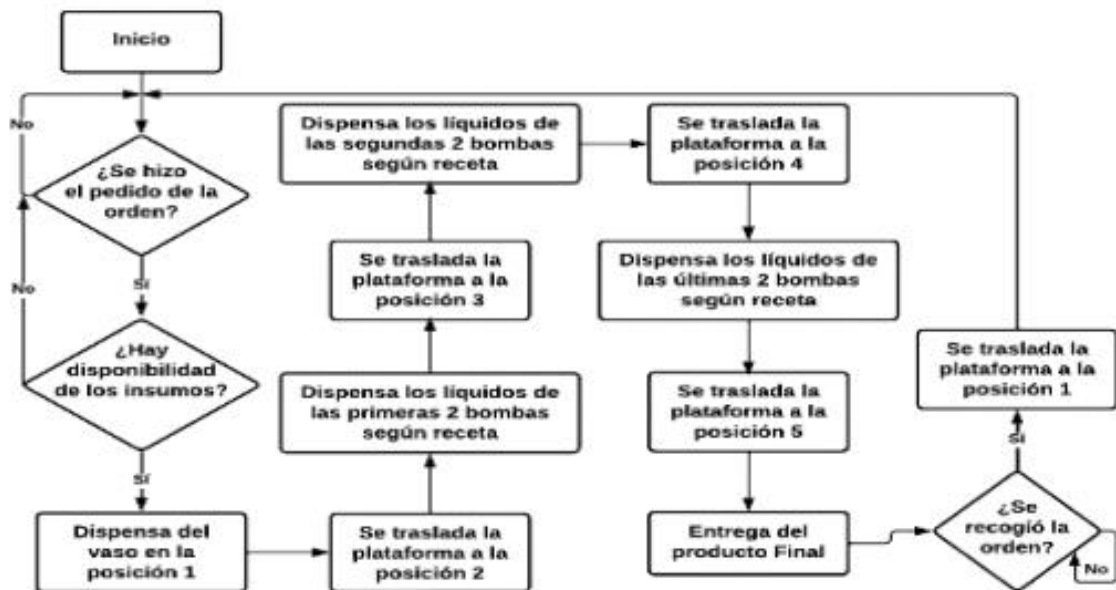
La interfaz visual de la máquina dispensadora de bebidas fue diseñada para ser intuitiva y accesible, con el fin de facilitar tanto la experiencia del usuario como la gestión operativa del sistema. Mediante el uso de Android Studio, se desarrolló una aplicación móvil amigable e interactiva, permitiendo a los usuarios seleccionar bebidas, seguir el progreso de la preparación y recibir retroalimentación en tiempo real. Esta interfaz no solo mejora la experiencia de compra, sino que agiliza el flujo de operaciones al optimizar la selección de opciones y la visualización del estado de la máquina.

El software en el Raspberry Pi, programado en Python con Thonny, establece la conexión entre el hardware y la interfaz móvil. La interacción entre ambos componentes es clave para coordinar cada etapa de la producción de la bebida, y para ello se han configurado cuidadosamente los pines GPIO. Estos pines, manejados mediante la biblioteca GPIO, permiten controlar y monitorear motores, bombas peristálticas y sensores, asegurando una comunicación precisa entre el software y los componentes físicos de la máquina.

Para supervisar el funcionamiento y realizar ajustes en tiempo real, se incorporó además una interfaz de operador. Desde aquí, el personal puede calibrar la máquina, sincronizar los tiempos de producción y monitorear incidentes. Este diseño contribuye a una operación fluida y controlada, garantizando un rendimiento óptimo de la máquina en todo momento.

Figura 10

Algoritmo de acción



La Figura 10 ilustra el flujo de trabajo del sistema, desde la interacción inicial del usuario hasta la entrega final de la bebida. En este diagrama se aprecia cómo cada decisión y etapa del proceso están integradas, proporcionando una visión general de la lógica del software y de la estructura diseñada para responder de manera eficiente a cada orden y solicitud.

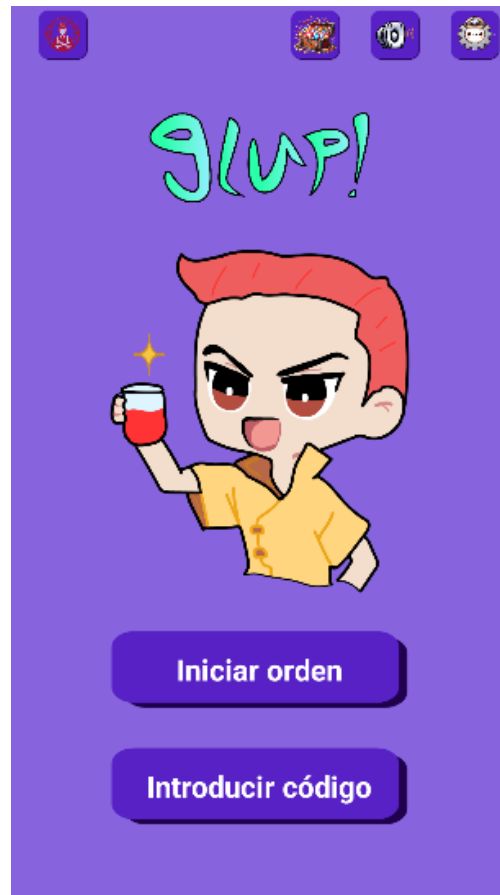
La interfaz visual propuesta tiene como objetivo simplificar varios aspectos del proceso de gestión de pedidos, abarcando desde la toma de órdenes y el procedimiento de caja hasta la preparación de las bebidas, todo dentro de un entorno intuitivo y fácil de usar. Esta herramienta busca mejorar significativamente la experiencia del usuario, y para evaluar su efectividad, se llevará a cabo una encuesta entre 30 personas que probarán la aplicación móvil.

### 3.1.3.1 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario se desarrolla en Android Studio y está organizada mediante layouts que representan distintas páginas, cada una con una función específica para facilitar el proceso de pedido. Esta interfaz permite al usuario seleccionar y gestionar su orden, proporcionando al programa principal el número de receta elegida y utilizando dosis almacenadas para coordinar el flujo de la bebida.

**Figura 11**

*Pantalla de inicio*



En la Figura 11 se muestra la interfaz inicia en un layout de pantalla de inicio, donde se visualiza el logotipo de la marca junto a dos botones principales: "Iniciar orden" e "Introducir código". Este último permite a los usuarios retomar el proceso de pedido en caso de haber cerrado la aplicación antes de iniciar la preparación de la bebida. Un botón adicional, "Avanzado", en la esquina superior izquierda, que da acceso a opciones de configuración para el operador.

Figura 12

Proceso de orden



Nota. Diferentes layouts de la interface de orden del usuario: (a) Selección de bebida, (b) Resumen de orden y pago, (c) Espera e inicio de despacho.

Al presionar "Iniciar orden", se muestra el layout de "Selección de pedido" con una lista deslizable de bebidas como se ve en la Figura 12(a), cada una acompañada de una imagen, el nombre del coctel y debajo el precio del mismo. Cuando selecciones una bebida, se abrirá una ventana emergente donde se mostrarán más detalles de la bebida y la opción para cancelar o preparar. El usuario, al decidirse, para seguir con su orden y proceder al layout de resumen de pedido deberá pulsar el botón "Preparar".

Al abrir el layout de resumen de orden que incluye el coctel elegido y su precio, además habrá un campo obligatorio donde se debe introducir el correo donde se enviará el código de la orden como muestra la Figura 12(b). Al pulsar en "Pagar" se abre una ventana emergente con una advertencia al usuario de que verifique su correo porque ahí se le enviará la boleta digital y el código de su pedido. Asimismo, de estar todo bien debe pulsar en "Continuar"

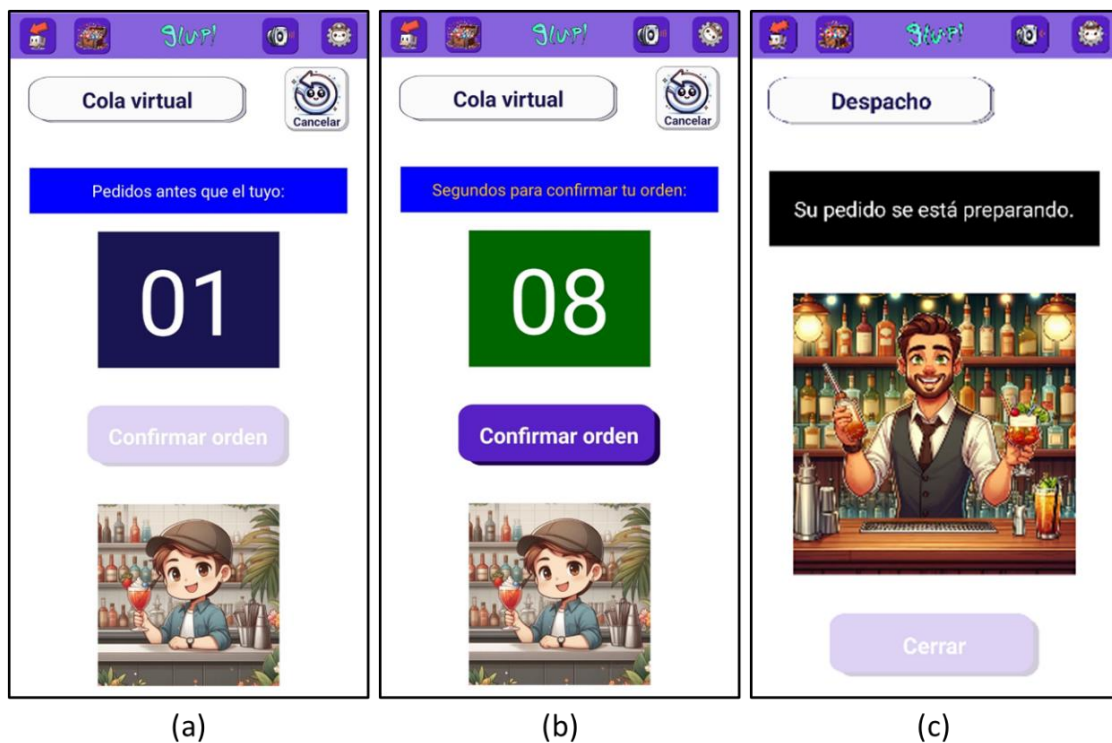
Tras validar el pago, el sistema envía un código de pedido al correo proporcionado junto con la constancia del pago. En caso de cerrar la aplicación, el usuario puede

introducir este código en el botón “Continuar orden” en el layout de la pantalla de inicio para reactivar el proceso de entrega.

En la Figura 12(c) se muestra el layout de Sala de espera donde se indica al usuario a qué correo se ha enviado la constancia, el código de orden y las indicaciones para proceder al despacho de su orden,

**Figura 13**

*Proceso de despacho*



Nota. Diferentes layouts de la interface de despacho de la bebida: (a) Turno en la cola virtual, (b) Confirmar cola virtual, (c) Despacho.

En la Figura 13(a) se muestra el layout de cola virtual, donde se proyecta el número de atención en la cola virtual y cuántos pedidos restan antes del turno del usuario. Al llegar su turno, se desbloquea el botón “Confirmar orden” como se muestra en la Figura 13(b). Este botón activa la cámara para escanear el código QR del display de la máquina. Esto permite confirmar la presencia del usuario. Si no se verifica el QR en el tiempo indicado, el usuario regresa a la pantalla de inicio donde puede volver a ingresar a su pedido por medio de su código de orden.

Tras validar el QR, el sistema confirma que el usuario está presente y da inicio a la preparación de la bebida. El layout de preparación y notificación que se observa en la Figura 13(c) muestra que su bebida se está preparando o que está lista para el recojo.

Asimismo, el usuario tiene 30 segundos para recoger su pedido una vez esté listo. Si no lo hace, el sistema notifica al operador para recogerlo. En caso de que el usuario intente usar el código después de este tiempo, la aplicación le indica, mediante una ventana emergente que debe recoger el pedido en la barra. Además, si un usuario intenta nuevamente introducir un código ya utilizado, una notificación le informa que el pedido ya fue recogido

Finalmente, tras recoger su pedido, el sistema redirige al usuario al layout de pantalla de inicio, quedando listo para iniciar un nuevo pedido si así lo desea.

### **3.1.3.2 Interfaz de operador**

La interfaz del operador proporciona un entorno seguro y controlado, diseñado para que el personal autorizado pueda monitorear y ajustar las configuraciones de la máquina dispensadora. Facilita la gestión de insumos, el monitoreo del estado de la máquina y la edición de recetas, asegurando que el sistema esté completamente preparado y operativo para atender las órdenes de los usuarios.

La interfaz del operador es accesible desde la página principal al seleccionar la opción "Avanzado". Para garantizar la seguridad y evitar manipulaciones no autorizadas, se requiere que el operador ingrese su nombre de usuario y contraseña. Una vez dentro, la interfaz se organiza en cuatro secciones claramente definidas en una sola página, tal como se ilustra en la Figura 14.

**Figura 14**

*Layout del modo operador*



En la primera sección, el operador tiene a su disposición un sistema de monitoreo de los contenedores de insumos. Aquí, puede registrar la cantidad de cada insumo disponible en la máquina, con un límite máximo de 5000 ml. Si el operador intenta ingresar una cantidad que excede este límite, la máquina mostrará una advertencia para evitar errores. Para cada insumo, se proporciona un campo de entrada y un botón de guardar que permite almacenar la cantidad ingresada. Además, se visualiza en un display la cantidad restante de cada insumo, la cual disminuirá automáticamente cada vez que se complete una orden. También se incluyen botones para indicar si el insumo es líquido gasificado o no gasificado.

La segunda sección, ubicada justo debajo de la anterior, se dedica al monitoreo del estado de la máquina. Mediante displays, se presentan cuatro indicadores clave: la disponibilidad de vasos, la disponibilidad de insumos, posibles incidentes relacionados con la caída de vasos y órdenes no entregadas. Cuando todo está en correcto funcionamiento, se muestra un estado "OK" en verde. En caso de que ocurra algún incidente, este se visualizará en rojo, junto con el código "HF" o el contador de estado correspondiente.

La tercera sección, situada a la izquierda y debajo de la sección de estado, está destinada al editor de recetas. Este espacio ha sido diseñado para que un bartender o técnico pueda ajustar las dosis de las diferentes recetas. Es importante destacar que se muestra una advertencia indicando que esta función debe ser utilizada únicamente por personal especializado, para prevenir modificaciones incorrectas que podrían afectar el funcionamiento de la máquina.

Finalmente, en la última sección, ubicada a la derecha de la anterior, se encuentra la opción de puesta en marcha. Aquí, el operador puede calibrar la máquina para que los insumos y la maquinaria se preparen para su primera operación. Si el monitor de estado indica que todo está en orden, el operador podrá comenzar a procesar las órdenes de los usuarios.

Adicionalmente, se han incluido dos botones que permiten alternar entre el modo lector y el modo operador. En el modo lector, todos los botones se encuentran bloqueados, mostrando únicamente los displays, mientras que en el modo operador, se desbloquean para facilitar el uso. Al final de la página, también se encuentra un botón de "Cerrar sesión", que permite al operador salir de la interfaz de manera segura.

## **3.2 Resultados Obtenidos**

Los resultados obtenidos en este proyecto destacan una relación cercana con tres aspectos fundamentales: el tiempo requerido para preparar la bebida mediante el sistema embebido, la consistencia en la dosificación gracias a una gestión de insumos, y la experiencia del usuario en el proceso de servicio proporcionada por una interfaz interactiva.

### **3.2.1 Tiempo de preparación**

El sistema embebido ha logrado una notable mejora en la eficiencia de la preparación de bebidas, optimizando cada una de las fases del proceso.

**Tabla 2***Tiempos de producción por etapa*

<b>Etapa</b>	<b>Duración en segundos</b>
<b>Preparación de la bebida</b>	
Desplazamiento de la posición 01 a la posición 02	3.0
Dosificación de la estación 01	7.0
Margen de espera	3.0
Desplazamiento de la posición 02 a la posición 03	2.0
Dosificación de la estación 02	7.0
Margen de espera	3.0
Desplazamiento de la posición 03 a la posición 04	2.0
Dosificación de la estación 03	7.0
Margen de espera	3.0
Desplazamiento de la posición 04 a la posición 05	11.0
<b>Tiempo total de preparación</b>	<b>50.0</b>
<b>Reinicio de servicio</b>	
Margen de espera	2.0
Desplazamiento de la posición 05 a la posición 01	24.0
Dispensa de vaso	2.0
<b>Tiempo total para reinicio</b>	<b>28.0</b>

En la Tabla 2, se detallan los tiempos involucrados en las diferentes etapas de la preparación y el reinicio del servicio. Se ha considerado el tiempo máximo de dosificación, que se distribuye entre las tres estaciones, registrando un tiempo de 7 segundos en cada una. Estos resultados provienen de 30 pruebas realizadas con el sistema, lo que ha permitido establecer un tiempo de preparación de aproximadamente 50 segundos y un tiempo de reinicio de 28 segundos.

Los hallazgos revelan que el sistema embebido ha reducido el tiempo de preparación, que normalmente toma un barman unos 2 minutos, a solo 50 segundos. Si se suma el tiempo de reinicio del servicio, el tiempo total de producción se sitúa en 78 segundos. De este modo, el sistema no solo cumple con su objetivo de agilizar el proceso,

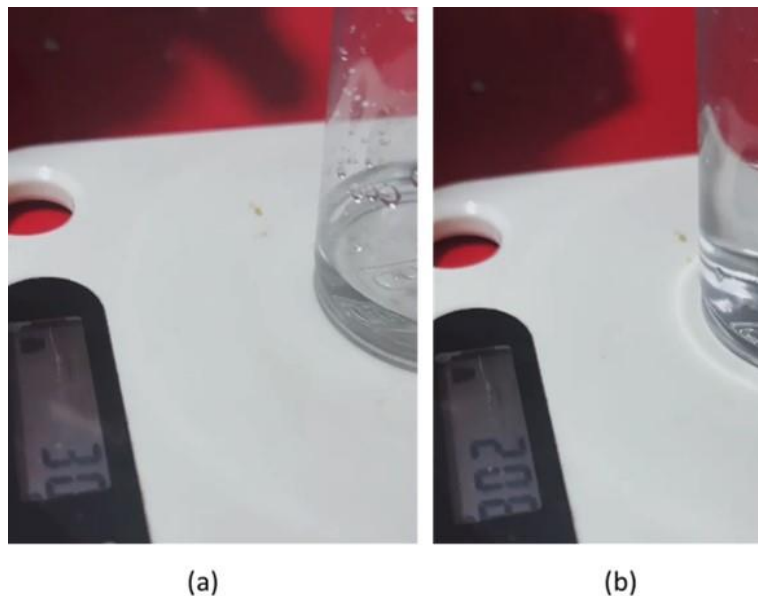
sino que también automatiza los tiempos de servicio, preparación y despacho, contribuyendo a una atención más rápida y eficiente para los clientes.

### 3.2.2 Dosificación

La adecuada gestión de insumos ha sido clave para lograr una mayor consistencia en la preparación de las bebidas. Al controlar de manera precisa las proporciones de cada insumo, especialmente del licor, se garantiza que las bebidas cumplan con las cantidades permitidas y esperadas. Este control no solo asegura el cumplimiento normativo, sino que también optimiza el uso de cada insumo, reduciendo considerablemente el desperdicio y evitando el derroche en cada dosis servida.

#### Figura 15

*Medición de dosis*



**Nota:** Dosis obtenidas por las bombas: (a) Dosis dispensada de 30 ml, coincidiendo con la dosis esperada de 30 ml, y (b) Medición de 208 ml en relación con una dosis esperada de 210 ml.

En la Figura 15(a), se presenta una dosis de 30 ml dispensada con una bomba peristáltica programada a un flujo de 12.6 ml/s, lo que se traduce en un tiempo de dispensación de 2.4 segundos. En la Figura 15(b), se muestra una dosis dispensada de 208 ml, también con el mismo flujo, en un tiempo de 16.7 segundos, lo que resulta en un error del 1% respecto a la dosis esperada de 210 ml.

A través de un total de 50 pruebas realizadas, se evidenció que el margen de error entre el líquido esperado y el dispensado es del 3%. Este resultado no solo demuestra que el sistema cumple con el objetivo de mantener un margen de error inferior al 5%, sino que también ayuda a minimizar las pérdidas de insumos. Esta reducción del desperdicio se traduce directamente en una mayor rentabilidad, ya que permite aprovechar al máximo los recursos y optimizar la eficiencia operativa.

La gestión de insumos en la dosificación asegura que cada bebida mantenga un nivel de calidad constante, lo que no solo reduce los costos operativos al evitar el uso excesivo de ingredientes, sino que también mejora la eficiencia de producción.

### 3.2.3 Proceso de servicio

La implementación de una interfaz visual ha transformado la experiencia del usuario en el proceso de servicio, proporcionando una herramienta interactiva y amigable. Esto se refleja en los resultados de una encuesta realizada a 30 personas que probaron la aplicación móvil diseñada. Los datos, presentados en la Figura 16, revelan que los encuestados encontraron la interfaz fácil de utilizar.

**Figura 16**

*Gráfica de evaluación de facilidad por los encuestados*

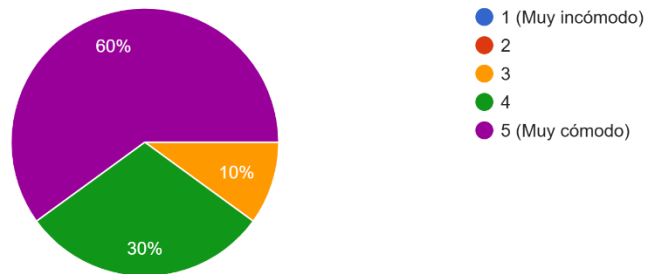


La Figura 17 ilustra el porcentaje de personas que consideran que solicitar su cóctel a través de la aplicación móvil sería más cómodo. Esto se debe a que tendrían acceso a información más detallada sobre las bebidas disponibles, lo que les permite evitar la congestión en la barra. Muchas veces, los clientes se sienten apurados e incómodos al tener que decidir qué pedir en el momento en que les toca el turno, lo cual puede generar una experiencia estresante.

## Figura 17

### Gráfica de evaluación de comodidad por los encuestados

¿Qué tan cómodo/a te sentiste al elegir tu bebida usando la nueva interfaz?  
30 respuestas

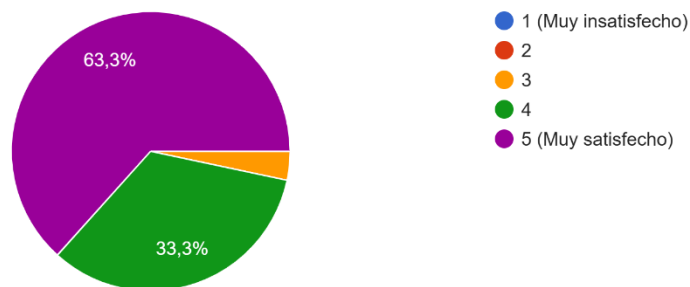


En la Figura 18, se muestra el porcentaje de encuestados que opinan que el uso de la aplicación les ofrecería mayor versatilidad al momento de pagar. Esto se debe a que integra métodos de pago más accesibles en el mercado actual, como billeteras digitales y opciones de pago en línea.

## Figura 18

### Gráfica de evaluación de satisfacción por los encuestados

¿Qué tan satisfecho/a estás con el proceso de pedido después de la implementación de la nueva interfaz?  
30 respuestas



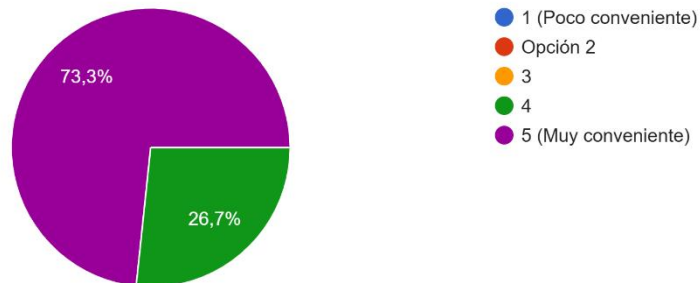
La Figura 19 resalta la conveniencia que brinda la aplicación al permitir a los usuarios saber cuándo pueden recoger su bebida sin tener que hacer fila. Este aspecto evita el amontonamiento de personas que suele formarse alrededor de la barra, lo que contribuye a una experiencia más fluida y placentera.

## Figura 19

### Gráfica de evaluación de conveniencia por los encuestados

¿Te resulta útil que la aplicación te avise cuándo recoger tu bebida?

30 respuestas



En resumen, la interacción con la interfaz visual ha resultado ser fácil y efectiva para los usuarios, brindándoles mayor comodidad al realizar sus pedidos, versatilidad en los métodos de pago y conveniencia al evitar aglomeraciones. Todo esto se traduce en una experiencia mejorada durante el servicio y una gestión de pedidos más eficiente, logrando una mayor satisfacción en el usuario.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El sistema embebido desarrollado ha logrado automatizar de manera eficiente la preparación de bebidas alcohólicas saborizadas. Gracias a la integración de transporte, dispensador de vasos y dosificación, el tiempo de entrega se reduce a solo 50 segundos, frente a los 2 minutos que tomaría un barman. Este avance marca una mejora considerable en la eficiencia operativa en la producción.
- Las bebidas producidas mediante este sistema son precisas y consistentes, con un margen de error del 3%. Esta exactitud no solo beneficia al cliente final, sino que también facilita un control exhaustivo del inventario, lo cual impacta positivamente en la rentabilidad del negocio.
- La aplicación móvil ha sido creada para simplificar los procesos de selección, orden, pago y entrega del producto. Su interfaz amigable y cómoda transforma la experiencia del usuario, posicionándose como una herramienta competitiva y organizada para hacer pedidos y recibir productos de forma rápida y eficiente.
- La gestión de pedidos en la máquina optimiza la producción durante picos de demanda. Gracias a su precisión y rapidez, los tiempos de espera se minimizan, contribuyendo a un servicio más ágil y organizado.
- Las encuestas realizadas muestran que la mayoría de los usuarios encuentran muy conveniente la gestión de pedidos propuesta. Esta optimización ha reducido los tiempos de espera y simplificado el proceso de pedido, lo cual ha resultado en un alto nivel de satisfacción en cuanto a la experiencia de uso y entrega de pedidos.

### 4.2 Recomendaciones

- Es importante que el tornillo sin fin del actuador lineal reciba una lubricación semanal con un agente antioxidante. Esto ayudará a evitar el desgaste, la oxidación y posibles atascos durante el transporte.
- Las mangueras deben limpiarse cada semana con agua y, al menos una vez al mes, con jabón líquido. Este mantenimiento regular evita la acumulación de residuos y agentes contaminantes y garantiza condiciones de higiene óptimas.
- Los contenedores destinados a los líquidos deben fabricarse con materiales adecuados, como el acero inoxidable, que aseguren la integridad y calidad de los líquidos. Este material evita la contaminación y prolonga la vida útil de los insumos almacenados.

## REFERENCIAS

- Amazon. (s.f.). *KPHM900-HB-B24 bomba peristáltica con cepillo dosificador para líquidos*. Obtenido de Amazon: <https://bit.ly/3U4C0gY>
- Angeline, N. V., Muthuramlingam, S., Ganesh, E. R., Pratheep, S. S., & Nishanthan, V. (2021). Medical IoT—Automatic medical dispensing machine (IoT médico: Máquina dispensadora automática de medicamentos). *En Lecture Notes in Electrical Engineering*, 749, 323-330. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-16-0289-4\\_24](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0289-4_24)
- Bizarro Bar. (s. f.). *Restobar Bizarro*. Recuperado el 30 de agosto de 2024, de <https://bit.ly/402ocHS>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (29 de agosto de 2023). *INACAL promueve estándares de calidad en la elaboración de los cócteles*. Gobierno del Perú. Obtenido de <https://bit.ly/3BDjaqZ>
- Naylamp Mechatronics. (s.f.). *Sensor de proximidad fotoeléctrico infrarrojo E18-D80NK NPN NO*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://bit.ly/4eBsVof>
- Organización Internacional de Normalización. (2020). *Dibujo técnico – Principios generales de representación* (Norma ISO No. 128:2020). <https://www.iso.org/standard/65296.html>
- ISO/ASTM International. (2023). *Fabricación aditiva – Principios generales – Terminología* (Norma ISO/ASTM No. 52900:2023). <https://www.astm.org/f3501-23.html>
- Comisión Electrotécnica Internacional. (2012). *Seguridad de aparatos electrodomésticos y análogos – Parte 2-75: Requisitos particulares para dispensadores comerciales* (Norma IEC No. 60335-2-75). <https://webstore.iec.ch/en/publication/61333>
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos – Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria* (Norma ISO No. 22000:2018). <https://www.iso.org/standard/65464.html>

- Comisión Electrotécnica Internacional. (2022). *Tableros de baja tensión y conjuntos de control de potencia* (Norma IEC No. 61439). <https://webstore.iec.ch/en/publication/66003>
- Comisión Electrotécnica Internacional. (n.d.). *Equipos de tecnología de la información – Seguridad – Parte 1: Requisitos generales* (Norma IEC No. 60950-1). <https://webstore.iec.ch/en/publication/4024>