

**DISEÑO DE UN DOSIFICADOR DE FÓRMULA DE BAJO COSTO PARA NUTRICIÓN  
INFANTIL**

**PRESENTADO POR**

**ALESSIO PALPATI CARVAJAL**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
INGENIERIA MECATRONICA**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MEDELLIN**

**2023**

**DISEÑO DE UN DOSIFICADOR DE FÓRMULA DE BAJO COSTO PARA NUTRICIÓN  
INFANTIL**

**PRESENTADO POR**

**ALESSIO PALPATI CARVAJAL**

**DIRECTORA**

**ANGIE JUDITH GUEVARA MUÑOZ  
MAGISTER EN GESTIÓN ENERGÉTICA INDUSTRIAL**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MEDELLIN  
2023**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>6</b>
<b>2. JUSTIFICACION</b> .....	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
<b>4. MARCO TEORICO</b> .....	<b>9</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
5.1 ANÁLISIS DE MERCADO.....	16
5.1.1 <i>Propiedades del dispensador de formula</i> .....	16
5.1.2 <i>Estudio de Mercado y Requisitos Técnicos para un Dosificador de Fórmula Infantil</i> .....	19
5.1.3 <i>Orígenes y Valoración de la Reputación</i> .....	23
5.1.4 <i>Productos Destacados</i> .....	24
5.1.5 <i>Enfoque en la Automatización</i> .....	26
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CLAVE .....	28
5.3 PARÁMETROS DE DISEÑO CLAVE .....	29
5.4 EDAD DE LOS INFANTES .....	31
5.5 DISEÑO VIRTUAL.....	33
5.5.1 <i>Diseño de elementos</i> .....	35
5.5.2 <i>Ensamblaje del modelado tridimensional</i> .....	37
5.5.3 <i>Renderizado del modelado tridimensional</i> .....	38
5.6 ANÁLISIS DE COSTOS.....	39
5.6.1 <i>Análisis de costos de fabricación</i> .....	40
5.6.2 <i>Análisis de costos de elementos electrónicos</i> .....	46
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
6.1 ANÁLISIS DE MERCADO .....	48
6.2 MODELO VIRTUAL.....	48
6.2.1 <i>Explosionado del diseño virtual</i> .....	50
6.2.2 <i>Diseño virtual del circuito electrónico</i> .....	52
6.3 COSTOS DE FABRICACIÓN.....	57
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ilustración de la cafetera Caféolette</i> .....	11
<i>Figura 2 Cafetera automática</i> .....	13
<i>Figura 3 Máquina dosificadora para bebés</i> .....	13
<i>Figura 4 Encuesta de tecnologías de la información y la comunicación en hogares colombianos</i> .....	21
<i>Figura 5 Producto de la marca BabyBrezza</i> .....	23
<i>Figura 6 Producto de la marca BabyEXO</i> .....	24
<i>Figura 7 Producto “Comida a un paso”, picador de comida</i> .....	25
<i>Figura 8 Producto “Hervidor de agua para fórmula”</i> .....	25
<i>Figura 9 Automatización en productos</i> .....	26
<i>Figura 10 Infografía de alimentación para infantes</i> .....	32
<i>Figura 11 Barra de herramientas de Inventor Autodesk</i> .....	34
<i>Figura 12 Vista lateral de los diferentes elementos de la dosificadora</i> .....	36
<i>Figura 13 Vista de los diferentes elementos de la dosificadora</i> .....	37
<i>Figura 14 Modelado 3D antes de renderizar</i> .....	38
<i>Figura 15 Modelado 3D despues de renderizar</i> .....	39
<i>Figura 16 Comparación de impresión 3D entre Resina y Filamento</i> .....	43
<i>Figura 17 Comparación de características de materiales para impresión 3D. Fuente: (Arrowti3d, 2023)</i> .....	44
<i>Figura 18 Resolución de impresión</i> .....	45
<i>Figura 19 Relleno del objeto</i> .....	45
<i>Figura 20 Vista general de la dosificadora</i> .....	50
<i>Figura 21 Explosionado del dosificador de fórmula para infantes</i> .....	51

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Encuesta sobre el uso de internet por zona geográfica en Colombia .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 Comparativa de precios de filamento en el mercado actual colombiano .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3 Comparativa de precios de resinas en el mercado actual colombiano .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4 Elementos electronicos.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 5 Analisis de costos de los elementos electronicos .....</i>	<i>58</i>

## 1. INTRODUCCION

Este proyecto se enfoca en el diseño de una máquina para la preparación de fórmulas para bebés. La fórmula de bebé es un sucedáneo artificial de la leche materna destinado a la alimentación de lactantes menores de 12 meses. Este proyecto pretende desarrollar un modelado virtual de materiales de bajo costo, con el objetivo de acomodarse a la necesidad del usuario que la requiera, teniendo en cuenta parámetros operativos y accesibilidad económica. Este enfoque busca hacer que esta tecnología sea socialmente viable y respetuosa con el medio ambiente, aprovechando técnicas como la impresión y modelado 3D.

El modelado 3D presenta una configuración mecánica y electrónica similar a las máquinas comerciales, lo que le permite cumplir con el mismo propósito que las alternativas tradicionales: mezclar la fórmula con agua para simplificar y agilizar el proceso para el usuario.

Para la construcción de este diseño, se ha optado por utilizar materiales de bajo costo en un 85% de su composición. Esto implica la incorporación de componentes fácilmente disponibles en el mercado y elementos producidos mediante impresión 3D.

Esta estrategia conlleva una reducción significativa en los costos de fabricación de un prototipo, minimizando así las preocupaciones acerca de posibles daños, reparaciones y pérdidas financieras sustanciales.

La metodología empleada para la realización de este proyecto incluye la consulta de fuentes bibliográficas y diversas fuentes de información. Esto ha permitido identificar las herramientas, parámetros y software actuales utilizados en la fabricación de máquinas similares. Cabe resaltar que este trabajo no solo tiene aplicaciones prácticas inmediatas, sino que también sirve como punto de partida para futuras investigaciones y expansiones en este campo.

## 2. JUSTIFICACION

En la actualidad, el desarrollo tecnológico ha adquirido una relevancia sin precedentes al revolucionar y agilizar las actividades diarias del ser humano. La innovación tecnológica ofrece soluciones vanguardistas que optimizan la eficiencia en una diversidad de campos, incluyendo la comunicación, la salud, la educación y la productividad laboral (Smith, 2020). A través de dispositivos inteligentes, aplicaciones y sistemas automatizados, se ha posibilitado el acceso instantáneo a información, diagnósticos médicos de alta precisión, modalidades de educación a distancia más fluidas y una simplificación de los procesos rutinarios, lo que se traduce en una óptima administración del tiempo y los recursos.

No obstante, en el panorama comercial actual, este tipo de sistemas conlleva un costo considerable, lo que representa un desafío en términos de accesibilidad para la mayoría de aquellos que requieren de estas herramientas.

Este proyecto surge de la necesidad de generar un diseño de máquina capaz de llevar a cabo la preparación de fórmulas alimenticias destinadas a bebés, el propósito central poner al alcance del público interesado una alternativa más asequible. Para lograr este cometido, se emplean materiales de bajo costo y un diseño de simplicidad ingeniosa, lo que culmina en una considerable disminución en los gastos de producción. Esta iniciativa adquiere una dimensión significativa en un entorno en el que los costos elevados y la limitación de opciones nacionales restringen el acceso a estas tecnologías; actualmente, la adquisición de estas máquinas se restringe en Colombia a productos importados, lo que a su vez dificulta su disponibilidad para las familias locales.

Adicionalmente, el notorio incremento en la demanda de suplementos alimenticios para bebés ha generado un contexto en el cual soluciones como la que aquí se propone adquieren un valor palpable en la cotidianidad de las familias de clase media en Colombia, brindando una perspectiva de utilidad tangible en los hogares tradicionales.

## 3. OBJETIVOS

### Objetivo General

Diseñar un prototipo virtual de un dosificador de fórmula infantil de bajo costo empleando software de modelación en 3D.

### Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de mercado que permita definir características técnicas y parámetros de diseño para un dosificador de fórmula para alimentación de infantes.
  
- Modelar y evaluar el sistema mecánico virtual de un dosificador de formula infantil.
  
- Realizar análisis de costos de fabricación para determinar si la alternativa si es de bajo costo.

#### 4. MARCO TEORICO

En el continuo avance de la tecnología, la humanidad ha sido testigo de notables transformaciones en la automatización de procesos cotidianos. Una de las áreas en las que esta evolución se ha manifestado de manera significativa es la preparación de bebidas y alimentos. Antes de profundizar en el estudio de las máquinas dosificadoras de leche alimenticia para bebés y su impacto en la vida moderna, es fundamental reconocer la importancia histórica de otro dispositivo ingenioso: las cafeteras.

Las cafeteras, conocidas por su función primaria de preparar una taza de café, han experimentado numerosos cambios a lo largo de los siglos. Desde sus humildes comienzos como simples filtros de tela en las cocinas de antaño hasta las máquinas de café totalmente automáticas, estas máquinas han sido un ejemplo emblemático de cómo la tecnología ha mejorado y simplificado la vida de las personas. La transición gradual de la preparación manual del café a la automatización completa ha servido como un hito en la historia de la innovación tecnológica, sentando las bases para la creación de dispositivos igualmente asombrosos, como las máquinas dosificadoras de alimento para bebés.

En este contexto, esta investigación no solo se tendrá presente el desarrollo y la utilidad de las dosificadoras de leche alimenticia para bebés, sino que también se remontará a los orígenes de la automatización en la cocina, rastreando la evolución de las cafeteras como antecedente directo. Esta interconexión histórica entre dispositivos diseñados para hacer más conveniente el proceso de preparación de alimentos y bebidas es una prueba de la constante búsqueda de la humanidad por simplificar y mejorar su calidad de vida mediante la tecnología.

Con esta perspectiva en mente, el presente trabajo investigativo examinará la trayectoria de las máquinas dosificadoras de leche alimenticia para bebés, demostrando cómo estas innovadoras creaciones se han convertido en un testimonio más de la capacidad humana para adaptarse y prosperar a través de la ingeniería y la automatización. A lo largo del

presente trabajo, se mencionarán los avances tecnológicos que han permitido que estas máquinas se conviertan en un recurso invaluable para los padres modernos, simplificando una tarea cotidiana con un enfoque en la salud y el bienestar de los más jóvenes de la sociedad.

A principios del siglo XIX, la historia culinaria se vio enriquecida por la contribución del ingeniero François Antoine Descroizilles, quien concebiría la primera cafetera de la que se tiene registro. Este dispositivo bautizado como "Caféolette", consistía en la adhesión de dos recipientes de estaño o cobre, conectados por una lámina metálica perforada, que operaba como filtro destinado al alojamiento del café molido. (Johnson, 2010)

A través de una mecánica simple se llevaba a cabo su funcionamiento, el líquido contenido en la porción superior fluía hacia la inferior por efecto de la gravedad, fusionándose con el café y, tras una breve exposición al calor, culminaba en la obtención del primer café infundido.

La invención de Descroizilles no solo marcó el punto de partida de una transformación en la preparación del café, sino que también sentó las bases de un legado gastronómico perdurable que ha resistido el paso del tiempo. Esta notable creación se presenta visualmente en la Figura 1 que se encuentra a continuación.

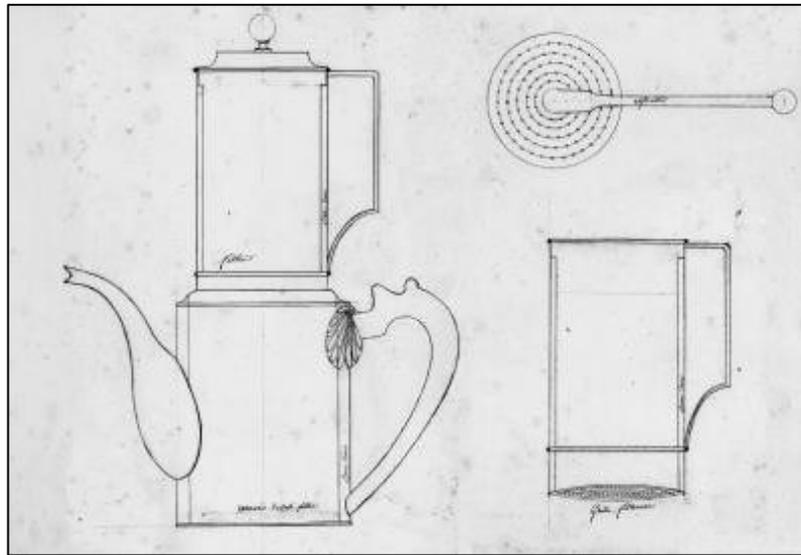


Figura 1. Ilustración de la cafetera Caféolette

Fuente: (Barrantes, 2017)

A partir de dicho acontecimiento, se desencadenó una serie de avances técnicos y mejoras en el diseño, dando lugar a la creación de nuevas máquinas diseñadas para la obtención de la infusionada bebida de café. Esta progresión se encuentra plasmada de manera elocuente en la línea de tiempo que se presenta en el siguiente apartado, donde se resaltan hitos con más relevancia significativa en la evolución de esta innovadora trayectoria:

Año 1798: Invento de la cafetera por goteo por Sir Benjamin Thompson (Thompson, 1798)

Año 1825: Invención de la cafetera Cona por el alemán Loeff, con dos globos de vidrio unidos (Loeff, 1825)

Año 1844: Invención de la cafetera siphon balancier por Louis Gabet, con recipientes adyacentes.

Año 1908: Invención de la cafetera de filtro de papel por la alemana Melitta Benz (Benz, 1908)

Año 1933: Perfeccionamiento de la cafetera de émbolo por el italiano Caliman, evitando la mezcla de posos con el café (Caliman, 1933)

Año 1948: Perfeccionamiento de la cafetera expreso por el italiano Achille Gaggia (Gaggia, 1948)

Año 1972: Introducción de la primera cafetera automática de filtro, combinando percolación e infusión con vapor mediante resistencias eléctricas (Innovations, 1972)

En el contexto actual, la intersección entre tecnología y cultura del café ha propiciado un espectacular avance en la facilidad y versatilidad de la preparación de esta popular bebida. Como ejemplificación de esta convergencia, se evidencian las modernas cafeteras automáticas y las innovadoras máquinas de cápsulas. Según datos del informe de mercado de Statista, se estima que el segmento de las cafeteras automáticas ha experimentado un crecimiento constante, con un aumento significativo en la adopción de estas máquinas que simplifican el proceso de preparación del café en el hogar. Además, las cafeteras de cápsulas, representadas por marcas como Nespresso y Keurig, han conquistado el mercado con su capacidad para producir una variedad de cafés con tan solo pulsar un botón. De acuerdo con estudios como los trabajos “*The impact of technology on coffee culture*” (Johnson R. S., 2020) y “*The rise of the coffee machine: A study of consumer preferences*” (Smith J. &, 2019) destacan cómo estas máquinas ofrecen comodidad y personalización, revolucionando así la forma en que las personas disfrutan del café.

En este sentido, la confluencia de tecnología y café en la época contemporánea ha generado un cambio de paradigma en la experiencia cafetera diaria, proporcionando opciones rápidas y personalizadas que se alinean con las demandas cambiantes de los consumidores modernos.



*Figura2Cafetera automática*

*Fuente: (Barrantes, 2022)*

A partir de lo anteriormente mencionado, se pueden encontrar en el mercado máquinas con el mismo tipo de funcionamiento que se denominan como "preparadores de biberones" o "dispensadores de leche en polvo", son dispositivos electrónicos que están diseñados para mezclar de manera automática y precisa la fórmula en polvo con la cantidad adecuada de agua, para preparar de forma rápida y conveniente los biberones para los bebés.



*Figura3Máquina dosificadora para bebés*

*Fuente: (Empresa BabyBrezza, 2023)*

De esta manera se puede afirmar que las máquinas de café tecnológicas han sentado las bases para el desarrollo de dispositivos similares, como los "preparadores de biberones", que ahora se encuentran disponibles en el mercado. Al igual que las cafeteras, estas máquinas tienen como finalidad lograr una mezcla automática y precisa de la fórmula en polvo junto con la cantidad exacta de agua. Este proceso, agilizado y preciso, garantiza una preparación rápida y sin complicaciones de los biberones para los bebés, destacando así el impacto de la tecnología en la simplificación de tareas cotidianas y la mejora de la eficiencia en el cuidado de los más pequeños.

Estas innovadoras soluciones tecnológicas han ganado prominencia en la década de 2010, revolucionando la forma en que los padres y cuidadores se enfrentan a la tarea de la alimentación infantil.

El desarrollo y la fabricación de este tipo de dispositivos han involucrado a varias empresas y fabricantes que han lanzado sus propias versiones de máquinas automáticas para preparar fórmula de alimento para bebés. Algunos de los fabricantes más conocidos incluyen marcas como BabyBrezza, Gerber, Tommee Tippee, BabyNes (Nestlé), quienes han desempeñado un papel integral en la popularización de esta tecnología.

En el contexto colombiano, Según datos recopilados por la Cámara de Comercio de Bogotá, se ha observado un incremento constante en la adopción de tecnologías avanzadas en el ámbito doméstico, con un aumento del 20% en la adquisición de electrodomésticos de última generación. No obstante, este tipo de tecnología ha desempeñado un papel significativo en la dinámica familiar de Colombia, brindando ventajas tangibles a una variedad de hogares. Según datos proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), aproximadamente el 40% de las familias colombianas pertenecen a la clase media, lo que indica un segmento amplio de la población que puede considerar viable la inversión en estas tecnologías de vanguardia.

Aun así, un estudio realizado por la Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (Fedesarrollo) sugiere que, si bien la adopción de tecnologías de café avanzadas está en aumento, todavía existe una brecha en las áreas rurales y comunidades de bajos recursos, donde el acceso a estas máquinas puede ser limitado por términos de acceso y recursos financieros.

## 5. METODOLOGÍA

Dentro de este capítulo, se especifica la metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo de grado, la cual se divide en tres etapas, cada una correspondiente a uno de los objetivos específicos planteados previamente. La primera etapa se enfocó en el análisis de mercado y la selección de componentes y tecnologías actuales para innovar en el diseño de un dispensador de fórmula para bebés. Además, se realizó un análisis bibliográfico exhaustivo para obtener información relevante sobre la construcción de dicho dispositivo, lo que incluye diferentes procesos y metodologías a emplear en el diseño.

La segunda etapa implica la creación de los diseños del dispensador de fórmula, basándonos en la información recopilada en la etapa anterior. En este proceso, se desarrollarán los sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos, siguiendo las especificaciones técnicas definidas en el análisis de mercado. En el diseño mecánico, utilizaremos herramientas de modelado 3D para crear una representación virtual detallada de los componentes del dosificador. Al mismo tiempo, se llevó a cabo el diseño electrónico y eléctrico, identificando los sensores y circuitos necesarios para garantizar su funcionamiento. Durante esta etapa, también exploraremos opciones de bajo costo y tecnologías de vanguardia para optimizar la implementación de estos sistemas.

La tercera etapa se centró en el análisis de los costos de fabricación y la adquisición de materias primas para determinar los costos totales, lo que nos permitió evaluar la competitividad de nuestro producto en el mercado colombiano.

Por último, se documentó detalladamente todo el proceso de desarrollo, incluyendo diseños, simulaciones, pruebas y resultados obtenidos. El informe técnico resultante proporciona una guía completa para la posible implementación práctica del dispensador de fórmula infantil. Esta metodología garantizará que se aborden de manera sistemática cada uno de los objetivos específicos, lo que llevará a obtener un diseño integral del dispensador de fórmula para bebés, con el potencial de ser aplicado en el ámbito de la alimentación infantil de bajo costo y acceso asequible en Colombia.

## 5.1 Análisis de mercado

### 5.1.1 Propiedades del dispensador de formula

Los principios fundamentales que guían la creación de un dispensador de fórmula para infantes se destacan por la búsqueda de automatización, con el propósito de lograr la preparación óptima de un biberón conforme a las especificaciones requeridas del usuario.

La programación de este tipo de máquinas desempeña un papel esencial en asegurar su funcionamiento adecuado y eficiente. Se requerirá un enfoque de programación meticuloso que abarque diversos aspectos donde la elección del lenguaje dependerá de factores como: la complejidad del dispositivo, los recursos disponibles, las capacidades de hardware y las preferencias del equipo de desarrollo, algunas opciones son:

- Python: Es un lenguaje versátil y popular que se utiliza ampliamente en la programación de aplicaciones de control y automatización. Su sintaxis clara y legible facilita el desarrollo de algoritmos complejos y su integración con sistemas embebidos.
- C++: Este lenguaje es conocido por su eficiencia y rendimiento, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en tiempo real. Es ideal para sistemas que requieren cálculos intensivos y comunicación con hardware.

- Java: Es conocido por su portabilidad y es utilizado en muchos sistemas embebidos y dispositivos. Puede ser útil para crear una interfaz de usuario amigable y aplicaciones con funciones avanzadas.
- Arduino: Si el dosificador utiliza una placa Arduino o un microcontrolador similar, se puede programar utilizando el entorno de desarrollo de Arduino, que utiliza una variante de C++.
- Lenguajes de programación visual: Si la interfaz de usuario es un componente importante, las herramientas de programación visual como LabVIEW o Scratch pueden ser útiles para diseñar una interfaz gráfica interactiva y fácil de usar.
- Herramientas de desarrollo web: Si el dosificador incluye una interfaz web o móvil, tecnologías como HTML, CSS y JavaScript se pueden utilizar para crear interfaces de usuario dinámicas y accesibles desde múltiples dispositivos.

En primer lugar, se podría implementar un algoritmo inteligente que calcule con precisión las proporciones de fórmula y agua según las necesidades individuales, permitiendo una adaptación personalizada. Además, se podrían incorporar parámetros de seguridad que eviten cualquier posibilidad de error o contaminación, garantizando así la salud y bienestar del bebé. El software también podría ofrecer opciones de despersonalización, como la capacidad de programar horarios de preparación automática la elección de diferentes tipos de fórmula. La interfaz de usuario podría diseñarse de manera intuitiva y fácil de usar, brindando instrucciones claras y *feedback* visual para asegurar una experiencia sin complicaciones para el usuario. En última instancia, la programación de esta máquina sería un componente crítico para lograr un desempeño fluido, seguro y altamente eficaz que cumpla con las necesidades y expectativas de los usuarios.

Para una comprensión exhaustiva del funcionamiento de esta herramienta tecnológica, se hace imperativo describir de forma general los componentes que pueden llegar a

conformarla y la función específica que cada uno desempeña al momento de ponerla en marcha.

- Contenedor de Fórmula: Un compartimento para almacenar la fórmula en polvo, que puede ser dosificada automáticamente según las necesidades.
- Depósito de Agua: Un recipiente para almacenar el agua, que puede calentarse o mezclarse con la fórmula según el diseño y funcionalidad del dosificador.
- Sistema de Dosificación: Un mecanismo que controla la cantidad precisa de fórmula y agua a mezclar, asegurando una proporción correcta para la preparación del biberón.
- Contenedor de Mezcla por Flujo: En lugar de un agitador físico, el diseño del sistema de flujo del agua y la fórmula puede ser suficiente para lograr una mezcla adecuada a medida que se combinan en el biberón.
- Sistema de Calentamiento: En algunos casos, puede haber un sistema de calentamiento que ajusta la temperatura del agua antes de la mezcla.
- Panel de Control: Una interfaz de usuario que permite a los usuarios configurar preferencias, ajustar las proporciones y activar la preparación automática.
- Sensores y Actuadores: Sensores como sondas de temperatura o nivel de agua y actuadores como motores pueden ser utilizados para monitorear y controlar diferentes aspectos de la máquina.
- Unidad de Procesamiento: Un microcontrolador o una unidad de procesamiento que ejecuta el software y controla las operaciones de dosificación y mezcla.

- Pantalla o Indicadores: Un *display* o indicadores luminosos que muestran información relevante al usuario, como el progreso de la preparación o notificaciones de estado.
- Conexiones y Comunicación: Si es necesario, se pueden agregar componentes para la conexión a una red o para la comunicación con otros dispositivos, como aplicaciones móviles.

### 5.1.2 Estudio de Mercado y Requisitos Técnicos para un Dosificador de Fórmula Infantil

Según las cifras registradas por el DANE para el primer trimestre del año 2023, la natalidad en Colombia fue de 127.676 nacimientos; si bien representa una reducción de -7,9% frente al mismo periodo de 2022 (138.702 nacimientos), sigue siendo una tasa de natalidad relativamente alta en comparación con algunos otros países, esto sumado a que Colombia es un país en el que la distribución de la riqueza y los niveles de pobreza pueden variar significativamente dentro de su población, hace que sea un lugar donde la vida familiar y la llegada de los hijos a un hogar de escasos recursos puede ser más sencilla en términos de tiempo de calidad y elementos de apoyo tecnológico como el que se socializará a continuación.

Colombia ha enfrentado desafíos socioeconómicos importantes, como la desigualdad de ingresos y la pobreza en algunas áreas rurales y urbanas. Factores como el conflicto armado interno, el narcotráfico y la corrupción también han tenido impactos en el desarrollo y la estabilidad del país, es una nación de ingresos medios y tiene una economía diversificada que incluye sectores como la agricultura, la industria manufacturera, los servicios y la minería; sin embargo, no es pionera en temas tecnológicos, así que elementos de apoyo como un dosificador de alimentos no son vistos como una prioridad ya que hacen parte de los artículos catalogados como lujos, los cuales las familias de clase media o baja no se pueden permitir.

El presente trabajo de grado pretende dar a conocer como por medio de elementos tecnológicos simples como un dosificador de fórmula, puede facilitarle la vida cotidiana de

un cuidador de un niño que recién llega a una familia colombiana de clase media o baja; este elemento deberá tener ciertas características específicas para poder cumplir con la accesibilidad requerida para este tipo de población.

Todo lo descrito anteriormente nos ayuda a comprender la necesidad de desarrollar un diseño de una máquina para la preparación de fórmulas para bebés, que supere los problemas asociados a la carencia de tecnología en áreas remotas, la limitada accesibilidad a innovaciones tecnológicas, la mejora en la comodidad y la posibilidad de reducir el tiempo dedicado a tareas cotidianas, permitiendo así a los cuidadores disfrutar de un mayor tiempo de calidad con los bebés.

El presente trabajo, a través de la técnica de benchmarking, tiene como objetivo identificar los criterios fundamentales para el desarrollo óptimo de un modelo 3D. El benchmarking es un proceso de evaluación comparativa que permite analizar y aprender de las mejores prácticas y estándares existentes en un campo específico.

En el contexto colombiano, la accesibilidad a la tecnología es un tema crucial que ha experimentado una mejora histórica, como lo reflejan las encuestas oficiales llevadas a cabo por el DANE. En el año 2020, se registró un avance significativo al conectar 9,2 millones de hogares en todo el país, lo que representa un aumento del 56,5 % en un solo año, alcanzando así una cobertura del 70% a nivel nacional.(MINTIC, 2020)

No obstante, a pesar de estos avances, las encuestas realizadas por entidades gubernamentales aún revelan datos importantes sobre la accesibilidad de los hogares colombianos a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

De acuerdo con la Tabla 1, menos del 38% de la población que vive en la zona rural dispersa del país manifestó haber utilizado Internet en 2021. Esta cifra se sitúa muy por debajo de la media nacional (65%), y por supuesto del porcentaje de personas habitantes de

cabeceras que sí lo hace (72,5%), mostrando una diferencia significativa de aproximadamente un 35%.(DANE, 2021)

Tabla 1 Encuesta sobre el uso de internet por zona geográfica en Colombia

Uso de Internet por clase (tipo de zona geográfica) 2021		
Clase	Usó Internet	No usó Internet
<b>Cabecera</b>	<b>72,5</b>	<b>27,5</b>
<b>Centro Poblado</b>	<b>45,4</b>	<b>54,6</b>
<b>Rural Disperso</b>	<b>37,9</b>	<b>62,1</b>
<b>Total Colombia</b>	<b>65,0</b>	<b>35,0</b>

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2021)

La Figura 4 hace referencia a la proporción de hogares con conexión a Internet en Colombia, la mayoría de las personas en el país tienen Internet en sus hogares, y la mayoría de ellos lo tienen a través de una conexión fija, como un cable o una línea de teléfono (78.8%). Esto es más común en las áreas urbanas, donde el 83.2% de los hogares tienen Internet fijo.

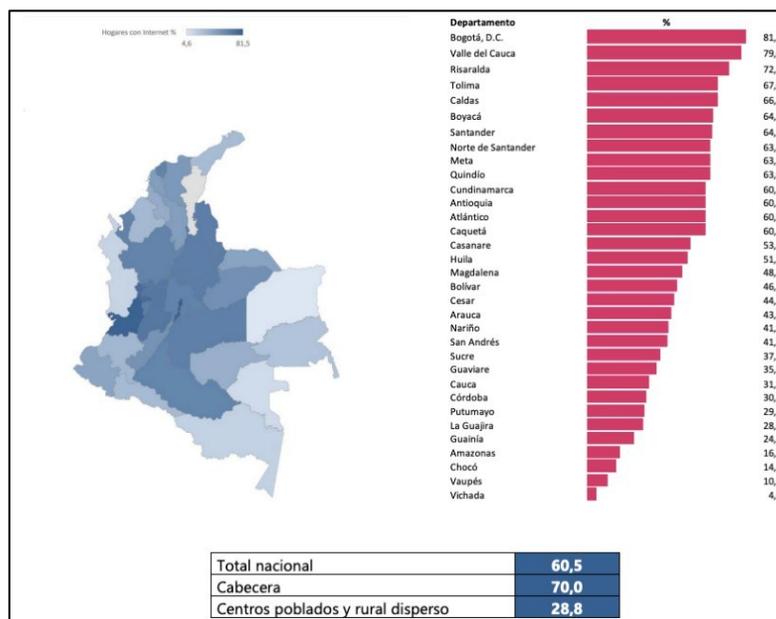


Figura 4 Encuesta de tecnologías de la información y la comunicación en hogares colombianos

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2021)

Sin embargo, en las áreas rurales como los "centros poblados" y las áreas dispersas, la mayoría de las personas no tienen Internet fijo, solo el 46.3% lo tiene. En cambio, en todo el país, solo el 22.0% de los hogares usan Internet móvil, es decir, Internet en sus teléfonos celulares.

El análisis de encuestas relacionadas con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Colombia desempeña un papel crucial al brindar una comprensión profunda del acceso tecnológico en el país, especialmente en distintas zonas geográficas. Este proyecto, radica en su accesibilidad para cualquier persona interesada en acceder a esta información y a través del análisis de estas encuestas se obtiene no solamente una visión detallada del acceso tecnológico en diversas regiones del país, sino que también se identifica aquellas áreas que son más vulnerables en términos de acceso a las nuevas tecnologías.

Este enfoque inclusivo es esencial para asegurar que las soluciones y políticas resultantes sean diseñadas de manera efectiva con el propósito de promover la inclusión digital en todas las zonas de Colombia, permitiendo el alcance de este conocimiento a cualquier persona que desee beneficiarse de él.

En Colombia, la disponibilidad de marcas o proveedores especializados en la fabricación o venta de dosificadores para fórmula de bebé representa un desafío. Hasta la fecha, no existe una marca nacional que produzca este tipo de productos, lo que significa que aquellos interesados en adquirir un dosificador de fórmula para bebés deben recurrir a importaciones desde otros países. Sin embargo, importar este tipo de productos no es una tarea sencilla. La falta de opciones nacionales en este ámbito ha llevado a los consumidores a buscar alternativas en marcas extranjeras, y en particular, dos marcas han destacado en este campo: babyEXO y babybrezza.

Estas marcas a pesar de no ser originarias de Colombia han obtenido reconocimiento a nivel internacional debido a la calidad y la innovación de sus productos. Ambas poseen un

enfoque específico en productos relacionados con la alimentación y el cuidado de bebés, y han construido una sólida reputación debido a la excelencia que ofrecen en sus productos. A continuación, se llevará a cabo un análisis detallado que explora las opciones que estas marcas proporcionan en lo que respecta a dosificadores para fórmula de bebé.

### 5.1.3 Orígenes y Valoración de la Reputación

La compañía BabyBrezza ha construido una sólida reputación a lo largo de los años gracias a su experiencia en el desarrollo de productos relacionados con la preparación y dispensación de fórmula para bebés. La marca se ha destacado especialmente en la fabricación de máquinas que automatizan el proceso de preparación de biberones, lo que ha simplificado significativamente la vida de los padres y cuidadores. La confiabilidad y la eficiencia de sus productos han llevado a una creciente aceptación entre aquellos que buscan una solución conveniente y precisa para la alimentación de sus bebés.



*Figura5 Producto de la marca BabyBrezza*

*Fuente: (BabyBrezza, 2023)*

Por su parte, BabyEXO, se ha convertido en una elección versátil para padres y cuidadores debido a su enfoque en proporcionar productos seguros y de alta calidad en una amplia gama de categorías relacionadas con la alimentación y el cuidado de los bebés. Su compromiso con la seguridad y la excelencia ha contribuido a ganar la confianza de quienes buscan una variedad de opciones para satisfacer las diversas necesidades de sus bebés.



*Figura 6 Producto de la marca BabyEXO*

#### 5.1.4 Productos Destacados

Dentro los productos destacados están los de la marca BabyBrezza, quien es especialmente reconocida por su línea de máquinas que preparan biberones de fórmula de manera automática. Estos dispositivos simplifican la tarea de mezclar la fórmula con precisión y a la temperatura adecuada, lo que ahorra tiempo y reduce la posibilidad de errores en la preparación de los alimentos de los bebés. Además de estas máquinas, BabyBrezza también ofrece otros productos relacionados con la alimentación del bebé, manteniendo su enfoque en la comodidad de los padres y la satisfacción de las necesidades de los bebés.



Figura 7 Producto “Comida a un paso”, picador de comida.

Fuente: (BabyBrezza, 2023)

Igualmente, BabyEXO destaca por su amplio catálogo de productos que incluye biberones, esterilizadores, calentadores de biberones y más. Esta amplia variedad de productos aborda una amplia gama de necesidades de los padres en lo que respecta a la alimentación y el cuidado de los bebés. La marca se ha esforzado por mantener altos estándares de calidad y seguridad en todos sus productos para garantizar la tranquilidad de los padres.



Figura8 Producto “Hervidor de agua para fórmula”

Fuente: (BabyEXO, 2023)

### 5.1.5 Enfoque en la Automatización

El enfoque principal de BabyBrezza se centra en la automatización de tareas relacionadas con la alimentación del bebé. Sus máquinas, altamente avanzadas tecnológicamente, ofrecen una solución precisa y eficiente para la preparación de biberones, lo que reduce la carga de trabajo de los padres y simplifica significativamente la vida cotidiana en la crianza de los bebés.

Si bien BabyEXO ofrece productos que facilitan la rutina de los padres, su enfoque en la automatización no es tan prominente como el de BabyBrezza. Aunque la marca no se centra exclusivamente en la automatización, se esfuerza por ofrecer productos de alta calidad que cubren una amplia variedad de aspectos relacionados con la alimentación y el cuidado de los bebés, brindando opciones versátiles para las necesidades de los padres modernos.



*Figura9 Automatización en productos*

*Fuente: (BabyBrezza, 2023)*

Se puede concluir que al estudiar detenidamente los productos y enfoques de marcas reconocidas como BabyBrezza y BabyEXO, se revela una serie de necesidades que estas marcas han abordado con éxito en el mercado de preparación de alimentos para bebés. Dos de las principales necesidades identificadas son la eficiencia en la preparación de alimentos para bebés y la comodidad para los padres.

La eficiencia en la preparación de alimentos para bebés es una necesidad crítica para los padres y cuidadores. El proceso de mezclar fórmula infantil y calentar biberones puede ser laborioso y propenso a errores humanos. Marcas como BabyBrezza han desarrollado máquinas que automatizan estas tareas, lo que no solo ahorra tiempo precioso, sino que también garantiza una precisión perfecta en la mezcla y la temperatura del alimento del bebé. Esto reduce la ansiedad de los padres y garantiza que los bebés reciban la nutrición adecuada de manera constante.

La comodidad para los padres es otra necesidad destacada. La crianza de un bebé es una tarea que requiere una gran cantidad de atención y esfuerzo. Las máquinas de preparación de biberones simplifican significativamente esta tarea, permitiendo a los padres preparar alimentos para sus bebés de manera rápida y sin complicaciones. Esto no solo alivia la carga de trabajo de los padres, sino que también les brinda más tiempo para disfrutar de momentos preciosos con sus hijos.

Sin embargo, a pesar de los beneficios evidentes de productos como los de BabyBrezza y BabyEXO, Colombia carece de una marca nacional que ofrezca productos similares. Esto crea una brecha en el mercado local y subraya aún más la importancia de abordar estas necesidades insatisfechas. La falta de acceso a productos especializados para bebés puede ser un desafío significativo para los padres y cuidadores en Colombia, especialmente en áreas donde la tecnología y la disponibilidad de productos innovadores son limitadas.

Diseñar una máquina dosificadora de fórmula para bebés en 3D no solo podría cerrar esta brecha, sino que también sería una solución innovadora y accesible para los padres y

cuidadores en Colombia. Al conocer las fortalezas y debilidades de las marcas existentes, así como las preferencias y necesidades de los consumidores colombianos, se puede guiar el proceso de diseño hacia la creación de una máquina que resuelva estas necesidades específicas.

En última instancia, este proyecto tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de los padres y cuidadores en Colombia al ofrecer una solución práctica y conveniente para la preparación de alimentos para bebés. Además, al proporcionar acceso a tecnologías innovadoras en este campo, puede contribuir a la modernización y mejora de la atención a los bebés en el país.

A partir de lo expuesto anteriormente, se afirma la idea de que el modelado en 3D del dosificador para fórmula alimenticia de bebés debe incorporar las siguientes características esenciales:

## 5.2 Características Técnicas Clave

**Precisión en la Dosificación:** La máquina estará equipada con un mecanismo de dosificación preciso que medirá la cantidad exacta de fórmula requerida para cada toma, evitando errores en la preparación.

**Capacidad Adecuada:** El dispositivo tendrá una capacidad suficiente para almacenar varias tomas de fórmula, minimizando la necesidad de llenado constante.

**Facilidad de uso:** Debe ser fácil de llenar con fórmula y fácil de usar para los padres y cuidadores. Los botones o controles deben ser intuitivos y accesibles.

**Marcas de medición:** Debe tener marcas de medición claras en el exterior para que los padres puedan ver cuánta fórmula se ha dispensado y cuánta queda.

**Limpieza:** Debe ser fácil de desmontar y limpiar, ya sea a mano o en el lavavajillas. Los rincones y las partes internas deben ser accesibles para la limpieza, permitiendo una higiene óptima y rápida, esencial en el cuidado del bebé.

**Portabilidad:** Debe ser compacto y portátil para que los padres puedan llevarlo fácilmente cuando estén fuera de casa o pueda ser utilizado en zonas rurales.

**Compatibilidad con biberones:** Debe ser compatible con la mayoría de los biberones estándar para facilitar la transferencia de la fórmula al biberón.

**Sistema de Almacenamiento Universal:** La máquina estará diseñada con un sistema de almacenamiento que permitirá la utilización de envases de fórmula de diferentes marcas y tamaños.

**Sistema de Dosificación Adaptable:** La máquina contará con un sistema de dosificación que puede adaptarse a las características específicas de las fórmulas para bebés, como las que pueden ser más densas o líquidas.

**Seguridad:** Debe cumplir con las normativas de seguridad para productos infantiles y no contener piezas pequeñas que puedan representar un riesgo de asfixia.

**Diseño Energéticamente Eficiente:** Se buscará una eficiencia energética para mantener los costos operativos bajos y reducir el impacto ambiental.

### 5.3 Parámetros de Diseño Clave

**Colores y diseños atractivos:** Puede ser beneficioso tener un diseño atractivo y colores llamativos para atraer la atención del bebé durante la alimentación.

**Diseño Compacto y Ergonómico:** La máquina se diseñará de manera compacta para ahorrar espacio en la cocina y será ergonómica para facilitar su manejo con una sola mano, permitiendo a los padres sostener al bebé mientras preparan la fórmula.

**Interfaz de Usuario Intuitiva:** La interfaz de usuario será sencilla y fácil de entender, con botones intuitivos para simplificar la operación.

**Costo Asequible:** Uno de los parámetros más importantes será garantizar que el producto sea accesible en términos de precio para familias de clase media y baja, sin comprometer la calidad ni la seguridad.

**Durabilidad y Resistencia:** El diseño se centrará en la durabilidad y resistencia para garantizar una larga vida útil, lo que es esencial para su rentabilidad a largo plazo.

**Diseño Sostenible:** Considerar la sostenibilidad en el diseño, utilizando materiales reciclables y de bajo impacto ambiental, y minimizando el consumo de energía durante la operación.

Para la presentación del dosificador de fórmula infantil, es esencial realizar una segmentación del mercado para comprender mejor a los consumidores y adaptar el producto a sus necesidades específicas.

La precisión en la preparación de la fórmula con un dosificador es esencial para evitar la sobrealimentación o la subalimentación en los niños según su edad, así que es importante para las familias, especialmente las familias primerizas que desconocen la cantidad de fórmula, leche materna o tomas que debe recibir el infante.

## 5.4 Edad de los infantes

Recién Nacidos (0 a 2 meses): En los primeros meses de vida, los recién nacidos tienen una alta demanda de alimentación, ya que su sistema digestivo es inmaduro y su crecimiento es rápido. La leche de fórmula o la leche materna son esenciales en esta etapa. Según la Academia Americana de Pediatría, un recién nacido puede consumir alrededor de 60 a 90 ml de leche en cada toma, y generalmente se alimenta cada 2-3 horas, lo que equivale a unas 8 a 12 tomas al día.(Pediatría, 2020)

De 2 a 4 meses: A medida que los bebés crecen, su capacidad gástrica aumenta y pueden tomar más leche en cada toma. Según la misma fuente, a esta edad, un bebé puede consumir alrededor de 120 a 150 ml de leche en cada toma. La leche de fórmula o la leche materna siguen siendo la principal fuente de nutrición en esta etapa.

De 4 a 6 meses: A partir de los 4 meses, algunos bebés comienzan a mostrar interés por los alimentos sólidos. La introducción de alimentos complementarios debe realizarse siguiendo las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la AAP<sup>1</sup>. Inicialmente, se pueden ofrecer pequeñas cantidades de alimentos blandos y purés, como cereales para bebés y puré de vegetales, en cucharitas especiales para bebés. La leche de fórmula o la leche materna aún son esenciales en la dieta y deben complementar los alimentos sólidos.

A partir de 6 meses: A esta edad, la alimentación complementaria se vuelve más relevante. Los bebés pueden comenzar a consumir una variedad de alimentos sólidos, incluyendo frutas, verduras, cereales y proteínas. La cantidad de leche de fórmula necesaria puede disminuir gradualmente, pero seguirá siendo parte de la dieta de algunos bebés hasta el año o más, dependiendo de sus necesidades individuales y preferencias (Salud, 2020)

Sin embargo, es importante aclarar que tanto la leche materna como la leche en polvo representan opciones de alimentación infantil que ofrecen beneficios sustanciales para el

---

<sup>1</sup>Academia Americana de Pediatría

desarrollo y la salud de un bebé. Según un estudio “Efectos nutricionales de la lactancia materna exclusiva versus la leche de fórmula en bebés a término” publicado por la Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, la leche materna es ampliamente reconocida como la opción óptima para la alimentación infantil, ya que proporciona una mezcla única de nutrientes, anticuerpos y factores de crecimiento que promueven el sistema inmunológico y el desarrollo cognitivo del bebé, adicionalmente reduce el riesgo de infecciones, alergias y obesidad.

En este sentido, un informe del Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano (NICHD) de los Estados Unidos sugiere que, en casos de imposibilidad de lactancia materna, la leche en polvo fortificada puede ser una alternativa nutricionalmente adecuada para garantizar el crecimiento y desarrollo saludables del bebé. (Humano, 2022)

Es relevante destacar que la elección entre la leche materna y la leche en polvo debe basarse en las necesidades y circunstancias individuales de cada bebé, y siempre bajo la supervisión y orientación de profesionales de la salud.



Figura10 Infografía de alimentación para infantes

Fuente: (Freepik, 2023)

## 5.5 Diseño virtual

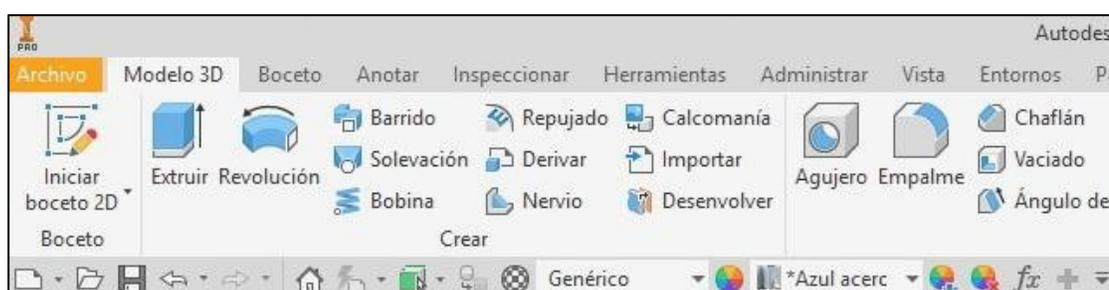
Para el desarrollo del presente trabajo de grado, se empleó el software Autodesk Inventor, una herramienta esencial en ingeniería y diseño industrial que se utiliza para la creación de modelos tridimensionales.

Para el modelado 3D de las piezas que conforman la máquina, es esencial tener en cuenta las diversas funciones que Autodesk Inventor ofrece, entre las cuales se utilizaron:

- ❖ **Creación de Bocetos:** Permite diseñar formas bidimensionales que sirven como punto de partida para modelos tridimensionales. Los bocetos pueden contener líneas, arcos, círculos y otros elementos geométricos.
- ❖ **Extrusión:** Con esta función, se puede convertir un boceto bidimensional en un objeto tridimensional al extenderlo en la dirección deseada. Esto es útil para crear partes sólidas.
- ❖ **Corte y Perforación:** Permite realizar cortes, perforaciones o extracciones en modelos tridimensionales para crear cavidades o detalles.
- ❖ **Revolución:** Con esta función, se puede rotar un boceto alrededor de un eje para crear formas tridimensionales mediante la revolución del perfil.
- ❖ **Simetría y Patrones:** Autodesk Inventor facilita la creación de objetos simétricos y patrones, lo que ahorra tiempo en la duplicación de elementos en un diseño.
- ❖ **Ensamblaje:** Permite combinar múltiples componentes en un único diseño, definiendo relaciones espaciales y restricciones entre las partes.
- ❖ **Simulación y Análisis:** La herramienta ofrece capacidades para simular y analizar el rendimiento de los diseños, lo que incluye pruebas de resistencia, movimiento y análisis de tensiones.

- ❖ **Renderización y Visualización:** Permite crear representaciones visuales realistas de los modelos, lo que es útil para presentaciones y propuestas de diseño.
- ❖ **Interoperabilidad:** Autodesk Inventor es compatible con otros programas de diseño y CAD, lo que facilita la importación y exportación de datos.

A través de las herramientas mencionadas es que se logra el desarrollo de las piezas que conforman la integridad de la máquina, véase la Figura 11.



*Figura 11 Barra de herramientas de Inventor Autodesk*

*Fuente: (Propia, 2023)*

En la cara frontal de la máquina, se han incorporado varios componentes electrónicos, como botones, Leds y una tarjeta de programación ESP32, diseñados para simplificar la interacción del cliente con el dispositivo. Estos botones permiten seleccionar dosificaciones predefinidas de agua y fórmula, mientras que un LED indica el final del ciclo de preparación. Además, se ha prestado especial atención a la estética de la máquina, que incluye una boquilla para dispensar la mezcla de leche de fórmula y cavidades diseñadas para almacenar líquido de forma segura y prevenir derrames o accidentes.

En lo que respecta al diseño de las caras laterales, trasera, superior e inferior, se ha buscado proporcionar una experiencia visual y táctil atractiva y estimulante para el bebé, al mismo tiempo que se garantiza la seguridad y protección de los componentes internos de la máquina, asegurando su funcionamiento óptimo y durabilidad. Además, este enfoque contribuye significativamente a la resistencia estructural y estabilidad de la máquina.

En la cara trasera de la máquina, cabe destacar que se tuvo en cuenta la generación de calor producida por la resistencia utilizada para calentar el agua en la preparación del biberón. Para abordar este aspecto, se incorporaron perforaciones que permiten la ventilación del

interior de la máquina, asegurando así una adecuada disipación del calor.

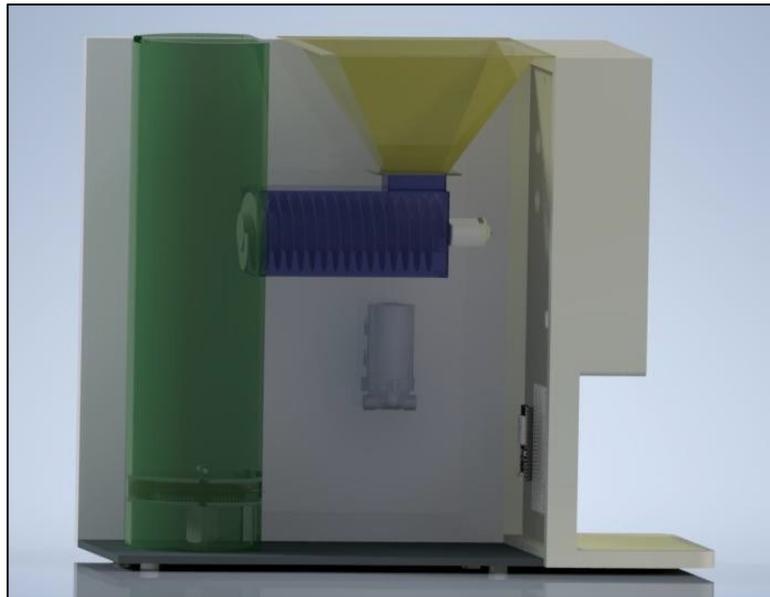
La modelación de la cara inferior de la máquina reviste gran importancia por varias razones. En primer lugar, un suelo cuidadosamente diseñado es esencial para garantizar la estabilidad y nivelación del dispositivo, lo que contribuye directamente a su correcto funcionamiento y precisión en la dosificación de la leche en polvo. Además, un suelo bien diseñado facilita el acceso para tareas de mantenimiento y limpieza, aspectos cruciales en aplicaciones de alimentos, donde la higiene es de suma importancia.

Todo esto tiene como objetivo mejorar el aspecto estético y ergonómico de la máquina, lo que puede ser relevante en entornos donde la interacción con el usuario desempeña un papel importante.

#### 5.5.1 Diseño de elementos

En el marco de este proyecto, se llevó a cabo el modelado tridimensional de componentes esenciales para el funcionamiento de la máquina. Un elemento clave es la tolva, destinada a contener la leche en polvo para bebés. Desde allí, la leche sigue un recorrido a través de un tornillo sin fin cuya función consiste en dosificar la cantidad de dosis programada. Este dosaje se logra mediante la medición de la cantidad de giros provocados por un motor en el tornillo.

Luego, el tornillo sin fin conduce la leche en polvo al compartimiento donde el usuario previamente habrá colocado agua. En este punto, se ubican otros componentes cruciales, como la resistencia térmica, encargada de calentar automáticamente el agua según la tarea seleccionada por el usuario. Además, un conjunto de hélices, impulsadas por un motor eléctrico para garantizar la homogeneidad de la mezcla de agua y leche. Finalmente, un sistema de bomba externa transfiere la mezcla desde el tanque de agua hasta la boquilla de salida, que se dirige al biberón.



*Figura 12 Vista lateral de los diferentes elementos de la dosificadora*

*Fuente: (Propia, 2023)*

Los componentes electrónicos, fueron consultados a través de la plataforma GrabCAD. GrabCAD es una comunidad en línea que se centra en el diseño y la ingeniería, y que proporciona a los usuarios una amplia biblioteca de modelos 3D y recursos relacionados con CAD (Diseño Asistido Por Computadora). La plataforma permite a los profesionales y diseñadores compartir, acceder y colaborar en diseños 3D y componentes, lo que facilita el proceso de desarrollo y modelado de productos. Al utilizar GrabCAD, los ingenieros y diseñadores pueden acceder a una amplia gama de recursos de diseño, lo que a menudo

ahorra tiempo en la creación de modelos 3D y la selección de componentes para proyectos de ingeniería.



*Figura 13 Vista de los diferentes elementos de la dosificadora*

*Fuente: (Propia, 2023)*

### 5.5.2 Ensamblaje del modelado tridimensional

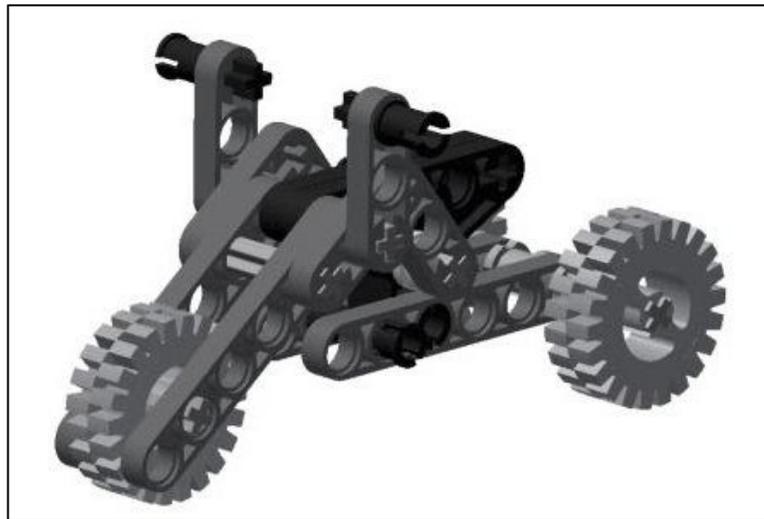
En esta etapa del proyecto, se procedió al ensamblaje del modelado tridimensional de la máquina dosificadora de fórmula para infantes, utilizando el programa Autodesk Inventor. El ensamblaje, se define como el proceso fundamental en el diseño de ingeniería que implica la combinación de múltiples componentes y piezas individuales para crear una entidad funcional completa. En este contexto, se refiere a la unión de todos los elementos diseñados previamente, con el propósito de formar un dispositivo íntegro.

Esta etapa es una parte fundamental en el desarrollo del proyecto por varias razones. En primer lugar, permite verificar que todas las partes se ajusten adecuadamente y que no existan conflictos entre ellas, asegurando así la funcionalidad del dispositivo final. Además, facilita la evaluación del rendimiento en conjunto y garantiza el cumplimiento de los requisitos previamente definidos. Cualquier problema potencial de ensamblaje se identifica y resuelve de manera temprana, minimizando los ajustes y modificaciones posteriores.

Además, proporciona una representación completa y precisa del producto final, mejorando los resultados esperados.

### 5.5.3 Renderizado del modelado tridimensional

El renderizado de un modelado 3D es el proceso de generar una representación visual realista y detallada de un diseño tridimensional en un formato bidimensional, similar a una imagen o un video. En el contexto de este trabajo de grado, el renderizado resultó esencial, ya que permitió crear imágenes visuales precisas y atractivas del dispensador de fórmula para bebés diseñado. Estas representaciones realistas fueron fundamentales para comunicar eficazmente el concepto y las características del dispositivo a diversas audiencias, incluyendo el cuerpo docente y los evaluadores. El renderizado proporcionó una vista previa visual de cómo se vería y funcionaría el producto en la realidad, lo que facilitó la toma de decisiones, la retroalimentación y la validación del diseño, contribuyendo significativamente a la eficiencia y la calidad del proyecto. En la Figura 14 y Figura 15 se muestra un ejemplo del proceso de renderizado con una moto antes y después



*Figura14 Modelado 3D antes de renderizar*

*Fuente: (Dimcad3d, 2011)*



*Figura 15 Modelado 3D después de renderizar*

Fuente: (Dimcad3d, 2011)

## 5.6 Análisis de costos

En la búsqueda de la materialización de un diseño innovador y funcional, el análisis de costos permitirá el desarrollo de la máquina dosificadora de fórmula para bebés. La implementación de nuevas tecnologías y la creación de componentes personalizados mediante la impresión 3D, si bien prometen mejoras en el rendimiento y la eficiencia, también conllevan desafíos financieros significativos. En esta sección, se explorará en detalle el costo asociado a cada uno de los elementos y la impresión 3D necesarios para la construcción de la máquina. Este análisis proporcionará una visión integral de la inversión requerida, permitiendo tomar decisiones informadas sobre la viabilidad económica del proyecto y asegurando que se mantenga dentro de los límites presupuestarios establecidos. De esta manera, se establecerán las bases financieras sólidas necesarias para llevar a cabo este proyecto de ingeniería Mecatrónica con éxito y efectividad.

En este sentido, el análisis de costos presentado se basa en el mercado colombiano actual, con el fin de garantizar que esta tecnología sea accesible y viable en el contexto colombiano. Por lo tanto, se ha prestado especial atención a la elección de componentes y

elementos que no solo sean eficaces y eficientes, sino también de fácil accesibilidad en el mercado local. Este enfoque no solo garantiza que el proyecto sea económicamente viable, sino que también se alinea con la visión de proporcionar soluciones asequibles y de calidad para las necesidades específicas de los potenciales consumidores en el país.

### 5.6.1 Análisis de costos de fabricación

La impresión en 3D se ha convertido en una tecnología ampliamente utilizada por muchas empresas e individuos debido a su facilidad de operación, precisión y versatilidad en la fabricación de productos con diseños complejos. Ya sea para aplicaciones de grado industrial o comercial, así como para proyectos de bricolaje o servicios de impresión 3D contratados, es esencial considerar cuidadosamente los costos asociados antes de embarcarse en un proyecto.

Uno de los principales factores que influyen en el costo de la impresión 3D es la elección de la tecnología adecuada. Existen diversas tecnologías de impresión 3D, cada una con sus ventajas y costos específicos. Por ejemplo, el modelado por deposición fundida (FDM) es una opción rentable que utiliza filamentos termoplásticos para construir piezas, mientras que la estereolitografía (SLA) ofrece una alta precisión, pero a un precio más elevado. Otras tecnologías, como SLS<sup>2</sup>, SLM<sup>3</sup> y DMLS<sup>4</sup>, se utilizan para trabajar con metales, pero su rareza las hace más costosas.

Este trabajo investigativo se centrará en dos técnicas de impresión 3D: con filamento y resina, ya que son consideradas las opciones más económicas y ampliamente conocidas.

La impresión con filamento, se utilizan principalmente polímeros plásticos que ofrecen una variedad de resistencias, flexibilidades y costos asequibles. Estos materiales son ideales para crear piezas como carcasas, prototipos, juguetes, modelos arquitectónicos, repuestos,

---

<sup>2</sup>Selective Laser Sintering, o sinterización selectiva por láser.

<sup>3</sup>Selective Laser Melting, o fusión selectiva por láser.

<sup>4</sup>Direct Metal Laser Sintering o sinterización directa por láser de metal.

aplicaciones anatómicas, entre otros. La versatilidad de esta técnica permite adaptarse a diversas necesidades.

Los filamentos que normalmente son utilizados para estos fines son: PLA<sup>5</sup>, ABS<sup>6</sup>, PETG<sup>7</sup>, nylon, TPU<sup>8</sup>, todos son asequibles en términos de costos y suelen ser fáciles de usar, lo que los hace accesibles tanto para principiantes como para usuarios experimentados.

Aunque son una buena alternativa debido a su gama diversa de colores y efectos visuales, cuentan con una limitada resistencia a raíz de su baja resistencia química y tendencia a deformarse a altas temperaturas. (García Giraldo, 2022)

A continuación, se muestra una comparativa de los precios encontrados en el mercado actual en Colombia de los filamentos para impresión 3D.

*Tabla 2 Comparativa de precios de filamento en el mercado actual colombiano*

<b>Tipo de filamento</b>	<b>Marca</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio</b>
PLA	Filamentio	1,75 mm	1 kg	\$65.000
PLA	Polymaker	1,75 mm	1 kg	\$70.000
PLA	Innofil3D	1,75 mm	1 kg	\$75.000
ABS	Filamentio	1,75 mm	1 kg	\$75.000
ABS	Polymaker	1,75 mm	1 kg	\$80.000
ABS	Innofil3D	1,75 mm	1 kg	\$85.000
PETG	Filamentio	1,75 mm	1 kg	\$85.000
PETG	Polymaker	1,75 mm	1 kg	\$90.000
PETG	Innofil3D	1,75 mm	1 kg	\$95.000
Flexible	Filamentio	1,75 mm	1 kg	\$105.000
Flexible	Polymaker	1,75 mm	1 kg	\$110.000
Flexible	Innofil3D	1,75 mm	1 kg	\$115.000

*Fuente: (Propia, 2023)*

<sup>5</sup>Polylactic Acid o ácido poliláctico.

<sup>6</sup>Acrylonitrile Butadiene Styrene o acrilonitrilo butadieno estireno.

<sup>7</sup>Polyethylene Terephthalate Glycol o tereftalato de polietileno modificado con glicol.

<sup>8</sup>Thermoplastic Polyurethane o poliuretano termoplastico.

Filamentio es una empresa con sede en Medellín que ofrece una amplia gama de filamentos, incluyendo PLA, ABS, PETG y flexible. Polymaker es una empresa con sede en Bogotá que se especializa en filamentos de alto rendimiento, como el PolyMax PLA y el PolyMax ABS. Innofil3D es una empresa con sede en Cali que es el distribuidor oficial de Prusament, un filamento de alta calidad y de reconocimiento internacional.

Por otro lado, la impresión 3D con resina ofrece una calidad de textura superior y resoluciones más altas. Esta técnica es especialmente adecuada para objetos de dimensiones pequeñas o que requieren detalles precisos, por esta razón se encuentran en aplicaciones que demandan alta precisión como joyería, modelos dentales, piezas para moldes, entre otras.

Este tipo de material ofrece una amplia variedad de propiedades, como flexibilidad o resistencia, sin embargo, su manipulación tiende a ser más compleja ya que se debe realizar la manipulación de químicos y las piezas impresas tienen una limitación en aplicaciones de alta resistencia mecánica.

A continuación, se muestra una comparativa de los precios encontrados en el mercado actual en Colombia de las resinas para impresión 3D.

*Tabla 3 Comparativa de precios de resinas en el mercado actual colombiano*

Marca	Tipo de resina	Diámetro	Peso	Precio
Resinas 3D Colombia	Resina estándar	500 ml	1 kg	\$90.000
Resinas 3D Colombia	Resina flexible	500 ml	1 kg	\$100.000
Resinas 3D Colombia	Resina biocompatible	500 ml	1 kg	\$120.000
Resinas 3D Medellín	Resina estándar	500 ml	1 kg	\$85.000
Resinas 3D Medellín	Resina flexible	500 ml	1 kg	\$95.000
Resinas 3D Cali	Resina estándar	500 ml	1 kg	\$80.000
Resinas 3D Cali	Resina flexible	500 ml	1 kg	\$90.000

*Fuente: (Propia, 2023)*

En Colombia, existen dos empresas destacadas en el mercado de las resinas para impresión 3D. Resinas 3D Colombia, fundada en 2022 y con sede en Bogotá, ofrece una amplia gama

de resinas, incluyendo estándar, flexible y biocompatible. Sus productos se distinguen por su alta calidad y rigurosos estándares de control de calidad. Por otro lado, Resinas 3D Cali, establecida en 2023 y ubicada en Cali, se especializa en resinas estándar y flexibles de calidad premium, también sometidas a estrictos controles de calidad. Ambas empresas buscan satisfacer las necesidades del mercado de impresión 3D en Colombia con productos de alta calidad y diversidad de opciones.



*Figura 16 Comparación de impresión 3D entre Resina y Filamento*

*Fuente: (Arrowti3d, 2023)*

A continuación, en la Figura 17, se detallan características específicas de los materiales mencionados, lo que puede ayudar a tomar una decisión informada al elegir el material más adecuado para el desarrollo de un proyecto.

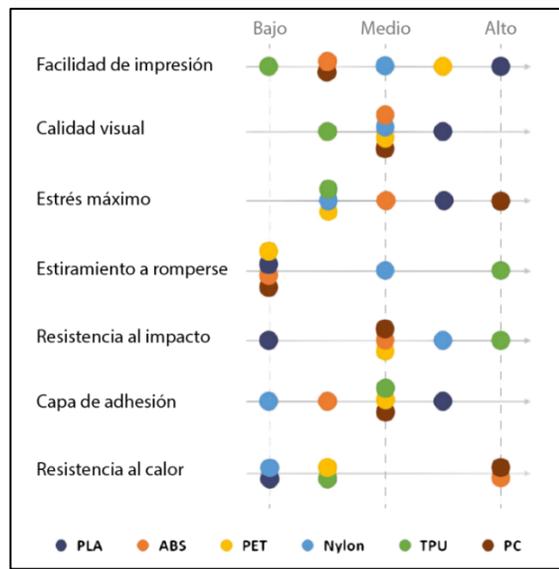


Figura 17 Comparación de características de materiales para impresión 3D. Fuente: (Arrowti3d, 2023)

Además, resulta imperativo tener en cuenta otros factores de relevancia cuando se trata de los costos en la impresión 3D, como la resolución de impresión, el nivel de relleno del objeto y el tamaño junto con la complejidad del modelo 3D. La resolución de impresión se refiere al grosor de cada capa; cuanto mayor sea este valor, obtendremos superficies más lisas, pero esto conlleva un incremento en el tiempo de impresión. Por otro lado, el nivel de relleno del objeto determina su solidez: a mayor porcentaje de relleno, el objeto será más denso, mientras que un menor porcentaje resultará en una estructura más hueca. Del mismo modo, el tamaño y la complejidad del modelo 3D son factores que directamente afectan el costo de la impresión 3D, modelos más grandes consumen más material y tiempo de impresión, lo que se traduce en costos más altos y los diseños complejos pueden requerir tecnologías de impresión más precisas.

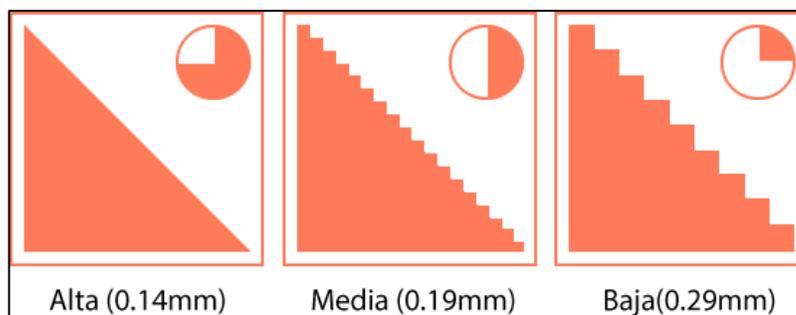


Figura 18 Resolución de impresión

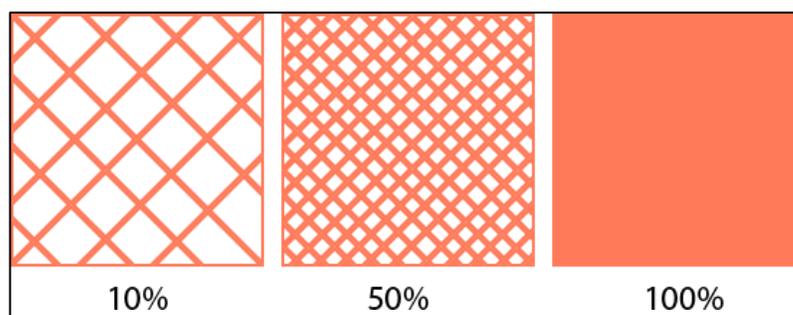


Figura 19 Relleno del objeto

Fuente: (Arrowti3d, 2023)

En resumen, los costos asociados con la impresión 3D en Colombia pueden experimentar variaciones significativas, influenciados por factores tales como el tamaño, la resolución, el nivel de relleno, el tipo de material y el proceso de impresión. Por esta razón, es fundamental establecer contacto con las empresas especializadas en este servicio en Colombia a fin de obtener una cotización precisa y adaptada a las necesidades de cada proyecto.

Estas empresas cuentan con la capacidad de ofrecer estimaciones de costos basadas en las especificaciones particulares de cada proyecto, así como brindar información detallada sobre los materiales utilizados y los procesos de impresión empleados.

A la hora de comparar los precios de diversas compañías, es relevante considerar los factores previamente mencionados, al igual que evaluar la reputación de la empresa y la calidad de los servicios que ofrecen. Esto permitirá a los interesados tomar decisiones

informadas y eficaces en la selección de la empresa más adecuada para llevar a cabo sus proyectos de impresión 3D en Colombia.

### 5.6.2 Análisis de costos de elementos electrónicos

En el contexto de este trabajo, es importante destacar la disponibilidad de componentes electrónicos en el mercado local. Esta accesibilidad ofrece una amplia gama de opciones en términos de referencias, marcas y características, permitiendo una adaptación precisa de los componentes a las necesidades individuales de los consumidores. No obstante, es importante reconocer que los precios de estos componentes pueden variar significativamente según el proveedor y la tienda, y estas variaciones pueden repercutir tanto en la calidad como en la funcionalidad de estos. El desarrollo de la máquina está diseñado para emplear los componentes electrónicos presentados en la Tabla 4. No obstante, estos componentes pueden ser reemplazados mediante una homologación o adaptados según las preferencias del usuario que llevará a cabo el desarrollo de la máquina.

*Tabla 4 Elementos electrónicos*

<b>Pieza/Material</b>	<b>Cantidad</b>
Motores de 5V	2
Pulsadores normalmente abiertos	5
Leds	2
Bomba de agua electrónica exterior	1
Resistencia térmica	1
Tarjeta ESP32	1
Protoboard	1
Reed switch	1
Resistencias de 4.7 k ohms	6
Módulos de relé	3
Resistencias de 330 ohms	2

*Fuente: (Propia, 2023)*

Es importante subrayar que al abordar los costos relacionados con la impresión 3D, es fundamental considerar los diversos factores previamente discutidos, como la elección del material, la técnica de impresión, el curado y otras técnicas específicas dentro de este

campo. La variedad de opciones en el mercado colombiano, representada por empresas como EQ3D, ArrowTI3D, AUROS, y otras, brinda una gama diversa de servicios de impresión 3D, cada uno ofreciendo diferentes tipos de filamentos, técnicas y capacidades.

Cada impresora 3D y proveedor puede ofrecer una cotización personalizada para determinar los parámetros específicos de la impresión, garantizando resultados óptimos. Por lo tanto, a pesar de la naturaleza variable de estos factores, se estima que para una impresión estándar en la máquina desarrollada en este trabajo de grado, el proceso podría requerir aproximadamente 45 horas. Traduciendo este tiempo en términos de costos de impresión, se estima un total de \$545.500 COP que equivalen a 133,84\$USD, esto abarca el tiempo de máquina, materiales y energía consumida.

Cabe destacar que esta estimación es aproximada y puede variar en función de los factores específicos de cada impresión 3D, así como del lugar donde se realice dicha tarea.

## 6. RESULTADOS

Con base en la investigación llevada a cabo para el desarrollo del presente trabajo, se presentan a continuación los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos específicos planteados.

### 6.1 Análisis de mercado

A través del análisis de mercado realizado, se han identificado características técnicas y parámetros de diseño esenciales para un dosificador de fórmula destinado a la alimentación de infantes. Estas incluyen precisión en la dosificación para evitar sobrealimentación o subalimentación, facilidad de uso para padres y cuidadores, capacidad suficiente para almacenar varias tomas de fórmula, durabilidad y resistencia para una larga vida útil, diseño compacto y ergonómico que ahorre espacio y sea fácil de manejar, un sistema de dosificación adaptable a diferentes tipos de fórmulas, seguridad en cumplimiento con las normativas para productos infantiles, y un enfoque en la eficiencia energética para costos operativos bajos y reducción del impacto ambiental. Además, es importante destacar que, aunque marcas como BabyBrezza y BabyEXO son reconocidas a nivel mundial, en Colombia son de difícil adquisición ya que solo se consiguen a través de importación. Esto subraya la necesidad de desarrollar un dosificador de fórmula local que cumpla con estos requisitos clave y esté disponible para las familias de clase media y baja en el país.

Asimismo, dado que la tecnología no está completamente democratizada en Colombia, con disparidades en el acceso a la misma, es importante crear una solución tecnológica que se adapte a las realidades y necesidades de una amplia gama de población, permitiendo así una mayor inclusión y accesibilidad para las familias colombianas.

### 6.2 Modelo virtual

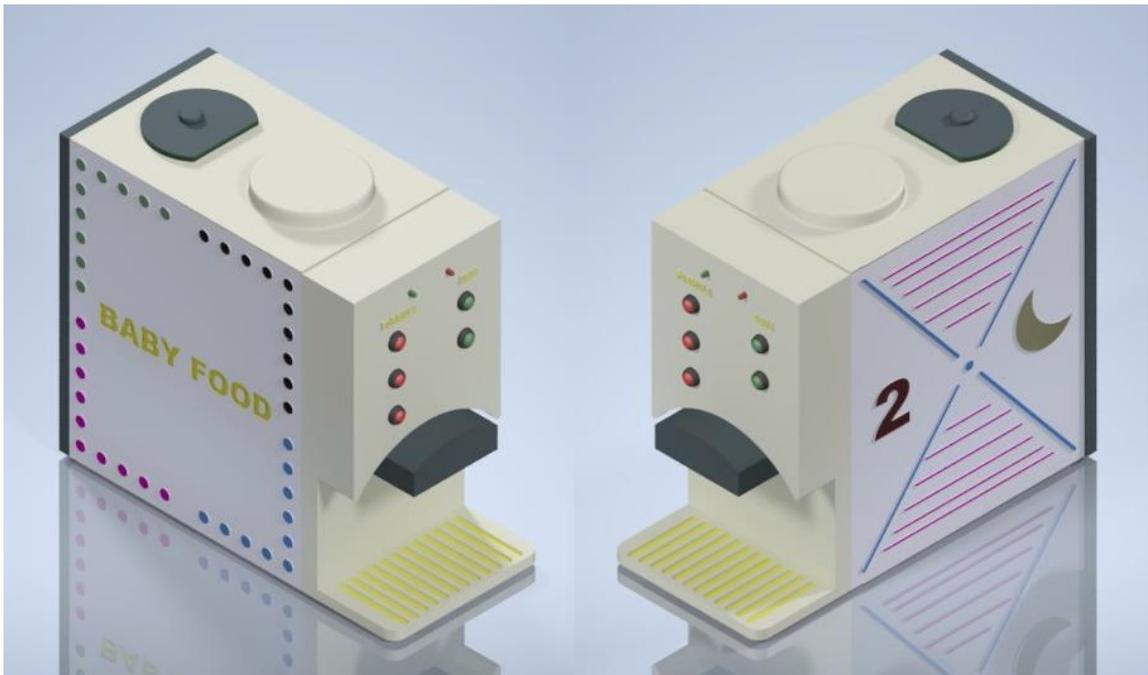
El sistema mecánico virtual del dosificador de fórmula infantil se ha modelado y diseñado con éxito utilizando el software Autodesk Inventor 2024. Se han representado en el modelado tridimensional de la máquina los componentes esenciales, como la tolva, el tornillo sin fin, la resistencia térmica, el motor eléctrico, las hélices, la bomba y todo el

conjunto de elementos y piezas que hacen parte de la integridad del equipo.

El ensamblaje del modelado tridimensional ha demostrado que todas las piezas y componentes se ajustan adecuadamente, asegurando la funcionalidad mecánica del dispositivo final. Se han identificado y resuelto problemas potenciales de ensamblaje, lo que ha minimizado los ajustes y modificaciones posteriores.

Además, se han creado representaciones visuales realistas y detalladas del dosificador de fórmula infantil mediante el proceso de renderizado. Estas imágenes visuales precisas y atractivas han sido fundamentales para la comunicación efectiva del diseño y sus características, permitiendo una vista previa de cómo se verá y funcionará el producto en la realidad.

En resumen, los resultados de la investigación han logrado el modelado exitoso del sistema mecánico virtual del dosificador de fórmula infantil, su ensamblaje sin problemas y la creación de representaciones visuales realistas, lo que contribuye a la eficiencia y calidad del proyecto.



*Figura 20 Vista general de la dosificadora*

*Fuente: (Propia, 2023)*

A continuación, se presenta el explosionado del diseño virtual del dispensador de fórmula para infantes desarrollado. Este tipo de representación es importante en el ámbito del diseño ya que permite una visualización detallada y desglosada de cada componente del dispositivo, permitiendo así una comprensión rápida y precisa de la estructura interna del dispensador, incluso para aquellos que no tienen experiencia técnica. Al mostrar cada elemento de forma individual, el explosionado simplifica la comunicación visual, mejorando la accesibilidad del contenido del documento. En el siguiente enlace se puede visualizar un video del explosionado del dosificador:

[https://drive.google.com/file/d/1vwXSPavIcsT\\_3WNlFGp7zhQUIWxxcIDf/view?usp=drivesdk](https://drive.google.com/file/d/1vwXSPavIcsT_3WNlFGp7zhQUIWxxcIDf/view?usp=drivesdk)

De igual manera en la Figura 21 se encuentra una vista isométrica explosionada con las partes del dosificador diseñado.

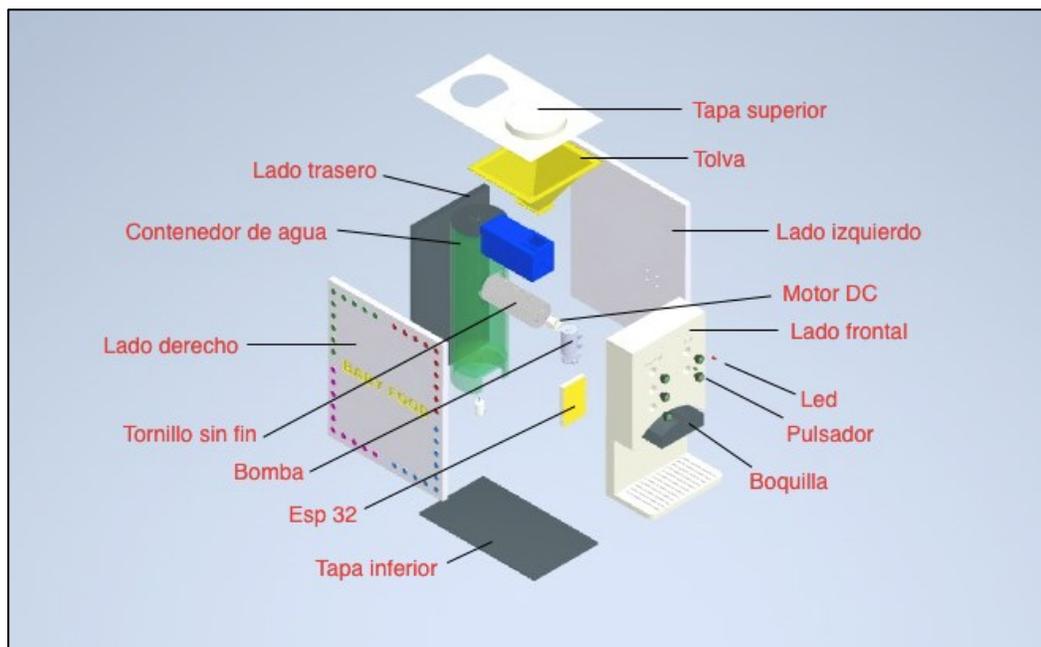


Figura 21 Explosionado del dosificador de fórmula para infantes

Fuente: (Propia, 2023)

El diseño eléctrico y electrónico de la máquina está concebido de manera que sea alimentado por una fuente de alimentación que transforma los 110 V de corriente alterna (AC) a 5 V de corriente continua (DC). Esta fuente alimentará la tarjeta electrónica PS32, que cuenta con una entrada de alimentación de 5 V y nos permitirá programar y controlar

los diversos actuadores y componentes del circuito electrónico, tales como bombas, motores y relés. En ese sentido esta tarjeta también facilita la comunicación entre la interfaz del usuario y el resto de los componentes.

Es crucial señalar que las acciones estarán predefinidas para cada pulsador; algunos estarán destinados a la cantidad de agua deseada, mientras que otros serán para la cantidad de fórmula que se pretende utilizar. De este modo, el usuario podrá elegir entre diversas opciones, permitiendo diferentes mediciones de agua y fórmula para bebés con tan solo dos simples pulsaciones de botones para obtener un biberón.

También en la máquina, se incorporarán dos LEDs que informarán al usuario sobre el estado de la máquina, ya sea en reposo o ejecutando una tarea, para garantizar que el proceso no se interrumpa de manera segura.

La máquina incluye una tolva, la cual almacena una cantidad considerable de fórmula, permitiendo al usuario preparar varios biberones consecutivos. Esta está conectada a un conducto donde se encuentra un tornillo sin fin el cual es movido por un motor DC. La dosificación se logra mediante un reed switch, que permiten identificar la cantidad de fórmula movida en función del número de giros del tornillo.

La fórmula dosificada caerá en el envase de agua, que cuenta con tres elementos clave: una resistencia térmica, una turbina movida por un motor DC. Estos elementos permiten obtener una mezcla homogénea, un aumento de temperatura para entibiar la mezcla y hacerla agradable para el bebé.

Finalmente, una bomba transportará la cantidad de agua deseada desde el tanque hasta la boquilla de salida de la máquina, donde se posicionará el biberón.

Es relevante mencionar que, para el futuro desarrollo del prototipo del dispensador, se han considerado elementos electrónicos que operan con un voltaje de 5 V, obtenido de la fuente de alimentación. Comercialmente, existen diversos modelos de motores DC, bombas y relevadores en el mercado compatibles con este voltaje. En cuanto a la resistencia, se encuentran también diferentes referencias y tamaños que funcionan con 110 V, por lo que en los planos eléctricos se destaca su conexión en la línea de alimentación. Por lo tanto, La elección de estos modelos dependerá de la disponibilidad comercial en el momento y de las

posibles variaciones de precios entre las marcas. Este enfoque permitirá adaptarse a las condiciones comerciales cambiantes y garantizar la viabilidad económica del proyecto.

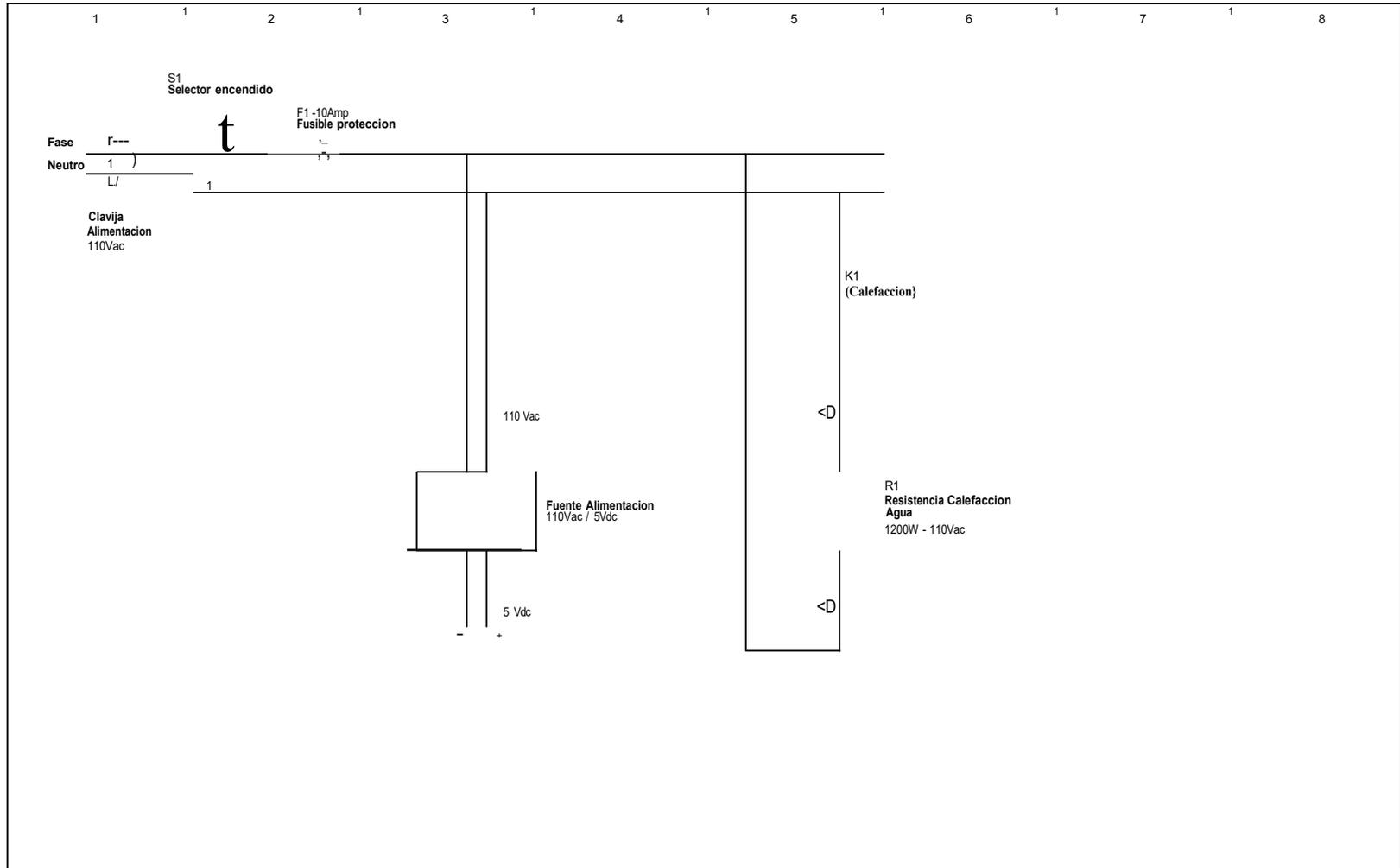
### 6.2.1 Diseño virtual del circuito electrónico

A continuación, se desarrolló el diseño virtual de un circuito electrónico el cual representa una parte importante para el desarrollo de la máquina dosificadora de fórmula para infantes.

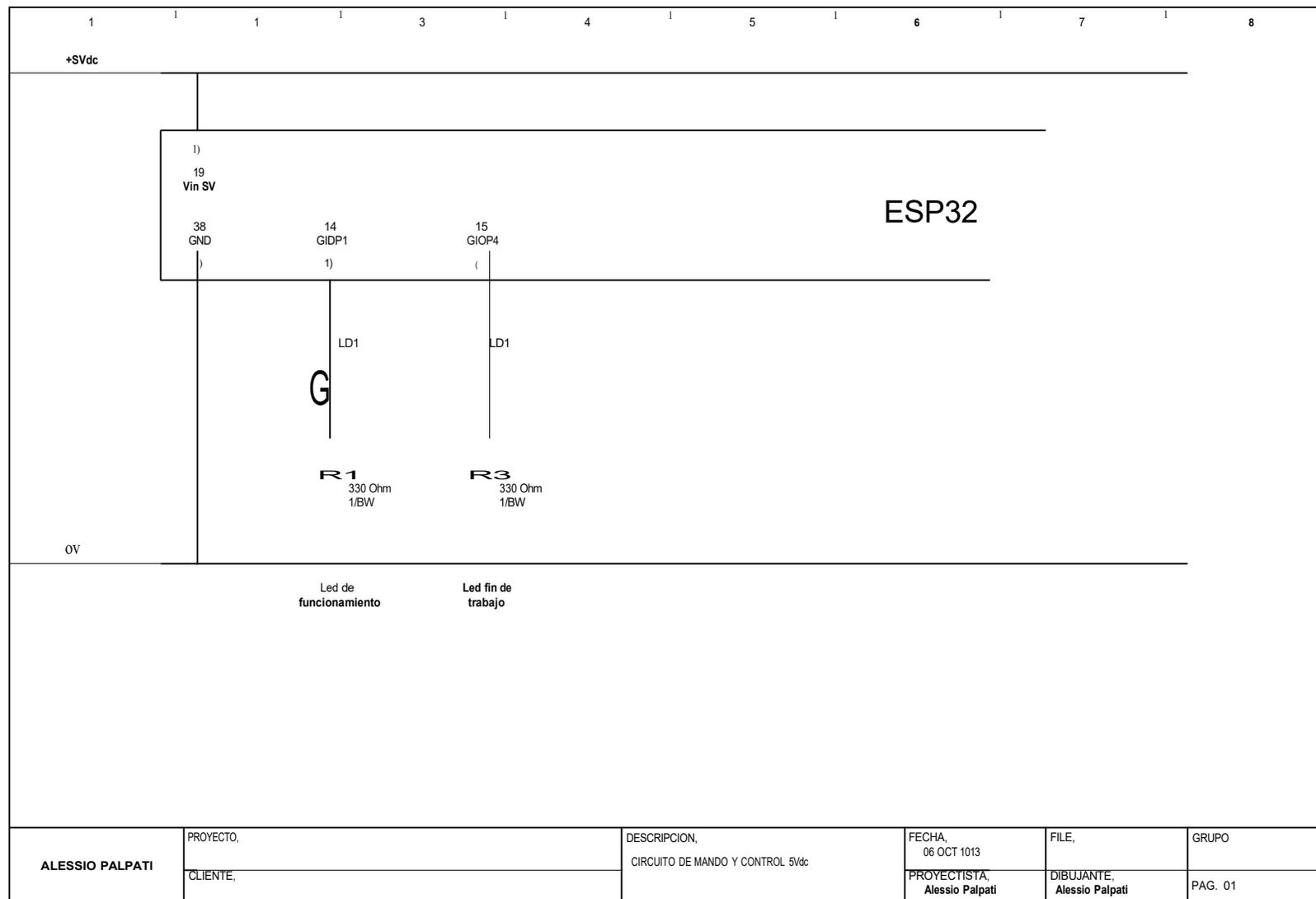
El circuito comprende una selección precisa de componentes electrónicos, así como la configuración detallada de la tarjeta electrónica, en la que se ha optado por la inclusión de un microcontrolador ESP32. La programación y el lenguaje que guiarán el funcionamiento del circuito serán determinados por el programador encargado del proyecto.

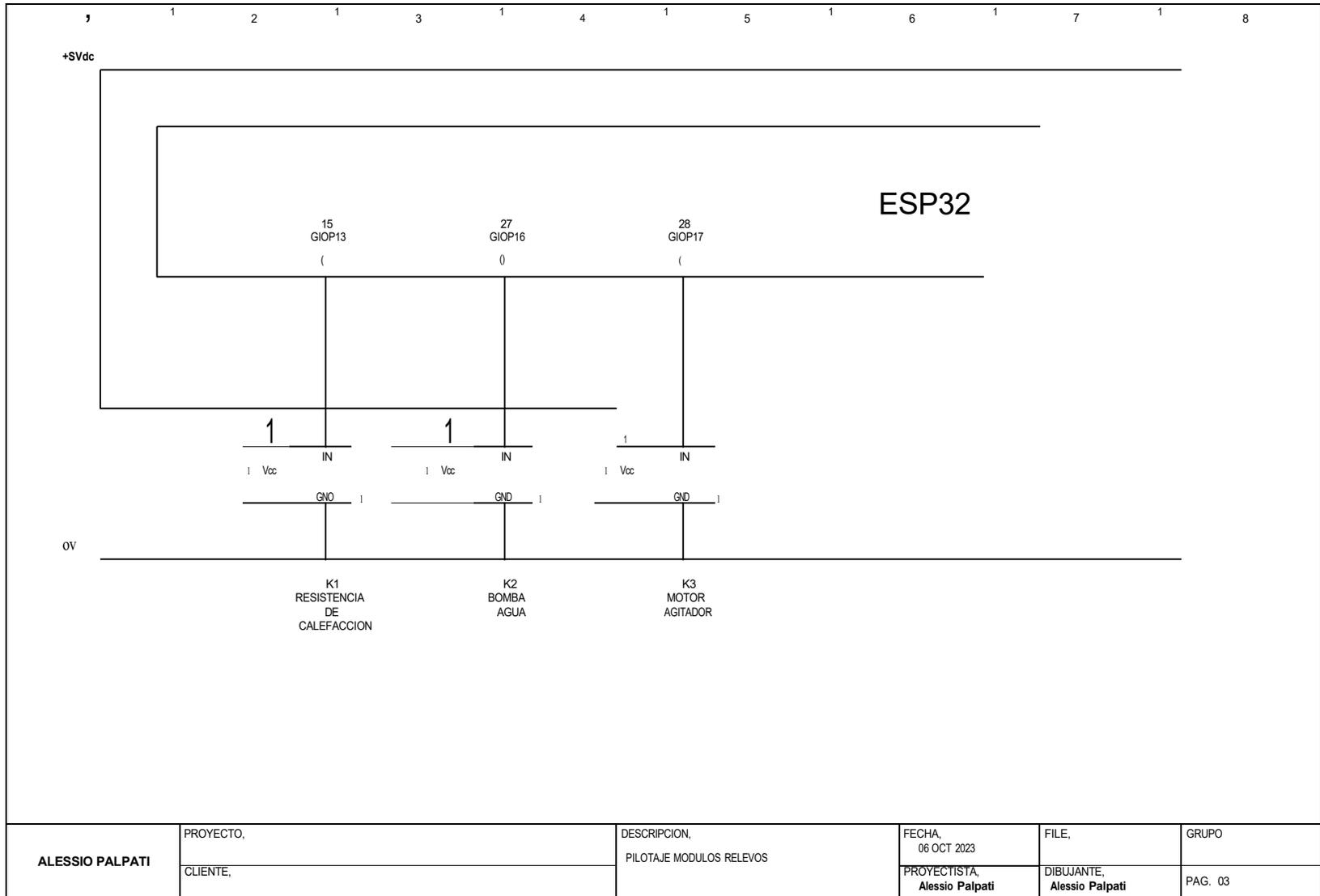
Este diseño virtual ha sido concebido mediante el empleo de la herramienta de diseño asistido por computadora, AutoCAD, desarrollada por Autodesk. AutoCAD es un software ampliamente reconocido en el campo de la ingeniería y el diseño, que brinda las capacidades necesarias para crear representaciones digitales precisas de objetos, sistemas complejos y circuitos electrónicos. Su funcionamiento se sustenta en la utilización de herramientas de dibujo, edición y modificación, permitiendo la generación de planos, diagramas y modelos tridimensionales de alta fidelidad. Además, proporciona la capacidad de incorporar información técnica, como dimensiones y especificaciones, lo que garantiza la precisión y calidad del diseño del circuito electrónico.

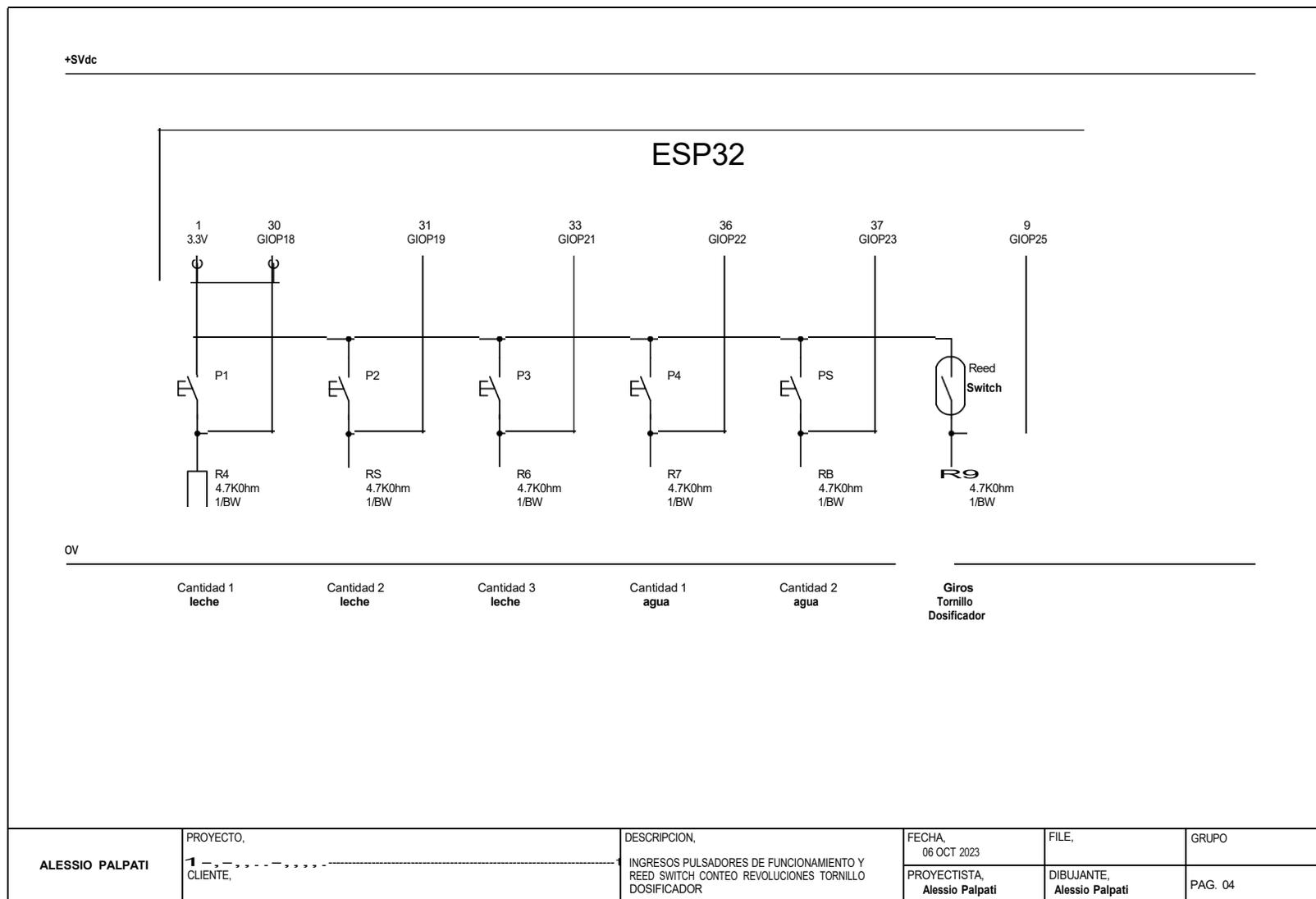
La elección de AutoCAD de Inventor 2024 como la plataforma para la creación de este diseño virtual subraya la importancia de garantizar la exactitud y la fiabilidad en el desarrollo de la máquina dosificadora de fórmula para infantes. Los planos eléctricos se encuentran a continuación:

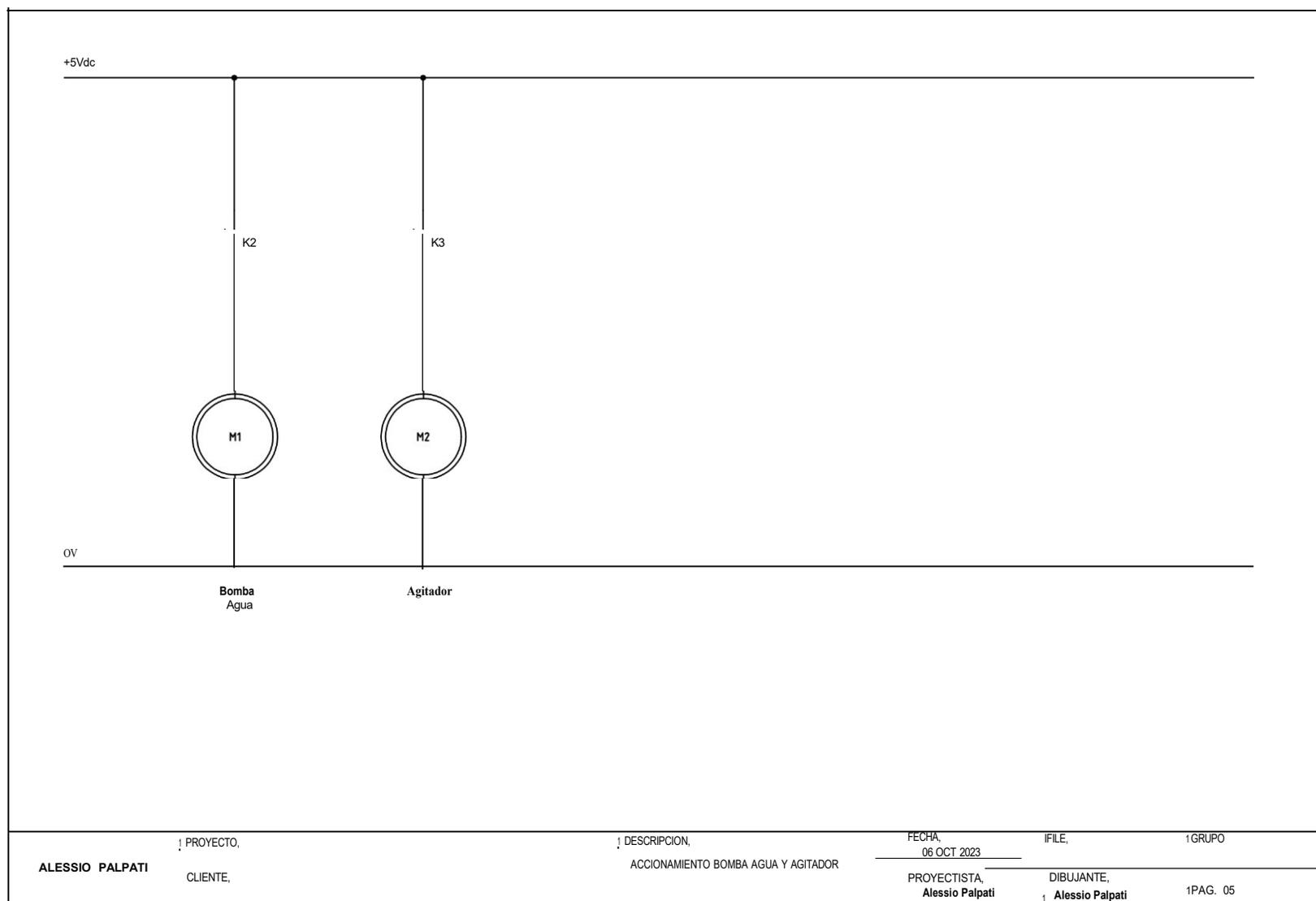


<b>ALESSIO PALPATI</b>	PROYECTO,	DESCRIPCION, CIRCUITO DE POTENCIA 110Vac	FECHA, 06 OCT 2023	FILE,	GRUPO
	CLIENTE,		PROYECTISTA, Alessio Palpati	DIBUJANTE, Alessio Palpati	









### 6.3 Costos de fabricación

Mediante el análisis de diversos factores importantes que deben tenerse en cuenta para determinar los costos de fabricación y desarrollo del dosificador para nutrición infantil, es posible tener presente varios aspectos clave que ya han sido mencionados.

La disponibilidad de componentes electrónicos en el mercado colombiano brinda flexibilidad en la elección de componentes, permitiendo a los consumidores adaptar los elementos a sus necesidades específicas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los precios de estos componentes pueden variar significativamente según el proveedor y la tienda. Por lo tanto, la adaptación de componentes puede influir en los costos totales del proyecto.

Para estimar los costos de los componentes electrónicos para un dispensador de fórmula infantil, es importante considerar varios factores, como la complejidad del dispositivo (los dispositivos más complejos requerirán más componentes, lo que aumentará los costos), las características del dispositivo (los dispositivos con características adicionales serán más costosos) y la calidad de los componentes (los componentes de alta calidad son más costosos, pero también más duraderos y confiables).

En este proyecto, se lleva a cabo la evaluación de los componentes electrónicos fundamentales necesarios para el funcionamiento adecuado de la máquina, tomando en consideración los precios estándares vigentes en el mercado colombiano a la fecha actual, que corresponde a 2023

Tabla 5 Análisis de costos de los elementos electrónicos

Pieza/Material	Cantidad	Valor por unidad COP [\$]	Costo total COP [\$]
Motores de 5V	2	20.000	40.000
Pulsadores normalmente abiertos	5	2.000	10.000
Leds	2	1.000	2.000
Bomba de agua electrónica exterior	1	30.000	30.000
Resistencia térmica	1	20.000	20.000
Tarjeta ESP32	1	40.000	40.000
Protoboard	1	10.000	10.000
Reed switch	1	3.000	3.000
Resistencias de 4.7 k ohms	6	100	600
Módulos de relé	3	10.000	30.000
Resistencias de 330 ohms	2	100	200
		<b>Total COP</b>	<b>185.800</b>
		<b>Total USD</b>	<b>46.48</b>

Fuente: (Propia, 2023)

Además, es relevante destacar que los costos de impresión 3D también se deben evaluar en el proyecto. En el mercado colombiano, existen varias opciones que ofrecen una amplia diversidad de servicios de impresión 3D. Cada proveedor y máquina de impresión 3D presenta características distintas, como tipos de filamentos, técnicas de impresión y capacidades específicas.

Para la impresión estándar de la máquina diseñada en este trabajo de grado, se estima un costo aproximado de 545.500 COP o 133,84 USD. Este costo incluye el tiempo de máquina, los materiales utilizados y la energía consumida en el proceso. No obstante, es importante tener presente que esta estimación es aproximada y puede variar según factores específicos, como el tamaño del modelo, el tipo de filamento, la complejidad del modelo y la ubicación del proveedor.

## 7. CONCLUSIONES

Basado en los análisis y hallazgos presentados a lo largo de este trabajo de investigación, se puede concluir que Colombia enfrenta desafíos significativos en lo que respecta a la accesibilidad y adopción de nuevas tecnologías por ciertos estratos sociales. Esta brecha tecnológica dificulta la adaptación de la sociedad a los avances tecnológicos que están teniendo un impacto considerable en la actualidad, mejorando la eficiencia de las tareas diarias de las personas. Como resultado, solo algunos sectores de la población pueden disfrutar plenamente de estos beneficios.

A pesar de que la mayoría de la sociedad colombiana se compone de familias de clase media o baja, existen formas de fomentar la accesibilidad a estas tecnologías, principalmente a través de la democratización del acceso a información y el apoyo de tecnologías emergentes. En este contexto, la impresión 3D desempeña un papel fundamental en la materialización de proyectos como el que se ha explorado en este estudio. En Colombia, diversas marcas nacionales ofrecen servicios de impresión 3D con el respaldo de profesionales en el campo, lo que facilita la fabricación de componentes y piezas necesarios para la construcción de la dosificadora de fórmula para bebés.

Adicionalmente, la investigación revela que la construcción de una dosificadora local puede resultar en una inversión considerablemente más económica en comparación con la adquisición de máquinas importadas disponibles comercialmente. Esta opción no solo satisface la necesidad principal de facilitar la preparación de biberones, sino que también aborda la problemática de la disponibilidad de repuestos y el mantenimiento preventivo, que son desafíos comunes asociados con las máquinas importadas.

En resumen, este trabajo subraya la importancia de promover la accesibilidad a la tecnología en Colombia, especialmente en el contexto de dispositivos como la dosificadora de fórmula para bebés. Al hacerlo, se pueden impulsar la igualdad de oportunidades y el

acceso a herramientas que mejoren la calidad de vida de un sector más amplio de la población, contribuyendo así al desarrollo tecnológico y social del país.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrowti3d. (2023). *Impresiones 3D* Obtenido de <https://arrowti3d.com/>
- Benz, M. (1908 ). Eine neue Methode, Kaffee zuzubereiten. *Kaffee-Zeitung*.
- Caliman. (1933). Un nuovo metodo di preparazione del caffè. *La Cucina Italiana*.
- DANE. (2021). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* . Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-hogares-entic-hogares>
- Dimcad3d. (2023). *Herramientas digitales para el diseño 3D* Obtenido de <https://dimcad3d.com/>
- García Giraldo, D. C. (2022). Caracterización de materiales de impresión 3D para la fabricación de piezas funcionales. *Revista Colombiana de Materiales*.
- Gaggia, A. (1948). Nueva macchina da caffè a vapore senza pistonì. *Rivista Italiana delle Bevand*.
- Gómez Muñoz, D. J. (2021). *Universidad cooperativa de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/items/02358211-1b86-41a8-a689-3114da90df17>
- Humano, I. N. (2022). *La importancia de la lactancia materna para la salud de la madre y el niño*.
- Innovations, C. A. (1972). Introduction of the first automatic drip coffee maker. *Coffee & Tea Trades Journal*.
- Johnson, R. S. (2020). *The impact of technology on coffee culture*.
- Torres Atahualpa, G. G. (2016). *Alicia*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7814>
- Johnson. (2010). *La historia de la cafetera*.
- Loeff. (1825). Beschreibung einer neuen Kaffeemaschine. *Journal für Chemie und Physik*.
- MINTIC. (2020). *Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de Colombia*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/182108:Colombia-avanza-en-su-meta-de-estar-conectada-en-un-70-en-2022-DANE#:~:text=El%20DANE%20revel%C3%B3%20que%20en,en%204%20puntos%20al%202019>.
- Pediatría, A. A. (2020). *Alimentación complementaria para bebés y niños pequeños*. Obtenido de <https://www.healthychildren.org/English/ages-stages/baby/formula-feeding/Pages/How-Much-Formula-Is-Right-for-Your-Baby.aspx>
- Salud, O. M. (2020). *Guiding principles for complementary feeding of the breastfed child*.
- Smith. (2020). *El impacto de la tecnología en la sociedad*.
- Smith, J. &. (2019). *The rise of the coffee machine: A study of consumer preferences*.
- Thompson, S. B. (1798). On the Method of Making Coffee. *Philosophical Transactions of the Royal Society*.