



ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS SALUDABLES  
COMO MEDIDA PREVENTIVA DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN  
POBLACIONES DE ALTO RIESGO EN BOGOTÁ

**PRESENTADO POR:**

JOHAN LEONARDO BUSTOS ESPINEL

CESAR ARTURO VÁSQUEZ SALAZAR

PROYECTO DE INTEGRACIÓN – PREGRADO (PROYECTO DE GRADO)

GRUPO 3 – FIN – VIRTUAL – PRIMER SEMESTRE 2025

**DOCENTE:** JULIÁN DANIEL TORRES VANEGAS

UNIVERSIDAD EAN  
FACULTADES DE INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA  
JUNIO 2025

## CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>Análisis de requerimientos .....</b>	<b>12</b>
Propósito del proyecto .....	12
Parámetros de Diseño .....	12
Requerimientos Funcionales Por Fase .....	13
Fase 1: Recolección y análisis de información sobre factores alimentarios asociados a enfermedades cardiovasculares.....	13
Fase 2: Análisis técnico de procesos industriales de producción y conservación de alimentos .....	13
Fase 3: Evaluación de la relación entre procesos industriales saludables y su impacto en la salud cardiovascular .....	14
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
Fundamentación teórica y antecedentes relevantes.....	15
Consumo de sodio y su impacto en la salud cardiovascular .....	16
Producción y distribución de alimentos saludables: una mirada desde la ingeniería.....	16
Impacto del Consumo de Sodio en la Presión Arterial .....	17
Impacto del consumo de azúcares añadidos en la salud cardiovascular .....	18
Grasas trans y su relación con enfermedades cardiovasculares .....	19
Alimentos ultra procesados y riesgo cardiovascular .....	19
Tecnologías para la Producción y Distribución de Alimentos Saludables.....	20
Normas de calidad y seguridad alimentaria .....	20
Identificación de los principales factores alimentarios asociados al desarrollo de enfermedades cardiovasculares en Bogotá.....	20
<b>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES.....</b>	<b>21</b>
Restricciones Ambientales.....	22
Restricciones Económicas .....	22
Restricciones Legales y Regulatorias .....	22
Restricciones de Salud y Seguridad Alimentaria.....	23
Restricciones Socioculturales .....	23
<b>PRIMERA POSIBLE SOLUCIÓN: PROCESAMIENTO POR ALTAS PRESIONES HPP .....</b>	<b>24</b>
High Pressure Processing (HPP).....	24
Funcionamiento del HPP .....	26
<b>SEGUNDA POSIBLE SOLUCIÓN: CAMPOS ELECTRICOS PULSADOS (PEF).....</b>	<b>29</b>
Funcionamiento del PEF.....	29
¿Químicamente Que Hace?.....	30
Pasteurización no térmica: .....	31
Mejora de los procesos.....	31
<b>TERCERA POSIBLE SOLUCIÓN: ULTRASONIDO DE ALTA POTENCIA (HPU) .....</b>	<b>31</b>
¿Cómo funciona el HPU? .....	32
<b>METODOLOGIA PARA LA SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCION .....</b>	<b>34</b>

Restricciones Económicas .....	35
Restricción Económica HPP: (3 Puntos) .....	35
Restricción Económica PEF: (3 Puntos).....	36
Restricción Económica HPU (2 Puntos).....	36
Restricciones Sociales.....	36
Restricción Social HPP: (5 Puntos) .....	36
Restricción Social PEF: (3 Puntos).....	37
Restricción social HPU: (3 Puntos) .....	37
Restricciones Legales.....	37
Restricción Legal HPP: (5 Puntos) .....	37
Restricción Legal PEF (3 Puntos).....	38
Restricción Legal HPU (3 Puntos).....	38
Restricciones Ambientales.....	38
Restricción Ambiental HPP: (4 Puntos).....	38
Restricción Ambiental PEF: (5 Puntos) .....	39
Restricción ambiental HPU: (2 Puntos) .....	39
Restricciones de Salud y Seguridad .....	39
Restricción de Salud y Seguridad HPP: (5 Puntos) .....	39
Restricción de Salud y Seguridad PEF: (5 Puntos).....	40
Restricción de Salud y Seguridad HPU: (2 Puntos).....	40
Beneficios De La Solución De Ingeniería A Los Problemas De Salud Generados Por Conservantes Y Aditivos.....	41
El Uso Del Sodio En La Industria Alimentaria.....	42
Efectos A La Salud Del Exceso De Sodio .....	43
El Uso Del Azúcar En La Industria Alimentaria .....	44
Efectos A La Salud Del Exceso De Azúcar .....	46
<b>ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>47</b>
1. COSTOS DEL PRODUCTO .....	48
1.1. Costos Directos .....	48
1.2. Costos Fijos.....	48
1.3. Gastos Generales u Overhead .....	48
2. COSTOS DE INVERSIÓN .....	49
2.1. Costos Directos de Inversión .....	49
2.2. Costos Indirectos.....	49
2.3. Capital de Trabajo.....	49
3. RENTABILIDAD ESPERADA (ROI).....	49
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>53</b>

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Causas de muerte en Colombia 2022 .....	10
<b>Figura 2.</b> Funcionamiento del sistema HPP.....	27
<b>Figura 3.</b> Reducción logarítmica del E. Coli por diferentes presiones .....	28

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación del consumo promedio de sodio por región frente al valor recomendado por la OMS.....	18
<b>Tabla 2.</b> Parámetros técnicos de presión, tiempo y temperatura en productos alimentarios .....	25
<b>Tabla 3.</b> Efectos del procesamiento por HPP sobre la calidad de distintos productos alimentarios .....	26
<b>Tabla 4.</b> Comparación de viabilidad mediante evaluación de puntos en las restricciones .....	40

## ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo de la ingesta de sodio.....	17
<b>Ecuación 2.</b> Cálculo del ROI.....	50

## RESUMEN EJECUTIVO

Las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causas de muerte en el mundo, y una alimentación saludable es clave para su prevención. Este proyecto evalúa la viabilidad de estrategias tecnológicas para la conservación y distribución de alimentos más saludables en poblaciones urbanas de alto riesgo en Bogotá.

Se revisan estudios que analizan la relación entre los procesos industriales, la calidad nutricional y la salud cardiovascular, con énfasis en métodos no térmicos como altas presiones hidrostáticas (HPP), campos eléctricos pulsados (PEF) y ultrasonido de alta potencia (HPU). Estas tecnologías permiten reducir el uso de aditivos y conservantes, mantener las propiedades organolépticas y prolongar la vida útil de los alimentos.

Los resultados aportan criterios para seleccionar la técnica más adecuada en función de su viabilidad económica, ambiental, legal y social, contribuyendo a reducir factores de riesgo como el consumo excesivo de sodio y grasas trans. Así, el proyecto ofrece estrategias concretas para la industria alimentaria que pueden favorecer una alimentación saludable y sostenible en la población objetivo.

**Palabras clave:** enfermedades cardiovasculares, alimentación saludable, conservación de alimentos, tecnologías no térmicas, prevención.

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares han sido reconocidas como una de las principales causas de muerte en el mundo y en Colombia. La evidencia científica ha mostrado que los patrones alimentarios inadecuados, el consumo excesivo de sodio, azúcares y grasas trans, así como los hábitos sedentarios, son los principales factores que incrementan el riesgo cardiovascular (Mozaffarian, 2020; WHO, 2023). En este contexto, las dietas saludables, como la mediterránea o la DASH, han sido ampliamente recomendadas por su impacto positivo en la reducción de estos riesgos (Estruch et al., 2018). Sin embargo, garantizar que poblaciones urbanas en situación de vulnerabilidad tengan acceso a alimentos saludables es un desafío que depende tanto de los hábitos como de los procesos industriales que intervienen en la producción y conservación de estos alimentos.

En respuesta a esta problemática, en el presente proyecto se analizó la viabilidad de implementar distintas tecnologías no térmicas para la conservación y distribución de alimentos saludables, priorizando su calidad nutricional, seguridad y tiempo de vida útil. Para ello, se revisaron estudios nacionales e internacionales sobre el uso de altas presiones hidrostáticas (HPP), campos eléctricos pulsados (PEF) y ultrasonido de alta potencia (HPU), evaluando su impacto en las características sensoriales y nutricionales de los alimentos y su aplicabilidad en el entorno local.

Esta investigación permitió comprender las restricciones económicas, sociales, legales y ambientales que pueden condicionar la adopción de estos métodos en empresas del sector alimentario en Bogotá, brindó criterios para identificar estrategias sostenibles y adaptadas a las necesidades del mercado y la población. De este modo, el estudio buscó contribuir con una base técnica que facilite el desarrollo de estrategias para la producción y conservación de alimentos más saludables como herramienta de prevención contra las enfermedades cardiovasculares.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la viabilidad de estrategias basadas en procesos industriales para la producción y conservación de alimentos saludables, orientadas a responder a las condiciones sociales, económicas y de salud pública de poblaciones urbanas con alto riesgo de enfermedades cardiovasculares en Bogotá, con el fin de contribuir a su prevención y promover una mejora en la calidad de vida.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los principales factores alimentarios asociados al desarrollo de enfermedades cardiovasculares en Bogotá.
- Analizar los procesos industriales actuales de conservación de alimentos que afectan la calidad nutricional y la salud cardiovascular, considerando el uso de aditivos, conservantes y técnicas de procesamiento.
- Evaluar la viabilidad técnica, económica, social y legal de tecnologías industriales alternativas para la conservación de alimentos más saludables.
- Relacionar los factores alimentarios identificados con los procesos industriales analizados, como base para el diseño de estrategias orientadas a mitigar el riesgo de enfermedades cardiovasculares en poblaciones urbanas de alto riesgo.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) continúan siendo una de las principales causas de muerte a nivel mundial, representando aproximadamente el 32 % de los fallecimientos anuales, según la Organización Mundial de la Salud (2023). En Colombia, esta problemática se mantiene como una de las más críticas dentro del panorama de salud pública, afectando especialmente a poblaciones en condición de vulnerabilidad socioeconómica (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).

Uno de los factores más determinantes y modificables en la aparición de las ECV es la alimentación. Diversos estudios han demostrado que una dieta inadecuada, basada en alimentos ultraprocesados, altos en sodio, grasas saturadas y azúcares añadidos, incrementa significativamente el riesgo de padecer estas enfermedades (Micha et al., 2017; Monteiro et al., 2019). Esta situación se agrava en sectores urbanos con menores ingresos, donde el acceso a alimentos saludables es limitado tanto por factores económicos como por las condiciones del sistema de distribución (Vásquez et al., 2021; López et al., 2020).

En Bogotá, localidades como Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Kennedy concentran altos índices de enfermedades crónicas no transmisibles, incluyendo hipertensión, obesidad y diabetes tipo 2 (Secretaría Distrital de Salud, 2023). Estas localidades, además, enfrentan múltiples barreras relacionadas con el acceso a productos alimenticios de calidad nutricional adecuada (García et al., 2022). A pesar de la existencia de recomendaciones dietéticas respaldadas por la evidencia científica, las soluciones actuales no logran responder eficazmente a las realidades sociales, económicas y territoriales de estas comunidades.

Ante este panorama, se identifica la necesidad de abordar el problema desde una perspectiva que considere no solo los hábitos alimentarios, sino también los procesos industriales que determinan la calidad de los alimentos que llegan a estas poblaciones. La falta de estrategias adaptadas para la producción y conservación de alimentos saludables representa una brecha importante en los esfuerzos por prevenir las ECV en contextos urbanos vulnerables, haciendo indispensable evaluar alternativas que permitan cerrar esa brecha desde la ingeniería y la salud pública.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Con el fin de orientar el desarrollo del estudio, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

**¿Qué tan viables son las estrategias basadas en procesos industriales para la producción y conservación de alimentos saludables como medida preventiva frente a las enfermedades cardiovasculares en poblaciones urbanas de alto riesgo en Bogotá?**

La pregunta lleva la investigación hacia el análisis de estrategias industriales para la producción y conservación de alimentos saludables, evaluando la eficacia, viabilidad y aplicabilidad de procesos tecnológicos en Bogotá. Busca determinar cómo estas estrategias pueden contribuir a prevenir enfermedades cardiovasculares en poblaciones de alto riesgo, fortaleciendo la relación entre la ingeniería de alimentos y la salud preventiva.

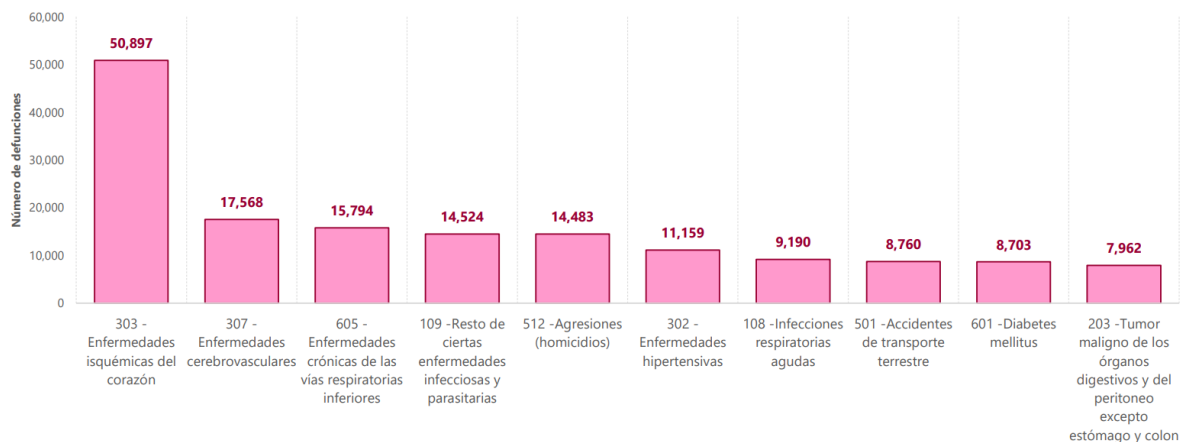
## JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) continúan siendo una de las principales causas de muerte en Colombia. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2022), de hecho, 4 de las 10 primeras causas de muerte en Colombia esta directamente relacionada con problemas que toman mayor fuerza respecto a la alimentación (Enfermedades isquémicas del corazón, Enfermedades cerebrovasculares, Enfermedades hipertensivas y Diabetes mellitus).

### Primeras 10 causas de muerte en Colombia según grupos de causas lista 6/67

#### Total nacional

Año 2022



Primeras 10 causa de muerte (Lista 667)

**Figura 1.** Causas de muerte en Colombia 2022

Este panorama es aún más preocupante en localidades específicas de Bogotá, como Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Kennedy, donde se han registrado mayores prevalencias de hipertensión, obesidad y diabetes tipo 2, condiciones que incrementan el riesgo cardiovascular (Secretaría Distrital de Salud, 2023).

Por ello, este proyecto es importante al proponer un análisis de estrategias industriales enfocadas en la producción y conservación de alimentos saludables, específicamente dirigidas a poblaciones en situación de vulnerabilidad en Bogotá. Su pertinencia radica en que permite vincular el conocimiento científico sobre enfermedades cardiovasculares con soluciones tecnológicas concretas desde la ingeniería de alimentos, aportando evidencia útil para el diseño de políticas públicas, la toma de decisiones empresariales y la mejora en la calidad de vida de sectores históricamente desatendidos. Además, al centrarse en estrategias adaptadas al contexto local, este trabajo ofrece un enfoque aplicable, sostenible y alineado con las necesidades reales de salud y alimentación de la población. (Secretaría Distrital de Salud, 2023).

En este contexto, el presente proyecto cobra relevancia porque propone soluciones enfocadas en la producción y distribución de alimentos saludables, adaptadas a las condiciones reales de las poblaciones más vulnerables. No se trata únicamente de promover hábitos alimenticios adecuados, sino de entender cómo se puede garantizar su viabilidad desde la propuesta de procesos de producción, conservación y distribución de alimentos en la industria.

Así, esta propuesta busca aportar al desarrollo de estrategias aplicables que podrían ser consideradas por entidades del sector salud y la industria alimentaria, con el fin de integrar soluciones técnicas con impacto social. Además, al basarse en evidencia científica y análisis territorial, este estudio ofrece un enfoque tanto en la nutrición, como en las enfermedades cardiovasculares y su relación con un procesamiento y conservación adecuada de los alimentos en la industria.

## Análisis de requerimientos

El éxito de esta investigación dependerá de la correcta formulación de los pasos necesarios para poder dar solución tanto a la pregunta de investigación como a los objetivos que esto conlleva.

### Propósito del proyecto

Este proyecto busca analizar la viabilidad de diversos procesos industriales para la producción, conservación y distribución de alimentos saludables, dirigidas específicamente a poblaciones urbanas de Bogotá que enfrentan un alto riesgo de enfermedades cardiovasculares. El objetivo es facilitar el acceso a alimentos saludables mediante propuestas viables que tengan en cuenta las condiciones económicas, logísticas, sociales, ambientales y legales de localidades como Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Kennedy, donde los indicadores de salud cardiovascular son especialmente críticos (Secretaría Distrital de Salud, 2023).

### Parámetros de Diseño

- **Contexto territorial y socioeconómico:** las localidades priorizadas presentan altos índices de pobreza, inseguridad alimentaria y dificultades logísticas en la distribución de alimentos saludables (Secretaría Distrital de Salud, 2023).
- **Capacidades del sistema productivo local:** es necesario evaluar los recursos tecnológicos y humanos disponibles en la industria alimentaria local para garantizar que las estrategias propuestas sean factibles (Mozaffarian, 2020).
- **Accesibilidad y sostenibilidad:** Se priorizarán soluciones de bajo costo, logística eficiente y adaptabilidad a largo plazo.

- **Extensión de vida útil:** La solución debe tener respaldo científico sobre la prolongación en la vida útil de los alimentos (Rastogi, 2018).

El desarrollo de este proyecto se estructura en tres fases que permiten avanzar paso a paso hacia la investigación de procesos que se puedan implementar en la industria trayendo beneficios para la producción y distribución de alimentos saludables, adaptada a las condiciones de poblaciones urbanas con alto riesgo cardiovascular. Cada fase considera no solo el componente técnico, sino también los aspectos económicos, sociales, ambientales y legales que influyen en su viabilidad.

### **Requerimientos Funcionales Por Fase**

#### **Fase 1: Recolección y análisis de información sobre factores alimentarios asociados a enfermedades cardiovasculares**

Para identificar los principales factores alimentarios que contribuyen al riesgo cardiovascular en las localidades seleccionadas (Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Kennedy), se requiere:

- Acceso a bases de datos oficiales sobre salud pública y hábitos alimenticios como SaluData, DANE, ENSIN.
- Revisión sistemática de literatura científica actualizada sobre alimentación y enfermedades cardiovasculares.

#### **Fase 2: Análisis técnico de procesos industriales de producción y conservación de alimentos**

Con el fin de analizar cómo los procesos industriales actuales afectan la calidad nutricional de los alimentos, se requiere:

- Revisión de literatura técnica y científica sobre procesos de producción y conservación en la industria alimentaria.
- Acceso a documentos técnicos de empresas productoras de alimentos (manuales de procesos, fichas técnicas, etiquetas).
- Identificación de etapas del proceso donde se utilizan aditivos, conservantes o técnicas que puedan impactar negativamente la salud cardiovascular.

### **Fase 3: Evaluación de la relación entre procesos industriales saludables y su impacto en la salud cardiovascular**

Para establecer una relación entre los procesos industriales más viables y los beneficios en salud cardiovascular, se requiere:

- Análisis comparativo de tecnologías industriales seleccionadas, con base en criterios de eficiencia, inocuidad, sostenibilidad y mejora nutricional.
- Acceso a estudios científicos sobre el impacto de tecnologías como HPP, PEF y HPU en la salud humana.
- Sistematización de datos que permitan establecer correlaciones entre prácticas de producción y beneficios sanitarios.
- Desarrollo de matrices que evidencien la pertinencia de estas tecnologías en el contexto local.

## MARCO TEÓRICO

### **Fundamentación teórica y antecedentes relevantes**

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son una de las principales causas de muerte en el mundo, y su prevención se ha convertido en un reto prioritario para la salud pública global (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Diversos estudios han demostrado que la alimentación es un factor determinante en el desarrollo o prevención de estas enfermedades, lo que ha llevado a múltiples organizaciones a recomendar patrones dietéticos específicos como herramienta de control.

Modelos como la dieta mediterránea o la dieta DASH han sido ampliamente documentados por su eficacia para reducir el riesgo cardiovascular, gracias a su alto contenido de frutas, verduras, legumbres, granos integrales y grasas saludables, junto con la reducción del consumo de alimentos ultra procesados, sodio y grasas saturadas (Estruch et al., 2018; Satija y Hu, 2018; Mozaffarian, 2020). En Colombia, y particularmente en Bogotá, los patrones de consumo alimentario en sectores de bajos ingresos no suelen cumplir con estas recomendaciones, debido a múltiples barreras: disponibilidad limitada de alimentos saludables, altos costos, dificultades logísticas en la distribución y bajo nivel de educación alimentaria (Secretaría Distrital de Salud, 2023). Esta realidad exige que cualquier estrategia de prevención cardiovascular esté acompañada por intervenciones que mejoren el acceso y la distribución de alimentos saludables en contextos urbanos vulnerables.

## Consumo de sodio y su impacto en la salud cardiovascular

Entre los diversos componentes de la dieta que se relacionan con el riesgo cardiovascular, el exceso de sodio es uno de los más estudiados. Una ingesta elevada de sal se asocia directamente con el aumento de la presión arterial, uno de los principales factores de riesgo de hipertensión y enfermedad coronaria (Mozaffarian, 2020). Según la OMS, el consumo promedio de sodio en América Latina supera los 3.400 mg/día, muy por encima de los 2.000 mg/días recomendados (OMS, 2020).

Aunque el sodio es un factor relevante, no es el único que debe considerarse. La presencia excesiva de azúcares añadidos, grasas trans y alimentos ultra procesados también contribuye al desarrollo de ECV (GBD 2019 Risk Factors Collaborators, 2020). Por esta razón, este proyecto considera el sodio como un componente importante dentro de una estrategia más amplia, enfocada en el acceso a **alimentos saludables en general**, no solamente bajos en sal.

## Producción y distribución de alimentos saludables: una mirada desde la ingeniería

Desde la ingeniería industrial, el diseño de estrategias de producción y distribución de alimentos funcionales implica analizar tanto las capacidades del sistema productivo como las condiciones logísticas y económicas que permiten que estos productos lleguen de manera eficiente a quienes más los necesitan (Micha et al., 2017). Las estrategias más exitosas suelen integrar procesos sostenibles, reducción de desperdicios, implementación de tecnologías limpias y mejoras en las cadenas de suministro.

En Bogotá, lograr que alimentos saludables estén disponibles y sean accesibles en localidades como Bosa, San Cristóbal o Ciudad Bolívar requiere una articulación entre productores,

distribuidores, instituciones de salud y políticas públicas. Por eso, cualquier estrategia diseñada debe tener en cuenta las restricciones económicas, culturales y geográficas de estos territorios.

### **Impacto del Consumo de Sodio en la Presión Arterial**

Si bien el sodio es necesario para funciones básicas del organismo, su consumo excesivo es uno de los principales factores de riesgo para la hipertensión. En muchas regiones del mundo, la ingesta diaria supera por mucho los niveles recomendados por la OMS (2.000 mg/día), con cifras de hasta 3.400 mg/día en América Latina (Estruch et al., 2018).

Según Estruch et al (2018), reducir la cantidad de sodio en los alimentos procesados es una estrategia clave para prevenir la hipertensión y sus consecuencias. Para ello, es primordial que la industria alimentaria adopte nuevas formulaciones y técnicas de producción que mantengan el sabor sin comprometer la salud del consumidor.

**Ecuación 1.** Cálculo de la ingesta de sodio

$$\Delta PA = k * (Na_{\text{ingesta}} - Na_{\text{recomendada}})$$

**Donde:**

$\Delta PA$  = representa la variación en la presión arterial.

$K$  = Es un coeficiente de ajuste basado en estudios epidemiológicos.

$Na_{\text{ingesta}}$  = Es la cantidad de sodio ingerido.

$Na_{\text{recomendada}}$  = Es la ingesta recomendada por la OMS.

Los estudios muestran que un consumo de sodio superior a los 3.400 mg/día, como el registrado en América Latina, puede aumentar significativamente el riesgo de hipertensión.

La siguiente tabla presenta comparaciones de consumo de sodio por región a nivel global:

**Tabla 1.** Comparación del consumo promedio de sodio por región frente al valor recomendado por la OMS

POBLACIÓN	CONSUMO PROMEDIO DE SODIO (mg/día)	OMS RECOMENDADO (mg/día)
América Latina	3.400	2.000
Europa	3.800	2.000
Asia	4.200	2.000

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud (2020); Estruch et al. (2018).

Esta relación evidencia la necesidad de diseñar estrategias que promuevan la reducción del sodio en la producción de alimentos, optimizando formulaciones y procesos industriales para mejorar la calidad nutricional de los productos disponibles en el mercado.

### **Impacto del consumo de azúcares añadidos en la salud cardiovascular**

El consumo excesivo de azúcares añadidos se ha asociado de forma directa con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, debido a su influencia en el aumento de triglicéridos, obesidad y resistencia a la insulina. Estudios como los de Yang et al. (2014) han demostrado que una ingesta calórica elevada proveniente de azúcares añadidos está relacionada con una mayor mortalidad por enfermedades del corazón, independientemente de otros factores de riesgo.

Además, el consumo frecuente de bebidas azucaradas y productos de panadería industrializados contribuye al incremento del índice de masa corporal (IMC), lo cual a su vez eleva la presión arterial y la carga cardiovascular general (Te Morenga, Mallard & Mann, 2013).

## **Grasas trans y su relación con enfermedades cardiovasculares**

Las grasas trans, especialmente las de origen industrial, son ampliamente reconocidas como uno de los componentes más dañinos de la dieta moderna. Su consumo eleva significativamente los niveles de colesterol LDL ("malo") y reduce el HDL ("bueno"), lo que incrementa el riesgo de aterosclerosis y eventos coronarios (Mozaffarian, Katan, Ascherio, Stampfer & Willett, 2006). Pese a las políticas de reducción en muchos países, las grasas trans siguen presentes en productos ultra procesados como margarinas, productos de pastelería, frituras y comidas rápidas. Su eliminación ha sido recomendada como una estrategia costo-efectiva para reducir la carga de enfermedades cardiovasculares a nivel poblacional (WHO, 2018).

## **Alimentos ultra procesados y riesgo cardiovascular**

Los alimentos ultra procesados son formulaciones industriales que contienen poco o ningún alimento entero y suelen estar cargados de sal, azúcares, grasas no saludables, aditivos, colorantes y saborizantes. Su consumo ha sido vinculado con un mayor riesgo de enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes tipo 2 y mortalidad general (Monteiro et al., 2019).

Estos productos, ampliamente disponibles en zonas urbanas de bajos ingresos, desplazan a opciones más saludables debido a su bajo costo y alta palatabilidad, perpetuando patrones alimentarios perjudiciales en poblaciones vulnerables (Srouf et al., 2019).

## **Tecnologías para la Producción y Distribución de Alimentos Saludables**

La Organización Mundial de la Salud recomienda acciones concretas para mejorar el acceso a alimentos sanos, como reducir el uso de sodio, aumentar el consumo de grasas saludables e incentivar el consumo de productos frescos y en lo posible no procesados. Desde la ingeniería industrial y alimentaria, estas recomendaciones deben traducirse en cadenas de suministro más eficientes, producción sostenible, reducción de desperdicios y mejores sistemas de transporte y almacenamiento. Además, es requerido una coordinación efectiva entre productores, distribuidores y entidades públicas para garantizar que los alimentos lleguen a quienes más los necesitan (Estruch et al., 2018).

### **Normas de calidad y seguridad alimentaria**

Finalmente, toda estrategia de producción y distribución debe alinearse con normativas nacionales e internacionales que garanticen la calidad y seguridad de los alimentos. La ISO 22000 establece directrices para los sistemas de gestión que aseguran que los alimentos no representen un riesgo para la salud humana, mientras que, en Colombia, la Resolución 333 de 2011 regula el etiquetado nutricional, promoviendo la transparencia en la información que llega al consumidor (ISO, 2018; Ministerio de Salud, 2011).

### **Identificación de los principales factores alimentarios asociados al desarrollo de enfermedades cardiovasculares en Bogotá**

En la ciudad de Bogotá, estudios como la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ICBF, 2015) y reportes del Observatorio de Salud Pública de Bogotá (SaluData, 2020) han identificado que los principales factores alimentarios que contribuyen al desarrollo de enfermedades cardiovasculares incluyen el consumo excesivo de sodio, grasas saturadas, grasas trans y

azúcares añadidos, junto con un consumo insuficiente de frutas, verduras y fibra. Esta situación es especialmente relevante en localidades como Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y San Cristóbal, donde los hogares presentan un consumo elevado de alimentos ultraprocesados y frituras debido a su bajo costo y alta disponibilidad (ICBF, 2015; SaluData, 2020).

La evidencia sugiere que este patrón alimentario, rico en sodio (principalmente proveniente de embutidos, snacks y comidas rápidas) y grasas trans, incrementa la presión arterial y altera el perfil lipídico sanguíneo, elevando el riesgo cardiovascular (OMS, 2020). Asimismo, el consumo limitado de fibra y micronutrientes protectores (como potasio y antioxidantes) agudiza el impacto del estrés oxidativo y la inflamación sistémica asociada a las enfermedades cardiovasculares (MINSALUD, 2019).

Esta caracterización del consumo alimentario en Bogotá es clave para comprender las necesidades que debe cubrir este proyecto. Por ello, se justifica el desarrollo e implementación de estrategias tecnológicas que permitan reducir el uso excesivo de sodio y conservantes en la industria alimentaria, mejorando la calidad nutricional y contribuyendo a mitigar los factores de riesgo cardiovascular en la población local (Hiperbaric, 2024; MINSALUD, 2019).

## **ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

Implementar nuevas tecnologías y metodologías en la industria alimentaria con el objetivo de contribuir a la reducción de enfermedades cardiovasculares implica enfrentar diversas restricciones que pueden limitar la aplicación real de las soluciones propuestas. Este análisis tiene como propósito identificar y comprender los principales obstáculos que podrían dificultar el diseño y la implementación de estrategias de producción y distribución de alimentos saludables,

de forma que se puedan anticipar barreras y buscar soluciones viables. Para ello, se han clasificado las restricciones en cinco categorías clave:

### **Restricciones Ambientales**

Una estrategia de producción y distribución de alimentos saludables debe considerar el impacto ambiental de los procesos propuestos. Tecnologías emergentes, como las de procesamiento no térmico, pueden implicar consumos elevados de energía o requerimientos técnicos especiales que no están disponibles en todos los entornos. Es fundamental evaluar si las propuestas reducen el uso de conservantes y generan menos residuos sin aumentar significativamente la huella ambiental.

### **Restricciones Económicas**

Uno de los principales retos es la inversión inicial requerida para la adopción de tecnologías innovadoras. Aunque esta técnica presenta beneficios importantes en términos de seguridad y conservación de los alimentos, su implementación requiere equipos especializados y altos costos operativos (Rastogi, 2018). Esto puede representar una barrera significativa para productores pequeños o medianos que operan en zonas como Bosa o Ciudad Bolívar, donde el acceso al capital es limitado.

### **Restricciones Legales y Regulatorias**

Cualquier estrategia debe ajustarse a las normativas vigentes en Colombia sobre producción, etiquetado y comercialización de alimentos. El uso de nuevas tecnologías debe cumplir con los estándares de calidad y seguridad definidos por entidades como el INVIMA y la normativa

internacional (como la ISO 22000), lo cual puede limitar el uso de ciertos métodos o ingredientes sin una aprobación previa.

### **Restricciones de Salud y Seguridad Alimentaria**

La implementación de nuevos procesos debe garantizar que los alimentos procesados cumplan con los **límites diarios de consumo de macronutrientes y micronutrientes** establecidos por organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por ejemplo, la OMS recomienda que la ingesta diaria de sodio sea inferior a 2.000 mg y que las grasas saturadas sean menores al 10 % del aporte energético total para considerarse una alimentación saludable (OMS, 2020). Por tanto, la adopción de cualquier tecnología o método que altere la composición nutricional de los alimentos debe **ajustarse a estos umbrales** para no aumentar el riesgo cardiovascular y debe demostrar que mantiene o mejora la calidad nutricional sin superar estos valores.

### **Restricciones Socioculturales**

Es importante considerar la resistencia a las personas y las empresas a la implementación de nuevas prácticas sostenibles debido a que procesos como el HPP (High Pressure Processing), el FEP (Pulsed Electric Fields) ó el HPU (High Power Ultrasound) son practicas industriales para producción y conservación de los alimentos los cuales requieren ciertos conocimientos avanzados en química y/o física para poder entenderlos a cabalidad, esta barrera puede generar resistencia en empresas y en las personas en general, por lo que requiere cierta concientización para disminuir la fricción del público en general.

## PRIMERA POSIBLE SOLUCIÓN: PROCESAMIENTO POR ALTAS PRESIONES HPP

### High Pressure Processing (HPP)

Según Rastogi (2018), el HPP es una técnica de pasteurización y conservación no térmica en la cual se somete a presiones entre 100 y 900 MPa a los alimentos con el fin de permitir la seguridad alimentaria y la inocuidad del alimento, esto permite disminuir en gran medida el uso de aditivos y de conservantes, ya que este proceso se realiza únicamente cuando el producto ya se encuentra empacado, evitando así el problema de la recontaminación que suele producirse normalmente al adicionar aditivos o conservantes, por lo que esta técnica no solo mejora la seguridad alimentaria, sino que también prolonga mucho más la vida útil de los alimentos.

Además de presentar beneficios no solo para preservar la seguridad y aportes nutricionales de los alimentos, también ayuda a conservar sus cualidades organolépticas. Además de presentar beneficios no solo para preservar la seguridad y valores nutricionales de los alimentos, también ayuda a conservar sus cualidades organolépticas.

El autor Kadam (2012) realizó un análisis de los resultados de diferentes productos al ser sometidos al proceso de HPP:

Kadam (2012) recopiló parámetros técnicos utilizados en el procesamiento por altas presiones (HPP) aplicados a diversos productos alimentarios. La información detallada sobre presión, tiempo de tratamiento y temperatura para cada producto se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros técnicos de presión, tiempo y temperatura en productos alimentarios

Product	Pressure (MPa)	Holding time (min)	Temperature (°C)
Apricot nectar, distillated water	600-900	1-20	20
Chopped tomatoes	400,600 or 800	3.5-7.0	
Citrus juice	300-375	1-1.5	0-5
Extrac virgin olive and seed oils	700	10	25
grape seed, sunflower,soybean, peanut			
Fresh apples, pears, bananas	6,15	25	
Guava puree	400,600	15	25
Orange juice	350	1	30
Potato cubes	400	15	5-50
Vegetables juices ,carrot, cauli flower, spinach,tomatoes, strawberries	300,370	10	35
White and red grape must	304-811	1-5	25

**Fuente:** (Kadam, 2012).

Se procesaron a presiones de entre 6 y 900 MPa, normalmente sobre el nivel del mar nos enfrentamos a 0.1 MPa por lo que las presiones a las que se someten los alimentos son en promedio 900.000 veces superiores a la presión atmosférica normal, por lo que es una presión sumamente elevada, según Téllez (2001) la mayoría de las bacterias vegetativas son sensibles a las altas presiones, por lo que presiones entre 300 y 600 MPa son suficientes para inactivarlas gracias a esto resulta eficaz el uso de este método, ya que no solo reduce, sino que en algunos casos reemplaza completamente el uso de aditivos y conservantes en los alimentos.

Adicionalmente, el mismo estudio identificó atributos de calidad y beneficios observados tras aplicar tecnologías de alta presión a distintos productos, los cuales se resumen en la gráfica 3.

**Tabla 3.** Efectos del procesamiento por HPP sobre la calidad de distintos productos alimentarios

Product	Process and Quality attributes
Avocado puree	Prevent discoloration , Inhibit of undesirable browning reactions in presence of low pH
Banana puree	Prevent discoloration, reduction in polyphenol oxidase activity when combined with blanching
Black beans Jam	Cooking ,increasing water absorption, reduced cooking time Commercial production ,improved retention of colour and flavor of fresh fruit
Orange juice, grape juice, Potato	Preservation ,retention of colour and cloud stability during storage Freezing ,reduction in freezing time in potato cylinder
Tomato juice	Juice production ,modification of physical and sensory properties

**Fuente:** (Kadam, 2012).

En productos como el guacamole se encontró que reduce la decoloración y los efectos de oscurecimiento propios de la oxidación. Asimismo, en los purés de banano se observó que no solo previene la decoloración, sino que también disminuye la actividad de la polifenol oxidasa (Kadam, 2012), la cual resulta sumamente perjudicial desde un punto de vista comercial, ya que altera el color y la textura del alimento frente a golpes o ante la exposición al oxígeno. Por esta razón, el producto se vuelve menos apetitoso a la vista, un aspecto esencial en cualquier alimento, dado que su apariencia influye directamente en la decisión de compra del consumidor.

### Funcionamiento del HPP

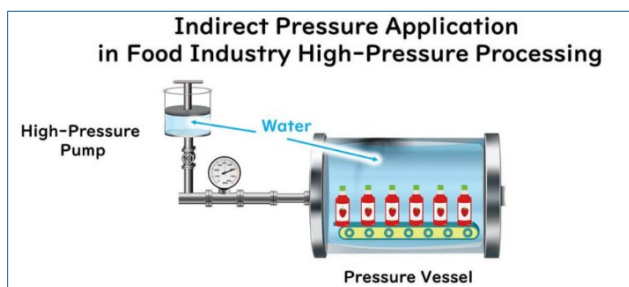
La manera en la que funciona el HPP puede variar de máquina en máquina; sin embargo, el principio sigue siendo el mismo. Lo que se busca es que, una vez que el alimento esté almacenado en su empaque final, se introduzca en una cámara aislada, la cual posteriormente se llenará de agua a cierta temperatura —usualmente entre 10 y 15 °C— con el fin de mantener las propiedades del agua (Bon Kimura, 2024). Además, según Kimura, gracias a la incompresibilidad del agua, este es el fluido más comúnmente usado para el sistema HPP. Por

ende, se elige el agua para este proceso. Posteriormente, esta cámara aislada se comunica con una salida de agua hacia un compartimiento con un émbolo, en donde se ajustará la presión requerida para luego ser aplicada en el agua. Una vez ejercida esta presión, se distribuye uniformemente en el resto de la cámara, proporcionando una presión cercana a los 600 MPa. Una vez que el recipiente alcanza la presión deseada, quedan dos etapas más:

**Tiempo de Mantenimiento:** Se deja la cámara en presencia de las altas presiones dependiendo del alimento, sin embargo, el promedio este entre 1.5 y 6 minutos (Bon Kimura, 2024), durante este tiempo, la temperatura aumenta alrededor de 3 grados Celsius por cada 100mPa aplicados.

**Despresurización Acelerada:** Se quita rápidamente la presión de la cámara, enfriando el alimento y finalizando con proceso sin la necesidad de apertura el envase, es decir, minimizando al 0% la probabilidad de re-contaminación pues no se vuelve a abrir el empaque una vez ya fue procesado el producto.

**Figura 2.** Funcionamiento del sistema HPP



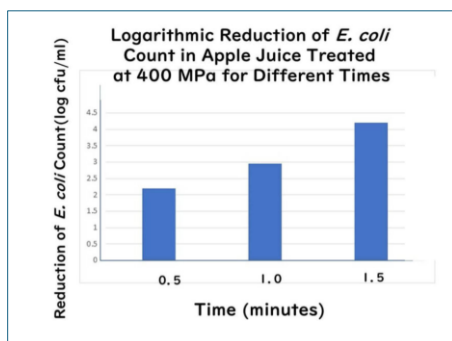
**Fuente:** Bon Kimura.

La manera en la que las altas presiones pueden inactivar los microorganismos no deseados y mantener la estructura de los alimentos sin afectaciones en su aroma, sabor y textura se debe a que comprometen la estructura de los enlaces no covalentes —enlaces iónicos e hidrofóbicos—, los cuales son fundamentales para la estructura de las células microbianas. Por ello, este método es altamente eficiente en su desactivación. Sin embargo, estas altas presiones no afectan los

enlaces covalentes, lo que preserva la integridad molecular del alimento en aspectos como sabor, color y nutrientes. Por consiguiente, el alimento no se ve comprometido de ninguna manera.

Además de mantener las cualidades de los alimentos, se ha demostrado la eficacia de este método frente a bacterias sumamente letales. Por ejemplo, el estudio de Lavinas (2008) reporta que, al someter un jugo de manzana a altas presiones (400 MPa) en diferentes tiempos, se obtiene una reducción logarítmica significativa en la presencia de *E. coli*:

**Figura 3.** Reducción logarítmica del *E. Coli* por diferentes presiones



**Fuente:** (Lavinas, 2008).

En resumen, al transcurrir 1,5 minutos a altas presiones se logró una reducción de 4 logaritmos, lo cual es equivalente a un 99,99 % de disminución en la presencia de *E. coli*. Esto hace que el alimento sea mucho menos riesgoso para su consumo y que su durabilidad aumente considerablemente, gracias a un equilibrio adecuado entre alta presión y tiempo reducido. Sin embargo, si se somete durante más tiempo del debido a altas presiones, pueden verse comprometidas las cualidades organolépticas del alimento.

No obstante, uno de los inconvenientes del sistema HPP es que requiere una actividad del agua ( $A_w$ ) superior a 0,8, de acuerdo con la empresa Hiperbaric. Esto significa que, en productos con una baja actividad del agua, el proceso es poco efectivo. Sin embargo, estos alimentos con baja  $A_w$  no representan un riesgo biológico y, por consiguiente, ya tienen una duración prolongada. Otra desventaja del sistema HPP es que no inactiva esporas, ya que se necesitaría alrededor de

600 MPa y más de 100 °C. Si bien estas condiciones pueden inhabilitarlas, a esa temperatura y presión también se afectan las macromoléculas de los alimentos, por lo que su textura y color pueden alterarse —no así su sabor—. Como se mencionó anteriormente en el documento, el aspecto visual es fundamental para la aceptación del alimento por parte del consumidor; por ello, esta opción resulta poco viable en términos comerciales.

## **SEGUNDA POSIBLE SOLUCIÓN: CAMPOS ELECTRICOS PULSADOS (PEF)**

Los campos eléctricos pulsados más conocidos como PEF es un método que entra dentro de la categoría de métodos de conservación no térmicos, el cual utiliza pulsos cortos de electricidad para conservar el alimento (Maged, 2012), al igual que el HPP, el PEF permite la conservación de los alimentos mientras no afecta significativamente su color, aroma ni textura, por lo que se vuelve una alternativa altamente atractiva en lugar de los métodos convencionales que utilizan temperatura para pasteurizar los alimentos.

### **Funcionamiento del PEF**

La forma en la que funciona el proceso PEF es debido a que el alimento se sitúa en medio de dos electrodos, los cuales aplican una serie de pulsos eléctricos con diferentes intensidades dependiendo la cantidad de producto y de la composición del mismo, se suelen usar entre 20 y 80kV/cm para los líquidos y entre 1 y 8kV/cm para los sólidos (Maged, 2012), cabe destacar que estos pulsos eléctricos tienen una duración muy breve en repeticiones muy altas llegando hasta 3.000 pulsos por segundo (Maged, 2012), el campo eléctrico generado por estos electrodos

puede tener varias formas, desde exponencialmente decrecientes, de onda cuadrada, bipolares, u oscilatorios a temperatura ambiente, sub ambiente o ligeramente por encima del ambiente.

### **¿Químicamente Que Hace?**

Cuando los electrodos transmiten los pulsos eléctricos al alimento estos facilitan la portación en células vegetales, animales y microbianas lo que conduce a conseguir la desintegración celular y la inactividad microbiana (Pulsemaster, s.f.), esto no solamente consigue hacer el procedimiento altamente efectivo, eficiente energéticamente y consigue mantener todas las propiedades organolépticas de los alimentos tal y como estaban antes del procedimiento, y, como plus, permite que los alimentos tengan una vida útil más larga que los procesados mediante procedimientos tradicionales, como puede ser la pasteurización térmica.

Uno de los mayores beneficios del PEF es que mejora los índices de extracción de zumos, azúcares, colorantes y otros compuestos activos, esto supone un ahorro significativo de tiempo en las empresas que usan como materia prima a las frutas, además de que en cierta manera evita el uso excesivo de azúcar en jugos debido a que no pasa por un tratamiento térmico que reduzca su sabor y afecte sus cualidades organolépticas (Adithya, 2020).

En otro campo, en los alimentos sólidos, como por ejemplo las papas reduce su tiempo de secado y pre-fritura, por lo que no solamente aplicaría como proceso de conservación sino también de procesado del producto, además, posteriormente cuando se vaya a consumir el alimento reduce en un 50% la cantidad de aceite que absorbe la papa por ende se vuelve un alimento mucho más saludable únicamente con la implementación de dicho proceso (Pulsemaster, s.f.).

Cada máquina de PEF incluye una unidad de cámara de tratamiento que es donde se introduce el alimento, una unidad generadora de pulsos, además, para utilizar la maquina en líquidos, también incluye un tanque de suministro, y una unidad de envasado, y un enfriador o calentador (depende del líquido que se vaya a tratar)

En resumen, los beneficios que trae el uso del PEF son variados los cuales son:

**Pasteurización no térmica:** Conserva intacta la calidad sensorial del alimento (sabor, color y aroma) además del nutricional (vitaminas y proteínas) de los alimentos suelen ser sensibles a altas temperaturas como los jugos y la leche (Maged, 2012).

**Mejora de los procesos:** Su uso es variado tanto en productos líquidos, semilíquidos y sólidos, en tubérculos de papa se usa para reemplazar el precalentamiento térmico además de en diversos procesos de extracción, como aceites y proteínas de algas, azúcar de remolacha y nutrientes o fibras de cascaras y tallos (Pulsemaster, s.f).

## **TERCERA POSIBLE SOLUCIÓN: ULTRASONIDO DE ALTA POTENCIA (HPU)**

Al igual que los demás procesos mencionados anteriormente, el ultrasonido de alta potencia es un tratamiento de conservación de alimentos no térmica lo cual favorece la producción de productos con sabor y aroma naturales, sin aditivos ni conservantes, el ultrasonido viaja a través de un medio como cualquier onda sonora, dando una serie de compresiones y rarefacciones (Latika, 2014), estos ultrasonidos de alta energía (20-250kHz) son los denominados ultrasonidos de alta potencia.

## ¿Cómo funciona el HPU?

El proceso HPU utiliza la cavitación acústica, también conocida como cavitación por ultrasonido, que consiste en el crecimiento y colapso de pequeñas burbujas de vacío en un campo ultrasónico generado en líquidos o lodos. Estas burbujas crecen durante ciclos que alternan entre alta presión y baja presión, denominadas fases de compresión y rarefacción. Al finalizar estas fases, las burbujas no pueden almacenar más energía, por lo que implosionan en sí mismas, generando condiciones localmente extremas, con temperaturas de hasta 5.000 grados kelvin, además de velocidades de calentamiento y enfriamiento sumamente elevadas de hasta 2.000 atm (Hielscher Ultrasonics, 2025). Esta cavitación altera significativamente la membrana celular de los microorganismos, afectando los mecanismos utilizados por la célula para mantener el equilibrio en su metabolismo y, por ende, su integridad.

Dentro de las aplicaciones del ultrasonido encontramos dos variantes: la primera es cuando se aplica una baja intensidad. En este caso, se utiliza para recolectar información sobre el medio al que se somete el ultrasonido, de modo que se obtiene información sobre el estado actual del producto sin necesidad de manipularlo. Por otro lado, cuando se aplica una gran intensidad, se producen cambios permanentes en el medio tratado (Ochoa, 2012).

Generalmente, cuando se pasteuriza un alimento, este suele ser a altas temperaturas para eliminar todos los microorganismos; sin embargo, este procedimiento es sumamente nocivo para el alimento, debido a que pierde su contenido nutricional, genera sabores indeseables y deteriora las propiedades funcionales del alimento (Ochoa, 2012).

Ahí radica la importancia de este tipo de procesos, ya que no solo hacen que el alimento tenga una calidad superior, sino que el no usarlos no solamente implica un deterioro en la calidad del

alimento, sino que obliga a las empresas a usar sabores artificiales, aditivos, azúcar, grasas trans y demás conservantes y potenciadores de sabor que no solo hacen menos nutritivo el alimento, sino que, al contrario, hacen que sea dañino para la salud, pues algunos de sus componentes en exceso pueden provocar enfermedades cardiovasculares.

Además de los beneficios que presenta este procedimiento al alimento, también ha demostrado una alta efectividad en los productos lácteos, pues es eficaz en inactivar *E. coli*, *Pseudomonas fluorescens* y *Listeria monocytogenes* sin presentar efectos adversos en el contenido total de proteína presente en la leche o en la caseína de la misma (Ochoa, 2012).

Gracias a los beneficios que presenta el uso del HPU, es excelente en el proceso de jugos de frutas, mayonesa y salsa cátsup de tomate, además de la homogenización de la leche (Ochoa, 2012) a cada uno de estos representa un beneficio distinto

**Jugos de frutas:** Al ser un procedimiento no invasivo que permite inactivar microorganismos y además mantener la calidad intacta del producto, permite tener jugos de frutas con un bajo contenido de azúcar además de poca o nula cantidad de químicos añadidos, debido a que gracias a su efecto en las membranas de la célula, genera una textura más cremosa y apetitosa, además de homogenizar el alimento, por lo que se evita el uso de otros químicos o el uso de azúcar para mejorar su sabor, ya que como se mencionó, al no dañar el alimento en sus características organolépticas, este no requiere de uso de conservantes adicionales o aditivos para poder ser apetitoso para el cliente, usualmente este procedimiento es usado con ayuda de temperaturas muy bajas, pues esta combinación permite aún más la inactividad de los microorganismos y una mayor homogenización.

**Salsas:** Para las salsas para simular a los jugos, debido a la combinación de las salsas, se requieren químicos que mantengan homogénea la mezcla, por ende, el producto requiere varios químicos para cumplir esta función, al momento de utilizar este procedimiento, ya no es necesario pues el ultrasonido dependiendo de cómo se utilice también permite homogenizar líquidos

**Leche:** La leche es posiblemente el alimento que más se beneficia del uso de este procedimiento, pues usualmente la leche se suele ultra pasteurizar, lo cual hace que sea nutricionalmente inferior a cómo debería estar, además que la exposición a temperaturas tan altas daña también su textura, por lo que pierde su característica cremosidad, por lo que requiere el uso de químicos para darle textura, además de potenciadores de sabor y demás aditivos que hacen que sea menos nutritiva la leche.

## METODOLOGIA PARA LA SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCION

Cada una de las posibles soluciones presentadas se centra en beneficios y efectos secundarios dentro del proceso de conservación de alimentos. Por lo tanto, evaluaremos los factores económicos, legales, sociales y ambientales relacionados con estas tecnologías de conservación, con el fin de seleccionar la opción más viable según nuestro contexto. Cada aspecto manejará un sistema de puntuación del 1 al 5, siendo 1 la imposibilidad de aplicar dicha tecnología en ese ámbito, 3 la posibilidad con algunos inconvenientes, y 5 la factibilidad total de su aplicación. Al finalizar, el procedimiento que obtenga más puntos será seleccionado como la opción más viable.

## Restricciones Económicas

### Restricción Económica HPP: (3 Puntos)

El costo de una máquina que tenga todo lo necesario para procesar alimentos de una manera óptima requiere un capital inicial de aproximadamente 650.000 euros (hiperbaric 2018), esto supone un gran capital inicial, sin embargo también hay que tener en cuenta los beneficios que aporta el uso de esta tecnología, ya que alarga significativamente la vida de los alimentos por lo que el desperdicio generado es muy bajo, además que al ser usado en el alimento ya preparado y procesado, no se genera una re-contaminación del alimento, sumado a esto, al solo requerirse agua que luego puede recircular, el consumo de agua es mínimo, además de lo anteriormente mencionado, el generar productos con etiquetas limpia brinda mayor competitividad a nivel mundial, por lo que permite abrir nuevos mercados, por ende, se requiere una gran inversión inicial, pero los costos de los aditivos y conservantes, el gasto de agua y la tenencia de etiquetas alimentarias como “exceso de sodio” o “exceso de grasas saturadas” nivela significativamente los costos iniciales, en casos prácticos, en Colombia, la empresa productos del campo San Gregorio instalo una maquina HPP en Colombia tanto para procesar sus propios productos como para ofrecer el servicio de maquila a otras empresas, amortiguando la inversión inicial de la máquina (hiperbaric 2018), también la empresa Colombiana de Juancamole ubicada en Pereira instalo una maquina HPP para el procesamiento de su guacamole, haciéndolo mucho más duradero y mejorando significativamente su calidad y textura al evitar utilizar conservadores y químicos que dañan el sabor distinguido del aguacate (Lilian, 2023), esto permite que la larga duración que pase de durar 1 a 3 días con una correcta refrigeración, a durar entre 6 y 8 semanas, eso refleja una prolongación de vida útil del 1.800%.

**Restricción Económica PEF: (3 Puntos)**

Actualmente, la tecnología PEF no está disponible en Colombia para el procesamiento industrial a gran escala; no obstante, se estima que el costo de la maquinaria PEF es similar al de la maquinaria HPP. En cuanto al consumo energético, PEF requiere menos energía que los otros procesos mencionados, con un rango entre 10 y 100 KJ por litro o kilogramo de producto (Maged, 2012). Por su parte, el proceso HPP demanda aproximadamente 122 KJ por kilogramo de alimento (Hiperbaric), mientras que la pasteurización térmica convencional utiliza alrededor de 120 KJ por kilogramo (Riva, s.f.), lo que demuestra que el sistema PEF es más económico en términos de costos operativos energéticos.

**Restricción Económica HPU (2 Puntos)**

Los equipos de ultrasonido de alta potencia se estima que tienen un costo inferior a la de otros equipos como el HPP o PEF (Hielscher Ultrasonics, 2025), sin embargo es más costoso que los equipos de pasteurización térmica normal, además de que actualmente en Colombia no existen empresas que utilicen esta tecnología, por lo que su costo en Colombia es incierto, además que al no existir máquinas de este tipo en Colombia, la maquila es una práctica imposible, por lo que no habría forma de amortiguar el costo inicial.

**Restricciones Sociales****Restricción Social HPP: (5 Puntos)**

Debido a que ya hay una implementación de esta tecnología en Colombia en productos del campo, como verduras y frutas —casos que se mencionaron hace unos párrafos atrás—, el público colombiano está más preparado para la incursión de estas tecnologías en otros alimentos. Por ende, hay una gran aceptación por parte de los colombianos hacia tecnologías de

pasteurización no térmica como esta. Sumado a lo anteriormente mencionado, cabe destacar que la implementación de esta tecnología puede traer tanto empleo como educación específica para esta área, la cual es el procesamiento de alimentos mediante altas presiones.

#### **Restricción Social PEF: (3 Puntos)**

Si bien al igual que el HPP el PEF es un tipo de pasteurización no térmica, esta no tiene ninguna implementación documentada en Colombia, esto significa que puede haber cierto rechazo o desconcierto de la implementación de esta tecnología en Colombia, al igual que el anterior proceso mencionado, el PEF también puede traer consigo tanto empleo como educación, pues la aplicación de estas tecnologías de procesamiento no térmico abre puertas a nuevos ámbitos de investigación en Colombia.

#### **Restricción social HPU: (3 Puntos)**

Al igual que los 2 procesos mencionados anteriormente, el HPU utiliza la conservación no térmica para lograr su propósito, sin embargo, al igual el PEF, esta no tiene de momento ninguna aplicación realizada en Colombia, por lo que el público puede tener también cierto miedo o incertidumbre de la eficacia de este proceso.

### **Restricciones Legales**

#### **Restricción Legal HPP: (5 Puntos)**

En cuanto a regulaciones de seguridad alimentaria, el HPP está avalado por la FDA como un procedimiento de pasteurización válido, por lo que el INVIMA la cual regula los alimentos es muy probable que lo acepte, y viendo que en Colombia ya hay empresas que tienen máquinas HPP esto refleja que legalmente en Colombia se puede utilizar esta tecnología siempre y cuando

al momento de implementarla se realicen pruebas a dicha máquina para corroborar que si inactives microorganismos hasta un nivel sano para los consumidores.

### **Restricción Legal PEF (3 Puntos)**

Debido a la variedad de campos de acción que posee el PEF o (Pulsed Electric Fields) ha tenido usos tanto para equipo quirúrgico como para alimentos, sin embargo el campo quirúrgico es el que más normativas mundiales legales cumplidas tiene, tanto el CE (conformidad Europea), el RoHS (Restriction of Hazardous Substances) y el (Underwriters Laboratories) además del CSA (Canadian Standards Association) sin embargo ninguno de estos certifica la eficacia del procedimiento al usarlo en alimentos, sino que la construcción de la máquina está en perfecto estado, por lo que su implementación en Colombia puede requerir pasar por mayores controles de calidad antes de poder ser implementada, además de que al no haber aún ninguna máquina de estas en Colombia hace más complicado su permiso legal.

### **Restricción Legal HPU (3 Puntos)**

Al igual que el PEF, el HPU no tiene aún ninguna regulación directa en Colombia, sin embargo, todo aquello relacionado con el ultrasonido está destinado a ámbitos como la estética y la medicina, sin embargo, en el ámbito alimentario no existe regulación alguna en Colombia, por lo que el fabricante directo de la máquina HPU debe hacer la diligencia con Colombia para determinar la eficacia del procedimiento.

## **Restricciones Ambientales**

### **Restricción Ambiental HPP: (4 Puntos)**

A diferencia de la pasteurización convencional, el HPP requiere mucho menos agua pues no necesita un ciclo de calentamiento y enfriamiento al ser pasteurización no térmica, esto sumado a que el agua usada para dar presiones elevadas, puede ser nuevamente recirculada en el proceso

por lo que es más amigable con el medio ambiente (hiperbaric), sin embargo, el requisito de utilizar empaques que sean flexibles y resistentes a altas presiones hace mayor el impacto ambiental, sin embargo la tecnología HPP ha ido adaptándose a la utilización de empaques biodegradables.

#### **Restricción Ambiental PEF: (5 Puntos)**

El PEF no requiere el uso de agua para su funcionamiento, más allá de uso para la limpieza de los equipos de PEF, además de que al igual que el HPP, contribuye con la disminución de los desperdicios de alimentos debido a la corta vida útil del mismo.

#### **Restricción ambiental HPU: (2 Puntos)**

Al igual que la tecnología PEF, el HPU no requiere el uso de agua más allá que para la limpieza de los equipos, sin embargo, puede generar contaminación acústica debido a que el ruido generado por estas máquinas es tanto de frecuencias audibles como inaudibles, afectando el entorno, las personas que rodean la maquina y la fauna local, así que es un dato a tener en cuenta.

### **Restricciones de Salud y Seguridad**

#### **Restricción de Salud y Seguridad HPP: (5 Puntos)**

Debido a que el proceso HPP no requiere abrir el empaque una vez procesado el producto para funcionar, impide completamente la re contaminación del producto debido a una re apertura del envase, además de ser altamente eficaz en la inactivación de microorganismos y en mantener los valores nutricionales de los alimentos como originalmente debían ser, además de lo anteriormente mencionado, las máquinas de HPP son realizadas y diseñadas bajo estrictos estándares de Estados Unidos como los códigos ASME (hiperbaric).

**Restricción de Salud y Seguridad PEF: (5 Puntos)**

El proceso PEF es altamente eficaz en la inactivación de microorganismos, además de que no requiere un contacto directo con el alimento para su funcionamiento por lo que se reduce igualmente la re-contaminación del alimento, sumado a que, en alimentos como las papas fritas, disminuye considerablemente la absorción de aceite (Jerish, 2022).

**Restricción de Salud y Seguridad HPU: (2 Puntos)**

Si bien al ser un procedimiento de pasteurización no térmica permite la conservación de los alimentos más tiempo debido a su efectividad para la inactivación de microorganismos, sin embargo, debido al proceso de cavitación que consiste en el crecimiento y decrecimiento acelerado de burbujas al interior del alimento generando condiciones locales extremas, puede acelerar o iniciar el proceso de oxidación lipídica, esto no solo puede producir olores desagradables, sino también generar compuestos de oxidación que pueden ser potencialmente perjudiciales para la salud (Ochoa, 2012).

**Tabla 4.** Comparación de viabilidad mediante evaluación de puntos en las restricciones

RESTRICCIONES	HPP	PEF	HPU
PUNTUACIÓN 1 A 5			
ECONÓMICAS	3	3	3
SOCIALES	5	3	3
LEGALES	5	3	3
AMBIENTALES	4	5	2
SALUD Y SEGURIDAD	5	5	2
<b>PUNTOS</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>13</b>

**Fuente.** Elaboración Propia.

Como podemos observar al finalizar el análisis, la que mayor puntuación es del sistema hiperbárico a altas presiones o HPP, debido a que si bien su inversión inicial es elevada, permite

modelos como maquila para amortiguar su costo, además de que tiene costos operativos relativamente bajos, es bien aceptado en Colombia debido a que empresas del territorio han adquirido esta tecnología, el INVIMA ya ha aprobado esta tecnología, ambientalmente no genera residuos y los efectos invernaderos son menores que los métodos tradicionales de pasteurización y finalmente es un procedimiento seguro de utilizar gracias a sus estrictos controles de fabricación y seguro para los alimentos pues ha demostrado inactivar satisfactoriamente los microorganismos no deseados.

### **Beneficios De La Solución De Ingeniería A Los Problemas De Salud Generados Por Conservantes Y Aditivos**

El sistema hiperbárico a altas presiones (HPP) hace que en productos orgánicos se pueda disminuir o en muchos de los casos eliminar por completo los conservantes y aditivos utilizados ampliamente en la industria, esto conlleva no solo a una mejora en la salud del consumidor debido a la eliminación de estos aditivos, sino que, además, al usar el sistema HPP el cual es un método de pasteurización en frío se evita el uso de pasteurización térmica, por lo que se mantiene las cualidades organolépticas del producto como puede ser aroma, textura, sabor, color y consistencia, haciendo que sea innecesario agregar químicos que realcen el sabor, añadan color u otorguen consistencia, por lo que hace el producto aún más saludable para el consumidor y nutritivo, analizaremos los aditivos más comúnmente utilizados en la industria alimenticio y el cómo el sistema hiperbárico a altas presiones contribuye a la salud de las personas (Hiperbaric, 2025).

## El Uso Del Sodio En La Industria Alimentaria

El sodio ha sido uno de los conservantes más utilizados históricamente en la preparación de alimentos procesados y ultraprocesados, debido a que cumple múltiples funciones, siendo la principal la conservación microbiológica, ya que reduce la cantidad de agua disponible para el crecimiento de microorganismos (Albarracín et al., 2011). Además, el sodio también se emplea como potenciador de sabor y agente texturizante, razón por la cual está presente en productos como pan, queso, tocino, embutidos, verduras enlatadas y salsas. De hecho, se estima que aproximadamente el 75 % del sodio que se consume a nivel mundial no proviene de la sal añadida en la cocina, sino de alimentos industrialmente procesados (Albarracín et al., 2011).

La Organización Mundial de la Salud (2023) recomienda un consumo diario inferior a 2.000 mg de sodio, sin embargo, la ingesta promedio mundial en adultos se aproxima a los 4.310 mg por día, lo que representa más del doble de la cantidad recomendada. Esta situación, sumada al origen mayoritario del sodio en productos procesados, refleja la urgencia de reducir su uso en la industria alimentaria. En este contexto, tecnologías como el procesamiento por altas presiones (HPP) ofrecen alternativas eficaces, ya que se requieren concentraciones de hasta un 10 % de sodio para inhibir la proliferación microbiana mediante métodos tradicionales, reduciendo la actividad del agua ( $a_w$ ) de 0.99 (nivel normal en un alimento fresco) a aproximadamente 0.91 (Mejía Gutiérrez, 2023).

La acción de la sal sobre los alimentos se basa en su capacidad de desplazar moléculas de agua hacia el exterior del alimento para equilibrar los niveles de sodio, provocando así una pérdida de humedad. Esto explica por qué muchos productos presentan altos niveles de sodio como método conservante. Sin embargo, al aplicar tecnologías como HPP, es posible reducir o eliminar esta

necesidad, permitiendo que el sodio se utilice únicamente como potenciador de sabor o textura. Esta mejora aplica no solo a productos cárnicos, sino también a salsas, aderezos, productos derivados de vegetales e incluso al guacamole, donde se ha evidenciado una disminución significativa en el uso de sal sin comprometer la seguridad ni la calidad del alimento.

### **Efectos A La Salud Del Exceso De Sodio**

El consumo normal de sodio, definido como 2.000 mg/día o menos, es beneficioso para la salud, ya que este mineral es necesario para la transmisión de impulsos nerviosos, el equilibrio de líquidos y el funcionamiento adecuado de las células (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). Sin embargo, el consumo actual promedio a nivel mundial supera ampliamente esa recomendación, lo que ha generado un aumento preocupante de enfermedades no transmisibles como la hipertensión arterial, responsable de al menos el 40 % de los casos de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (He et al., 2020). El restante 60 % de los casos se atribuye a factores como el tabaquismo, la inactividad física, el consumo excesivo de alcohol, la diabetes, la obesidad y la predisposición genética.

El exceso de sodio también tiene un impacto indirecto sobre la salud metabólica. Su presencia en alimentos procesados genera un aumento de la sed, lo que puede conducir al consumo excesivo de bebidas azucaradas, incrementando así el riesgo de obesidad y diabetes tipo 2 (Grimes et al., 2013). Esto revela que el uso indiscriminado de sodio como conservante puede contribuir a un efecto en cadena que favorece el consumo de otros productos perjudiciales para la salud.

En términos fisiopatológicos, el consumo elevado de sodio favorece la hipertensión, que obliga al corazón a bombear con más fuerza para hacer circular la sangre. Esto provoca un engrosamiento del músculo cardíaco (hipertrofia) que, con el tiempo, se debilita por el esfuerzo

sostenido. Como resultado, pueden desarrollarse enfermedades cardiovasculares como la angina de pecho, el infarto de miocardio ocasionado por la obstrucción de una arteria coronaria, la insuficiencia cardíaca cuando el corazón no puede abastecer adecuadamente al cuerpo o arritmias que pueden derivar en muerte súbita (OMS, 2023).

### **El Uso Del Azúcar En La Industria Alimentaria**

Para comprender los efectos del azúcar en la industria alimentaria y su impacto en la salud, es necesario comenzar por diferenciar entre los azúcares naturales presentes de forma intrínseca en frutas y lácteos y los azúcares añadidos, aquellos que se incorporan durante el procesamiento de los alimentos. Estos últimos incluyen el azúcar blanco, moreno, jarabes (de maíz, malta, arce), miel, melaza, dextrosa y otros compuestos similares. Aunque muchos de ellos tienen origen natural, al ser añadidos artificialmente en productos industrializados cumplen principalmente funciones tecnológicas y sensoriales, no nutricionales (Ministerio de Salud y Protección Social, s.f.).

Desde un punto de vista funcional, el azúcar ha sido históricamente valorado en la industria alimentaria no solo por su sabor dulce, sino por su capacidad para conservar alimentos. Al igual que la sal, el azúcar actúa disminuyendo la actividad del agua ( $a_w$ ) mediante un proceso de ósmosis, en el cual las moléculas de agua son desplazadas al exterior del alimento al buscar un equilibrio con el medio azucarado, lo que impide el crecimiento de bacterias y hongos (Empresas Iansa, s.f.; Eroski Consumer, 2013).

Esta propiedad explica por qué el azúcar está presente en una amplia gama de productos: mermeladas, jugos, aderezos, panes, embutidos y postres, entre muchos otros. En algunos casos, como en el pan, el azúcar cumple una función indispensable, ya que alimenta la levadura para

permitir que la masa fermente adecuadamente. En el queso, ayuda a controlar la acidez y alargar su vida útil. Y en productos cárnicos como el jamón, el azúcar no solo contrarresta la intensidad de la sal usada como conservante, sino que también realza el color y mejora el sabor del alimento (BS Edulcorantes, 2025).

Sin embargo, este uso funcional ha derivado en una presencia excesiva de azúcar en la alimentación moderna, muchas veces sin que el consumidor lo perciba. Cuando los alimentos son sometidos a procesos térmicos como la pasteurización, pueden perder parte de sus características organolépticas sabor, aroma, textura, por lo que se les adiciona más azúcar para recuperar esas propiedades. Es decir, el azúcar no solo conserva, sino que también compensa lo que la tecnología destruye (Reupo Bardales, 2018).

En los últimos años, la industria ha tratado de reducir el impacto negativo de estos procesos mediante tecnologías como la pasteurización rápida o HTST (High Temperature Short Time), que emplea altas temperaturas durante un corto período para minimizar el daño sensorial y reducir el uso de azúcares añadidos (Zumex, 2024). Aun así, en productos de baja acidez como la leche, se requiere un tratamiento más agresivo: la ultrapasteurización (UHT), que implica calentar el alimento a cerca de 138 °C durante pocos segundos. Aunque eficaz en la eliminación de microorganismos, este proceso puede afectar el sabor y la textura, lo que nuevamente lleva a la industria a recurrir a azúcares y aditivos para hacer el producto más atractivo.

Este panorama nos invita a reflexionar sobre el costo oculto de la conservación industrial. Lo que se gana en seguridad y duración muchas veces se pierde en calidad nutricional y en salud pública. Por ello, buscar alternativas tecnológicas como el procesamiento por alta presión (HPP) puede representar una solución viable y responsable: permite conservar alimentos sin alterar

significativamente sus propiedades naturales, reduciendo así la necesidad de recurrir a conservantes como el azúcar.

### **Efectos A La Salud Del Exceso De Azúcar**

Al igual que el sodio, el azúcar es un ingrediente ampliamente utilizado en la industria alimentaria, no solo como conservante, sino también como regulador de acidez y potenciador de textura (Eroski Consumer, 2013). En muchos productos procesados, cumple funciones tecnológicas que permiten equilibrar sabores, mejorar la percepción sensorial y extender la vida útil (Ministerio de Salud y Protección Social, s.f.). Además, su combinación con otros aditivos como la sal puede generar un efecto coctel, donde el consumo simultáneo de múltiples conservantes puede tener efectos multiplicativos sobre la salud metabólica y cardiovascular (Monteiro et al., 2019).

Este uso extendido del azúcar es especialmente evidente en productos como mermeladas, yogures y quesos. Cuando se aplican tratamientos térmicos como la pasteurización, estos procesos pueden afectar negativamente la textura, el color y la cremosidad de los alimentos. Según un estudio técnico de Hiperbaric (2025), la leche de cabra sometida a pasteurización térmica pierde entre un 7 % y 17 % de su cremosidad, mientras que al ser tratada con procesamiento por altas presiones (HPP), esta característica se mantiene. Esta pérdida obliga a los productores a añadir azúcares u otros aditivos para compensar los efectos sensoriales perdidos, aumentando así la carga calórica de los alimentos (Reupo Bardales, 2018).

Uno de los principales riesgos del exceso de azúcar es su relación con la diabetes tipo 2, una enfermedad fuertemente asociada con la obesidad y las enfermedades cardiovasculares (WHO, 2023). El azúcar en exceso aporta una gran cantidad de calorías con bajo contenido nutricional, lo que favorece el desarrollo de tejido adiposo. Este exceso de grasa en el cuerpo exige un mayor esfuerzo del sistema cardiovascular, lo que puede provocar hipertrofia del corazón y, con el tiempo, insuficiencia cardíaca o arritmias (NIH, 2015; WHO, 2023).

Además, el consumo regular y elevado de azúcares afecta directamente la respuesta celular a la insulina, lo que facilita la aparición de resistencia insulínica y posteriormente diabetes tipo 2. Este efecto se ve potenciado en personas con obesidad, que ya presentan una sensibilidad reducida a la insulina (American Diabetes Association [ADA], 2023). Es decir, azúcar, obesidad y diabetes forman un ciclo de retroalimentación negativa, donde cada uno potencia el impacto del otro.

En este contexto, la tecnología HPP se perfila como una alternativa prometedora, ya que permite conservar alimentos sin recurrir a altas temperaturas ni a grandes cantidades de conservantes, preservando las características organolépticas del producto y reduciendo la necesidad de azúcar (Hiperbaric, 2025). Así, se abre una oportunidad real para que la industria ofrezca alimentos seguros, estables y saludables, sin comprometer la salud del consumidor a largo plazo.

## ANÁLISIS DE COSTOS

Esta sección presenta un análisis de costos que permite estimar los recursos necesarios para implementar estrategias basadas en procesos industriales para la producción y conservación de alimentos saludables, orientadas a la prevención de enfermedades cardiovasculares en poblaciones de alto riesgo en Bogotá

Estos productos y servicios diseñados no solo deben funcionar bajo condiciones óptimas, sino también ofrecer una alternativa rentable para el mercado y para los inversionistas (Muñoz et al., 2020).

## **1. COSTOS DEL PRODUCTO**

### **1.1. Costos Directos**

Los costos directos incluyen aquellos relacionados con la producción, como materias primas, mano de obra y servicios variables. Estos fluctúan con el volumen de producción (Sánchez & Gómez, 2019). Para este proyecto, los principales costos directos serían:

- Materias primas (frutas, vegetales, cereales integrales).
- Mano de obra operativa.
- Servicios públicos proporcionales al volumen de producción (agua, energía).

### **1.2. Costos Fijos**

Son aquellos que no dependen del nivel de producción y permanecen constantes en el tiempo. Entre ellos se encuentran el arriendo de instalaciones, seguros, impuestos y mantenimiento básico (Ávila & Rodríguez, 2018).

### **1.3. Gastos Generales u Overhead**

Corresponden a los costos de administración, publicidad, gestión financiera y otros servicios indirectos pero necesarios para el funcionamiento de la unidad productiva (Burbano, 2017).

## 2. COSTOS DE INVERSIÓN

### 2.1. Costos Directos de Inversión

Incluyen la compra e instalación de equipos tecnológicos para el procesamiento de alimentos. En el caso del uso de tecnología HPP (High Pressure Processing), el costo de una máquina básica como la **Hiperbaric 55** puede variar entre 300.000 y 500.000 USD, dependiendo de la capacidad y servicios incluidos (Hiperbaric, 2024).

### 2.2. Costos Indirectos

Comprenden permisos de operación, licencias ambientales y de producción, trámites regulatorios y contingencias. Estos representan entre un 10 y un 15 % del costo total de inversión (Portafolio, 2020).

### 2.3. Capital de Trabajo

Hace referencia al capital necesario para operar el proyecto mientras se generan los primeros ingresos. Incluye compra de materias primas, nómina y gastos operacionales de los primeros meses (Muñoz et al., 2020).

## 3. RENTABILIDAD ESPERADA (ROI)

El análisis de rentabilidad tiene como finalidad estimar el retorno esperado de la inversión en la implementación de estrategias industriales para la producción de alimentos saludables.

Considerando que el proyecto evalúa tecnologías como el procesamiento por altas presiones (HPP), se toma como referencia el equipo Hiperbaric 55, con un valor aproximado de

450.000 USD (Hiperbaric, 2024). Sumando los costos de instalación, permisos y capital de trabajo, la inversión inicial total ascendería a unos 550.000 USD.

Se estima una producción de 300 kg/hora, operando 8 horas diarias y 22 días al mes, para un total cercano a 52.800 kg/mes. Con un precio de venta promedio de 10.000 COP/kg (equivalente a unos 2,6 USD/kg), los ingresos mensuales serían del orden de 528 millones de pesos colombianos (aproximadamente 140.000 USD).

Suponiendo un margen neto del 10 % al 15 % sobre ventas —considerando costos variables, estacionalidad y costos fijos de operación—, la utilidad mensual estimada sería entre 14.000 y 21.000 USD. Bajo este escenario, la recuperación de la inversión se lograría entre 26 y 39 meses.

Aplicando la fórmula del Retorno sobre la Inversión (ROI):

$$\text{ROI} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Inversión Inicial}} \times 100$$

#### **Ecuación 2.** Cálculo del ROI

Si se considera una utilidad neta anual entre 168.000 USD (14.000 USD × 12) y 252.000 USD (21.000 USD × 12), el ROI estimado estaría entre 30,5 % y 45,8 % anual. Este rango es atractivo y mucho más realista para proyectos del sector alimentario en Colombia, superando los umbrales mínimos de retorno exigidos por inversionistas del sector agroindustrial (Ministerio de Agricultura, 2022).

## CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto permitió comprender a profundidad cómo los procesos industriales pueden convertirse en una herramienta poderosa para transformar la manera en que se producen y conservan los alimentos que consumimos día a día. Desde una mirada técnica, se logró evaluar con rigurosidad la viabilidad de estrategias como el procesamiento por altas presiones (HPP), los pulsos eléctricos (PEF) y la ultrasonografía de alta potencia (HPU), evidenciando sus ventajas en términos de seguridad alimentaria, preservación de nutrientes y reducción de aditivos perjudiciales.

Más allá de los aspectos técnicos, esta investigación aportó una reflexión profunda sobre las barreras sociales y culturales que enfrentan muchas familias en Bogotá, especialmente en localidades como Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Kennedy. Allí, el acceso a una alimentación saludable no depende solo del conocimiento, sino también de las condiciones económicas, la oferta alimentaria disponible y las costumbres heredadas. Identificar estos factores permitió comprender que cualquier estrategia efectiva debe adaptarse al contexto social y no imponerse desde una visión aislada.

En el ámbito económico, el análisis de costos evidenció que, si bien tecnologías como HPP representan una inversión considerable, también ofrecen una rentabilidad atractiva a mediano plazo, especialmente cuando se prioriza la salud pública como eje central de las políticas alimentarias. Se identificó un retorno de inversión estimado en un plazo de 16 a 18 meses bajo condiciones óptimas, lo cual resulta alentador para su posible implementación futura.

El proyecto cumplió con su objetivo general al evaluar la viabilidad de estas estrategias, así como con sus objetivos específicos, al relacionar los factores alimentarios de riesgo con las tecnologías industriales más adecuadas. La metodología empleada basada en revisión documental, análisis comparativo y fundamentación técnico legal, permitió alcanzar conclusiones sólidas, aunque sin dejar de reconocer algunas limitaciones, como el acceso parcial a datos locales actualizados o la ausencia de una validación directa en campo.

Como proyección futura, este trabajo abre la puerta a nuevas investigaciones e intervenciones que no solo exploren la implementación real de estas tecnologías, sino que promuevan alianzas entre academia, sector industrial y comunidades. Es necesario avanzar hacia una industria alimentaria más consciente, más justa y comprometida con la salud de las poblaciones en riesgo.

En síntesis, este proyecto es un llamado a repensar la relación entre lo que comemos, cómo lo producimos y el impacto que ello tiene en nuestras vidas. Porque detrás de cada estrategia diseñada no solo hay un proceso industrial: hay una oportunidad de mejorar la salud, la equidad y el bienestar colectivo.

## REFERENCIAS

Adithya, S. (2020). Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: A review. *PubMed Central (PMC)*.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7651826/>

Albarracín, W., Sánchez, I. C., Grau, R., & Barat, J. M. (2011). Salt in food processing; usage and reduction: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(7),

1329–1336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02492.x>

American Diabetes Association. (2023). *Standards of Medical Care in Diabetes—2023*.

<https://diabetes.org>

Ávila, C., & Rodríguez, F. (2018). *Fundamentos de costos para ingenieros*. Ecoe Ediciones.

BS Edulcorantes. (2025). *Los usos más inesperados del azúcar en la industria alimentaria*.

<https://www.bsedulcorantes.com/usos-sorprendentes-azucar/>

Bon Kimura (2024). *High-Pressure Processing (HPP) of Food: A Cuing-Edge Non-Thermal*

*Preservation Method*. Recuperado de: [https://foodmicrobe-basic.com/high-pressure-](https://foodmicrobe-basic.com/high-pressure-processing-non-thermal-food-preservation/)

[processing-non-thermal-food-preservation/](https://foodmicrobe-basic.com/high-pressure-processing-non-thermal-food-preservation/)

Burbano, D. (2017). *Gestión de costos y presupuestos en proyectos productivos*. Editorial

Universidad del Rosario.

Chavarrias. M (2022) Procesado por Altas Presiones o HPP: una forma suave y sin necesidad de aditivos para conservar alimentos [https://www.eldiario.es/consumoclaro/procesado-altas-presiones-hpp-forma-suave-necesidad-aditivos-conservar-alimentos\\_1\\_8964568.html](https://www.eldiario.es/consumoclaro/procesado-altas-presiones-hpp-forma-suave-necesidad-aditivos-conservar-alimentos_1_8964568.html)

DANE. (2022). Defunciones por causas de muerte en Colombia.

*Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)*. Recuperado de:  
<https://www.dane.gov.co>

Empresas Iansa. (s.f.). *Usos y funciones del azúcar*.

<https://empresasiansa.cl/azucar-consciente/funciones-del-azucar/>

Eroski Consumer. (2013). *El poder conservador del azúcar*.

<https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-poder-conservador-del-azucar.html>

Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M. I., Corella, D., Arós, F., Gómez-Gracia, E., Ruiz-Gutiérrez, V., Fiol, M., Lapetra, J., Lamuela-Raventós, R. M., Serra-Majem, L., Pintó, X., Basora, J., Muñoz, M. A., Sorlí, J. V., Martínez, J. A., Martínez-González, M. Á., & PREDIMED Study Investigators. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *New England Journal of Medicine*, 378(25), e34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800389>

GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

Grimes, C. A., Riddell, L. J., Campbell, K. J., & Nowson, C. A. (2013). Dietary salt intake, sugar-sweetened beverage consumption, and obesity risk. *Pediatrics*, 131(1), 14–21. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-1628>

He, F. J., Tan, M., Ma, Y., MacGregor, G. A. (2020). Salt reduction to prevent hypertension and cardiovascular disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(6), 632–647. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.055>

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hielscher Ultrasonics. (2025). Ultrasonidos en la industria alimentaria.

[https://www.HielscherUltrasonics.com/es/food\\_01.htm](https://www.HielscherUltrasonics.com/es/food_01.htm)

Hyperbaric. (2020). *Sustainability and impact of the HPP technology on the environment – Hiperbaric*. <https://www.hiperbaric.com/en/sustainability-and-impact-of-the-hpp-technology-on-the-environment/>

Hiperbaric. (2024). *HPP equipment: The best choice for food safety and quality.*

<https://www.hiperbaric.com>

Hiperbaric. (2025). Qué es la tecnología HPP.

<https://www.hiperbaric.com/es/tecnologia-hpp/que-es-la-hpp/>

Hiperbaric. (2025). *Revolucionando el sector lácteo con la alta presión en frío (HPP).*

<https://www.hiperbaric.com/es/revolucionando-sector-lacteo-con-alta-presion-en-frio-hpp/>

ISO 22000. (2018). *Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain.* International Organization for Standardization.

<https://www.iso.org/standard/65464.html>

Jerish, J. (2022). Pulsed electric field processing applications in the food industry. *Ohioline.*

<https://ohioline.osu.edu/factsheet/fst-fabe-1002>

Kadam P S, Jadhav B A, Salve R V and Mache wad G M. (2012). *Review on the High-Pressure Technology (HPT) for Food Preservation.* Journal of food processing

<https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/review-on-the-high-pressure-technology-hpt-for-food-preservation-2157-7110.1000135.pdf>

Lavinas. (2008). *Effect of high hydrostatic pressure on cashew apple (Anacardium occidentale L.) juice preservation.*

[https://www.researchgate.net/publication/24038989\\_Effect\\_of\\_High\\_Hydrostatic\\_Pressure\\_on\\_Cashew\\_Apple\\_Anacardium\\_occidentale\\_L\\_Juice\\_Preservation](https://www.researchgate.net/publication/24038989_Effect_of_High_Hydrostatic_Pressure_on_Cashew_Apple_Anacardium_occidentale_L_Juice_Preservation)

Latika, Y. (2014). High power ultrasound: An innovation in the food processing industry.

*ResearchGate.*

[https://www.researchgate.net/publication/273300778\\_High\\_power\\_ultrasound\\_An\\_innovation\\_in\\_the\\_food\\_processing\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/273300778_High_power_ultrasound_An_innovation_in_the_food_processing_industry)

Lilian, R. (2023). Qué es la tecnología HPP. *Mundo Expo Pack.*

<https://www.mundoexpopack.com/industrias/alimentos/article/22879253/procesamiento-por-alta-presin-hpp-un-insumo-en-expansin-de-juancamole>

Maged, E. (2012). Pulsed electric fields for food processing technology. *ResearchGate.*

[https://www.researchgate.net/publication/288922778\\_Pulsed\\_Electric\\_Fields\\_for\\_Food\\_Processing\\_Technology](https://www.researchgate.net/publication/288922778_Pulsed_Electric_Fields_for_Food_Processing_Technology)

Mejía Gutiérrez, J. (2023). *Reducción de la actividad de agua como método de conservación en mermeladas* [Tesis de licenciatura, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.].

<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1440/1/Josu%C3%A9%20Mej%C3%ADa%20Guti%C3%A9rrez.pdf>

Micha, R., Peñalvo, J. L., Cudhea, F., Imamura, F., Rehm, C. D., & Mozaffarian, D. (2017).

Association between dietary factors and mortality from heart disease, stroke, and type 2 diabetes in the United States. *JAMA*, 317(9), 912-924.

<https://doi.org/10.1001/jama.2017.0947>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Informe de competitividad agroindustrial*

2022. <https://www.minagricultura.gov.co>

Ministerio de Salud de Colombia. (2011). *Resolución 333 de 2011*.

<https://www.minsalud.gov.co>

Ministerio de Salud y Protección Social. (s.f.). *Documento técnico azúcares adicionados*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/documento-tecnico-azucars-adicionados.pdf>

Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Jaime, P., Martins, A. P., ... &

Louzada, M. L. (2019). Ultra-processed foods: what they are and how to identify them.

*Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941. <https://doi.org/10.1017/S1368980018003762>

Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans

fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–

1613. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054035>

Mozaffarian, D. (2020). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: A comprehensive review. *Circulation*, 141(10), 766–782.

<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.040104>

Mozaffarian, D. (2020). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: A comprehensive review. *Circulation*, 133(2), 187-225.

<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018585>

Muñoz, L. J., Torres, P., & Ramírez, S. (2020). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. McGraw-Hill

National Institutes of Health. (2015). *Diabetes and cardiovascular disease: Epidemiology, biological mechanisms, treatment recommendations and future research*.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4600176/>

Ochoa, M. (2012). Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Redalyc*.

<https://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. OMS. <https://www.who.int/publications>

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Reducción de la ingesta de sodio*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

Portafolio. (2020). ¿Cuál es la rentabilidad mínima que busca un inversionista? *Portafolio.co*.

<https://www.portafolio.co/mis-finanzas/inversiones>

Pulsemaster. (s. f.). FAQ about pulsed electric field processing.

[https://www.pulsemaster.us/faq#:~:text=Pulsed%20Electric%20Field%20\(PEF\)%20processing%20offers%20numerous%20benefits%2C%20including,tissue%2C%20thereby%20reducing%20processing%20times](https://www.pulsemaster.us/faq#:~:text=Pulsed%20Electric%20Field%20(PEF)%20processing%20offers%20numerous%20benefits%2C%20including,tissue%2C%20thereby%20reducing%20processing%20times)

Rastogi, N. K., Raghavarao, T. V. B., Balasubramaniam, V. M., Niranjana, K., & Knorr, D.

(2018). *High Pressure Processing of Foods: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*

[https://www.researchgate.net/publication/328652367\\_High\\_Pressure\\_Processing\\_of\\_Foods\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/328652367_High_Pressure_Processing_of_Foods_A_Review)

Reupo Bardales, R. J. (2018). *Efecto de la pasteurización sobre las características*

*fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la pulpa de arándano (Vaccinium corymbosum L.) variedad Biloxi* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5767>

Riva, G. (s. f.). Utilización de fuentes de energía renovables y tecnologías de ahorro

energético por parte de plantas lecheras y centros de acopio de pequeña escala. *FAO*.

<https://www-fao->

[org.translate.googleusercontent.com/4/t0515e/T0515E00.htm?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge#TOC](https://www-fao-org.translate.googleusercontent.com/4/t0515e/T0515E00.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#TOC)

Sampedro, F. (2014). Cost analysis and environmental impact of pulsed electric fields and high pressure processing in comparison with thermal pasteurization. *SpringerLink*.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-014-1298-6>

Sánchez, H., & Gómez, V. (2019). *Contabilidad de costos: Un enfoque práctico*.

AlfaomegaSatija, A., & Hu, F. B. (2018). Plant-based diets and cardiovascular health. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 28(7), 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2018.02.004>

Schwingshackl, L., Schwedhelm, C., Hoffmann, G., Knüppel, S., Iqbal, K., Bechthold, A., Schlesinger, S., & Boeing, H. (2021). Food groups and risk of all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 105(6), 1462-1473. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.156620>

Secretaría Distrital de Salud. (2023). *Indicadores de enfermedades cardiovasculares por localidades en Bogotá*. Observatorio de Salud de Bogotá – SaluData.

<https://saludata.saludcapital.gov.co/>

Srour, B., Fezeu, L. K., Kesse-Guyot, E., Allès, B., Méjean, C., Andrianasolo, R. M., ... & Touvier, M. (2019). Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé). *BMJ*, 365, 11451.

<https://doi.org/10.1136/bmj.11451>

Téllez-Luis, S. J. 1; Ramírez, J. A.1; Pérez-Lamela, C.2\*; Vázquez, M.3; Simal-Gándara. (2001).

*Aplicación de la alta presión hidrostática en la conservación de los alimentos.*

<https://www.redalyc.org/pdf/724/72430101.pdf>

Te Morenga, L., Mallard, S., & Mann, J. (2013). Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials and cohort studies. *BMJ*, 346, e7492. <https://doi.org/10.1136/bmj.e7492>

World Health Organization. (2018). *REPLACE trans fat: An action package to eliminate industrially-produced trans-fatty acids*. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-18.6>

World Health Organization (WHO). (2023). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. Tomado de: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

World Health Organization. (2023). *Reducing salt and sugar consumption*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Yang, Q., Zhang, Z., Gregg, E. W., Flanders, W. D., Merritt, R., & Hu, F. B. (2014). Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults. *JAMA Internal Medicine*, 174(4), 516–524. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.13563>

Yegidis, B. L., & Weinbach, R. W. (2020). *Research Methods for Social Workers* (8th ed.).

Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/research-methods-for-social-workers/P200000002052/9780136912286>

Zumex. (2024). *Cómo extender el tiempo de conservación del jugo*.

<https://www.zumex.com/la/blog/como-extender-tiempo-conservacion-del-jugo/>