



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

Tesis de Maestría

Diseño de un proceso automatizado de fermentación
de tepache

presentada por

Ing. Tlaloc González Sánchez

como requisito para la obtención del grado de
Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Director de tesis

Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza

Codirector de tesis

Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo

Cuernavaca, Morelos, México. Junio 2024.

Cuernavaca, Mor.,
No. De Oficio:
Asunto:

07/junio/2024
SAC/184/2024
Autorización de
impresión de tesis

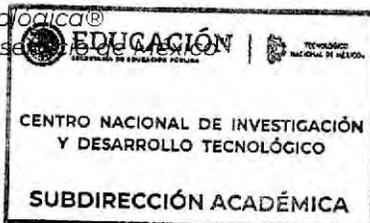
**TLÁLÓC GONZÁLEZ SÁNCHEZ
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA
P R E S E N T E**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **“Diseño de un proceso automatizado de fermentación de tepache”**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

Excelencia en Educación Tecnológica®
“Conocimiento y tecnología al servicio de México”



**CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO**

C. c. p. Coordinación de Ciencias de la Ingeniería
Departamento de Servicios Escolares

CMAZ/lmz

Cuernavaca, Mor., 21/mayo/2024

OFICIO No. MCI/011/2024

Asunto: Aceptación de documento de tesis
CENIDET-AC-004-M14-OFICIO

DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial de la C. Tlálóc González Sánchez con número de control M22CE076, de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis de grado titulado "**Diseño de un proceso automatizado de fermentación de tepache**" y hemos encontrado que se han atendido todas las observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.



Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza
Director de tesis



Dr. Juan Reyes Reyes
Revisor 1



Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo
Codirector de tesis



Dr. Jesús Arce Landa
Revisor 2

C.c.p. Depto. Servicios Escolares.
Expediente / Estudiante
Iniciales AMR/mrsr

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por el apoyo económico brindado para poder realizar y culminar mis estudios de maestría.

Quiero agradecer al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), por abrirme las puertas y brindarme todos los medios para realizar este trabajo, así como, a todo el personal administrativo por sus atenciones tan amables que recibí durante mi estancia.

A mi familia, comenzando por mi mamá que todo el tiempo me estuvo dando ánimos para seguir adelante y que siempre apoyo mis decisiones, a mi hermana que a pesar de yo ser el menor siempre admira lo que hago y me motiva, mi hermano mayor que siempre me piso los talones para dar lo mejor de mi en todo momento sin tener pretextos, y finalmente mi papá, que a través de sus conocimientos me transmitió la seguridad para llevar a cabo todo lo que me proponga, por lo que mi familia es mi columna, que sin ellos no fuera lo que soy hoy, muchas gracias.

A mi director el Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza, gracias por su apoyo, para que se llevará a cabo de manera adecuada el proceso de investigación y culminar en tiempo y forma, la manera de dirigir me agrado, pues deja a uno ser, permitiendo desarrollar habilidades de investigador.

A mi codirectora la Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo, muchas gracias, por brindarme el apoyo necesario en diversas ocasiones, sus consejos, su amistad y sobretodo por creer en mi y lograr un trabajo de investigación exitoso, le estoy infinitamente agradecido.

A mi comité de revisores, el Dr. Juan Reyes Reyes y el Dr. Jesus Arce Landa, por sus comentarios que enriquecieron este trabajo y me han forjado como investigador, por el interés en cada una de las revisiones y su amistad brindada.

A mis amigos: Yen, Reynaldo, Irvin, Karime, Rocio, Zentina, Guadarrama, Fernanda, Marisol y Paola, por todas esas risas y vivencias que compartimos durante nuestra formación, espero volver a coincidir con ustedes.

Finalmente, a mi promesa, pero sobre todo gracias por ser esa persona que da el 100 % en todo lo que hace.

Índice general

Índice general	2
Índice de figuras	5
Índice de tablas	7
1 Introducción	3
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Ventajas y limitaciones	5
1.4 Alcances	5
1.5 Contribución	6
1.6 Originalidad	7
1.7 Aportación	7
1.8 Estructura del documento	8
2 Marco teórico	10
2.1 Fermentación	10
2.1.1 Definición, origen y tradición del tepache	10
2.2 Definición, origen y tradición del kéfir	13
2.3 Modelo de negocios	17
2.3.1 Plan de negocios	19
2.4 Automatización	20
2.4.1 Material de construcción en acero inoxidable	20
2.4.2 Instrumentación	20
2.5 Álgebra de boole	26

ÍNDICE GENERAL	3
3 Estudio del estado del arte	28
3.1 Elaboración del tepache	28
4 Diseño del prototipo	36
4.1 Prototipo 1	36
4.2 Prototipo 2	38
4.3 Prototipo 3	40
5 Diseño de automatización, programación y pruebas	42
5.1 Selección de instrumentación	42
5.2 Programación	45
5.3 Programación piña, panela y personalizado	46
5.3.1 Resultados de fermentación de piña con kéfir y panela	51
5.3.2 Resultados de la fermentación de panela con kéfir	53
5.3.3 Resultados de la fermentación de panela con kéfir # 2	54
5.3.4 Resultados de la fermentación personalizada	56
5.3.5 Manual de usuario	59
5.4 Conclusión del capítulo	60
6 Análisis financiero del fermentador automatizado	63
6.1 Modelo de negocios del fermentador automatizado	63
6.1.1 BLOQUE 1: Segmento de mercado	63
6.1.2 BLOQUE 2: Propuesta de valor	66
6.1.3 BLOQUE 3: Canales de distribución	67
6.1.4 BLOQUE 4: Relación con el cliente	67
6.1.5 BLOQUE 6: Actividades clave	70
6.1.6 BLOQUE 7: Socios clave	80
6.1.7 BLOQUE 8: Flujo de ingresos	81
6.1.8 BLOQUE 9: Estructura de costos	82
6.2 Conclusión del capítulo	83
7 Conclusiones generales	85
7.1 Resumen	85
7.2 Productos	85
7.3 Trabajos futuros	86

Bibliografía	88
Anexos	93
A Código de programación	94
B Tablas de datos	107
C Artículos publicados	112

Índice de figuras

2.1	<i>Bomba TOPINCN.</i>	21
2.2	<i>Sensor de pH Electrode Probe.</i>	22
2.3	<i>Sensor DS18B20.</i>	23
2.4	<i>Impresión 3D.</i>	23
2.5	<i>Arduino mega.</i>	24
2.6	<i>Pantalla LCD.</i>	25
2.7	<i>Sensor pH Electrode Probe.</i>	25
2.8	<i>Placa peltier.</i>	26
4.1	<i>Características del prototipo 1.</i>	36
4.2	<i>Características del prototipo 2.</i>	38
4.3	<i>Características del prototipo 3.</i>	40
5.1	<i>Diagrama de bloques.</i>	45
5.2	<i>Datos obtenidos de pH durante la fermentación de piña.</i>	52
5.3	<i>Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de piña.</i>	52
5.4	<i>Datos obtenidos de pH durante la fermentación de panela.</i>	54
5.5	<i>Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de panela.</i>	54
5.6	<i>Datos obtenidos de pH durante la fermentación de panela # 2.</i>	55
5.7	<i>Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de panela # 2.</i>	56
5.8	<i>Datos obtenidos de temperatura ambiente durante la fermentación de panela # 2.</i>	56
5.9	<i>Datos obtenidos de pH durante la fermentación de manzana.</i>	57
5.10	<i>Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de manzana.</i>	58
5.11	<i>Ensamble del fermentador.</i>	62
6.1	<i>Encuesta realizada para identificar el motivo de compra.</i>	65
6.2	<i>Encuesta realizada para identificar el nivel de interés por adquirir el fermentador.</i>	65

6.3 Plataformas online.	68
6.4 FODA.	69
6.5 Layout.	71
6.6 Etiquetado del fermentador.	74
6.7 Nivel de madurez tecnológica (TRL).	75
6.8 Estado de la técnica.	77
6.9 Diagrama de operaciones.	78
6.10 Diagrama de flujo de proceso de producción.	79
6.11 Socios clave.	81
6.12 Fermentador y piezas.	82

Índice de tablas

Tabla 5.1	<i>Datos de referencia.</i>	46
Tabla 6.1	<i>Modelo de negocios del fermentador.</i>	64
Tabla 6.2	<i>Datos para formula del tamaño de muestra.</i>	65
Tabla 6.3	<i>Propuesta de valor expuesta al cliente.</i>	66
Tabla 6.4	<i>Evaluación financiera.</i>	70
Tabla 6.5	<i>Manual de procesos.</i>	80
Tabla 6.6	<i>Proyección de fermentadores que se pueden fabricar por mes (capacidad de producción).</i>	81
Tabla 6.7	<i>Bloque 8, estructura de costos.</i>	83
Tabla 2.1	<i>Tabla de datos obtenidos de la fermentación de piña.</i>	108
Tabla 2.2	<i>Tabla de datos obtenidos de la fermentación de panela.</i>	109
Tabla 2.3	<i>Tabla de datos obtenidos de la fermentación de panela # 2.</i>	110
Tabla 2.4	<i>Tabla de datos obtenidos de la fermentación de manzana.</i>	111

Resumen

En este trabajo de tesis se presenta el diseño y construcción de un prototipo automatizado para la fermentación, con un enfoque específico en el tepache con kéfir. Este fermentador automatizado está equipado para controlar la fermentación mediante el monitoreo del pH y la regulación de la temperatura.

Se diseñaron y construyeron tres versiones de prototipo con diversas capacidades de fermentación. Cada prototipo incorporó una placa Peltier, una bomba de circulación de fluido, y sensor de pH y temperatura, junto con un sistema de programación que toma decisiones basadas en los parámetros preestablecidos. Por ejemplo, para el tepache de piña se estableció una temperatura de 27°C y un pH de 4.5 como referencia, finalizando la fermentación únicamente si el pH se encuentra dentro del parámetro programado.

Se llevaron a cabo un total de cuatro experimentos con diferentes configuraciones programadas: tepache de piña, panela y manzana. Se recolectaron datos de temperatura y pH cada 2 minutos, lo que permitió generar gráficas de puntos para identificar el comportamiento de la fermentación a lo largo de todo el proceso. Además, se comprobó el funcionamiento adecuado del fermentador automatizado, que tiene la capacidad de detener la fermentación una vez alcanzados los parámetros configurados.

Por último, se desarrolló un modelo de negocios CANVAS, desglosado en sus nueve bloques, para evaluar la viabilidad financiera del proyecto. Este análisis garantiza que el fermentador automatizado sea un producto factible y rentable, adecuado para su incorporación al mercado como un electrodoméstico.

Palabras clave: prototipo, automatizado, fermentación, temperatura, pH, kéfir, tepache.

Abstract

This thesis work presents the design and construction of an automated prototype for fermentation, with a specific focus on kefir tepache. This automated fermenter is equipped to control fermentation by monitoring pH and regulating temperature.

Three prototype versions with varying fermentation capabilities were designed and built. Each prototype incorporated a Peltier plate, a fluid circulation pump, and pH and temperature sensors, along with a programming system that makes decisions based on preset parameters. For example, for the pineapple tepache, a temperature of 27°C and a pH of 4.5 were set as a reference, with fermentation ending only if the pH is within the programmed parameter.

A total of four experiments were carried out with different programmed configurations: pineapple, panela and apple tepache. Temperature and pH data were collected every 2 minutes, which allowed the generation of dot plots to identify the fermentation behavior throughout the process. In addition, the proper functioning of the automated fermenter, which has the capacity to stop fermentation once the configured parameters have been reached, was verified.

Finally, a CANVAS business model, broken down into its nine blocks, was developed to assess the financial viability of the project. This analysis ensures that the automated fermenter is a feasible and profitable product, suitable for incorporation into the market as a household appliance.

Keywords: prototype, automated, fermentation, temperature, pH, kefir, tepache.

Capítulo 1

Introducción

El tepache, una bebida fermentada elaborada a partir de azúcar de frutas dulces o diferentes tipos de azúcares procesados, es una bebida típica ampliamente consumida en México, encontrándose en diferentes estados del país como Oaxaca, Guerrero, Puebla, Veracruz y Morelos [22]. La diversidad en la preparación del tepache es notable, ya que se pueden encontrar tres tipos principales: uno elaborado con jugo de caña fermentado, otro que contiene pulque, agua, piña y clavo, y un tercero que incorpora miel de abeja, e incluso es común ver la adición de kéfir para acelerar el proceso de fermentación [64].

Investigaciones han demostrado que el tepache es una bebida beneficiosa para el organismo humano, ya que aporta una variedad de bacterias probióticas que complementan la flora intestinal, mejoran la digestión y combaten la retención de líquidos, entre otros beneficios para la salud. Sin embargo, para obtener una bebida de calidad adecuada para el consumo, es fundamental monitorear y controlar ciertas variables durante el proceso de fermentación, como la temperatura, el grado brix, el ácido láctico y el contenido alcohólico [17].

Si estas variables no son controladas adecuadamente, la fermentación puede continuar hasta que la bebida se vuelva amarga, ácida o avinagrada, volviéndose inapropiada para el consumo humano. Además, los tiempos de fermentación pueden variar según la temperatura ambiente y el porcentaje de azúcar agregado [18]. Por lo que la venta de tepache en el mercado no ha sido del todo segura hasta la fecha, es importante tener en cuenta los datos de pH que conforman la bebida fermentada para garantizar su calidad y beneficios para la salud.

1.1. Planteamiento del problema

El tepache, como una bebida fermentada que convierte componentes orgánicos en elementos más simples, requiere obtener características específicas para su consumo, como un pH adecuado de 4.5, especialmente en el caso del tepache de piña. Mantener un monitoreo del pH y controlar la temperatura son variables de gran importancia, ya que el proceso de fermentación puede terminar con un pH tan bajo como 3, lo que lo vuelve no apto para el consumo.

Este proyecto aborda la necesidad de determinar cuándo el tepache está listo para su consumo, utilizando propiedades organolépticas y controlando la temperatura ambiente para estimar el tiempo requerido para la fermentación. El dispositivo desarrollado proporciona una solución práctica, donde solo es necesario colocar los ingredientes y esperar a que el dispositivo produzca una bebida con las propiedades deseadas.

Además, esta investigación destaca la importancia del consumo de tepache y los beneficios que aporta a la salud. El tepache es una bebida popular en México, pero la variabilidad en el sabor y las propiedades entre las producciones comerciales limita su aprovechamiento completo.

En el contexto actual, donde el consumo de ciertos alimentos y productos puede afectar negativamente la flora intestinal y la salud en general, el tepache se destaca como una opción beneficiosa para el equilibrio del cuerpo y la prevención de enfermedades.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Automatizar y monitorear las variables críticas de fermentación para la elaboración de tepache a través del diseño y construcción de un prototipo que sea comercializable.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las variables críticas en el proceso de fermentación del tepache.
- Diseñar un prototipo para realizar pruebas de fermentación de kéfir con panela, kéfir con piña y panela y personalizado.
- Definir el material adecuado para el prototipo y la instrumentación de la automatización.
- Programar los límites de los sensores, para obtener un proceso de fermentación estable..

- Realizar un modelo de negocios del fermentador automatizado.
- Evaluar los resultados para desarrollar un manual de usuario.

1.3. Ventajas y limitaciones

La conclusión del desarrollo del fermentador automatizado resalta la ventaja significativa de concebir, diseñar y construir un dispositivo innovador desde cero, partiendo de una idea inicial. Este proceso implicó la integración y aplicación de conocimientos multidisciplinarios en áreas que van desde la ingeniería hasta la biotecnología, lo que demuestra la complejidad y la interdisciplinariedad del proyecto. La capacidad para abordar y resolver desafíos técnicos en diferentes áreas de conocimiento es un logro destacado de este proyecto.

Sin embargo, es importante reconocer que el tiempo limitado de investigación y desarrollo puede haber sido una restricción en la exploración más profunda del tema. El diseño y la implementación de un fermentador automatizado representan solo el comienzo de un campo amplio y prometedor en la fermentación industrial y la biotecnología alimentaria. Existen oportunidades adicionales para expandir este trabajo, explorando nuevas aplicaciones, optimizando procesos existentes y desarrollando productos fermentados innovadores.

En resumen, el desarrollo del fermentador automatizado representa un cambio significativo en la investigación y aplicación de tecnología en el campo de la fermentación. Aunque se ha logrado un progreso notable, queda un gran potencial sin explorar para futuras investigaciones y desarrollos en este emocionante campo interdisciplinario.

1.4. Alcances

El diseño y construcción del prototipo final se encuentra en un Technological Readiness Level (TRL) 6, es decir:

- El prototipo está diseñado con características que le permite un funcionamiento adecuado.
- Cumple con la evaluación en condiciones reales.
- Se validó el rendimiento (objetivo).
- Lo conforma un sistema automatizado específico para desarrollar una fermentación adecuada.

- Se tienen identificadas las normativas iniciales para un fermentador electrodoméstico.

La programación se llevó acabo en código Arduino con sensor de pH para el monitoreo del tepache.

La temperatura se controló con placa peltier y se monitoreó con un módulo de control de temperatura DS18B20.

El prototipo final que se desarrollo contiene las siguientes características:

- Capacidad máxima de 2.5L.
- Configuración para piña con kéfir y panela.
- Configuración para panela con kéfir.
- Configuración para personalizado, es decir, (parámetros finales como lo es el pH y temperatura proporcionados por el usuario).

1.5. Contribución

La construcción y diseño del fermentador se fundamentó en un análisis del estado del arte, donde se identificaron las variables críticas y los parámetros óptimos para la producción de una bebida adecuada para su consumo. Este enfoque permitió automatizar el proceso de fermentación, garantizando el cumplimiento de los estándares recomendados en cada ciclo de fermentación.

La implementación de sistemas de monitoreo y control, especialmente del pH y la temperatura, ha representado un avance significativo en la tecnología de producción de tepache. Esta innovación no solo asegura la consistencia en la calidad del producto final, sino que también optimiza los recursos y reduce la intervención manual, lo que resulta en una producción más eficiente y confiable.

En resumen, el fermentador diseñado y construido no solo representa una mejora significativa en el proceso de elaboración del tepache, sino que también introduce una innovación tecnológica en la industria de bebidas fermentadas. Este proyecto demuestra el potencial de la automatización y el control de variables críticas en la producción de bebidas artesanales, allanando el camino para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

1.6. Originalidad

La conclusión detallada del proyecto subraya la singularidad del fermentador diseñado, destacando su capacidad para supervisar activamente el pH durante el proceso de fermentación. A diferencia de muchos fermentadores comerciales disponibles en el mercado, este diseño único aborda una variable crucial pero a menudo pasada por alto: el pH. La supervisión del pH son aspectos críticos en la producción de bebidas fermentadas, ya que niveles inapropiados de acidez pueden no solo afectar negativamente el sabor y la calidad del producto final, sino también causar malestar gastrointestinal en los consumidores.

Es importante resaltar que, si bien muchos fermentadores comerciales se centran únicamente en mantener una temperatura uniforme durante la fermentación, la capacidad del fermentador construido durante la investigación para monitorear el pH y controlar la temperatura, representa una ventaja significativa. Esta característica permite garantizar la consistencia en la calidad del producto final, al tiempo que se minimizan los riesgos asociados con fluctuaciones inesperadas en el pH.

En conclusión, el diseño único del fermentador, con la capacidad para supervisar el pH y controlar activamente la temperatura, ofrece una solución innovadora y efectiva para mejorar la calidad y la consistencia en la producción de bebidas fermentadas con un enfoque especial en el tepache. Esta contribución representa un avance significativo en el campo de la fermentación y destaca la importancia de considerar múltiples variables en el diseño de equipos para la producción de alimentos y bebidas.

1.7. Aportación

1. Uniformidad en la bebida:

- Describir la importancia de la uniformidad en la calidad de la bebida, tanto en términos de sabor como de textura.
- Explicar cómo la uniformidad garantiza una experiencia consistente para el consumidor y promueve el consumo de la misma.
- Detallar los factores que pueden afectar la uniformidad en la producción de bebidas, como la fermentación, los ingredientes y el proceso de elaboración.

2. Difusión de la importancia de consumir tepache y beneficios para la salud:

- Contribuir a mejorar la salud digestiva, fortalecer el sistema inmunológico y promover un equilibrio en la microbiota intestinal, mediante el consumo de tepache.
- Utilizar ingredientes naturales en el tepache, como la piña, la panela y las especias, contribuyen como beneficios para la salud.

3. Diseño y construcción de un fermentador electrodoméstico automatizado:

- Presentar la necesidad de un fermentador automatizado para simplificar y optimizar el proceso de elaboración de tepache en el hogar.
- Describir los componentes y características clave del fermentador, como el control de temperatura, la agitación automática y la monitorización del proceso de fermentación.
- Explicar cómo el fermentador automatizado garantiza condiciones adecuadas de fermentación para obtener un tepache de alta calidad de manera consistente y reproducible.
- Destacar la versatilidad del fermentador, que permite a los usuarios experimentar con diferentes recetas y variaciones de tepache según sus preferencias individuales.

1.8. Estructura del documento

- **Capítulo 1: Introducción** En este capítulo se presenta una introducción que contextualiza el propósito de la tesis. Se identifican las problemáticas abordadas y se proponen los objetivos de la investigación, así como los alcances del estudio. Además, se destaca la contribución de la investigación tanto a nivel científico como social.
- **Capítulo 2: Marco teórico** En este capítulo se expone el marco teórico, donde se definen y explican los conceptos fundamentales utilizados en la investigación. Este marco proporciona la base teórica necesaria para comprender el estudio realizado.
- **Capítulo 3: Estudio del estado del Arte** En este capítulo se presenta el estudio del estado del arte, que consiste en recopilar y analizar información relevante relacionada con el tema de la investigación. Se destacan las propiedades e importancia del fermentador, así como los avances y trabajos previos en el área.
- **Capítulo 4: Diseño del Prototipo** En este capítulo se detallan los diseños desarrollados a lo largo de la investigación, así como las limitaciones encontradas en cada etapa que llevaron al desarrollo del prototipo final. Se describe el proceso de iteración y refinamiento hasta llegar al prototipo funcional con los materiales adecuados.

- **Capítulo 5: Diseño de automatización, programación y pruebas** En este capítulo se presenta el diseño de la automatización y la programación del fermentador automatizado. Se describen las pruebas realizadas para validar su funcionamiento, incluyendo el proceso de programación y los resultados obtenidos.
- **Capítulo 6: Análisis financiero del fermentador automatizado** En este capítulo se examinan los resultados del modelo de negocios Canvas, con un enfoque en la viabilidad financiera del proyecto. Se presentan las conclusiones derivadas del análisis financiero, resaltando los datos relevantes y su importancia en cuanto a la rentabilidad y viabilidad del fermentador, en caso de que se decida su incorporación al mercado.
- **Capítulo 7: Conclusiones generales** Este último apartado incluye el resumen de la investigación, productos obtenidos durante el desarrollo del tema de tesis y de los trabajos futuros que se identificaron como áreas de oportunidad para continuar con la mejora continua.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Fermentación

La fermentación es un proceso mediante el cual los microorganismos obtienen energía a partir de compuestos orgánicos, como los azúcares, y los transforman en compuestos químicos más simples, tales como dióxido de carbono, ácidos, alcoholes, entre otros [53]. En el contexto específico de esta investigación, el microorganismo protagonista es el kéfir. Los compuestos orgánicos utilizados son la panela y algún fruto dulce. Los productos químicos más simples obtenidos de esta fermentación incluyen dióxido de carbono, ácido láctico, ácido acético y alcohol.

2.1.1. Definición, origen y tradición del tepache

El tepache es una bebida fermentada popular en México, apreciada por su refrescante sabor y sus beneficios probióticos. Su nombre, de origen náhuatl, "tepiatl", sugiere una bebida derivada del maíz. Se cree que esta denominación proviene de "tepiatzin"(tepitl, variedad de maíz, y atl, agua o bebida) o "tepachoa", que significa moler o prensar algo con una piedra. Aunque el tepache ha sido consumido en México desde tiempos prehispánicos, su origen exacto sigue siendo un misterio, aunque se le asocia, por su naturaleza similar, con la chicha peruana [64].

Hoy en día, el tepache se elabora principalmente mediante la fermentación de frutas dulces. Sin embargo, en algunas comunidades indígenas de México, como los Amuzgos de Oaxaca, Guerrero, Puebla y Veracruz, los pápagos de Sonora y los triques de Oaxaca, todavía se mantiene la tradición de preparar el tepache con maíz. Aunque existen pocos registros sobre cómo elaborar tepache de frutas, la información sobre la variante de maíz es aún más escasa, e incluso se desconoce la receta exacta para su preparación [17].

Formas para preparar el tepache

Aunque existen diversas formas de preparar tepache, la más común es utilizando frutas como piña, manzana, naranja y guayaba. Estas frutas se dejan fermentar durante un período variable en barriles de madera llamados tepacheras, que contienen agua endulzada con panela. Las tepacheras se cubren con tela de manta para evitar la entrada de moscas u otros contaminantes, y este método aún se puede observar hoy en día en los puestos ambulantes a lo largo de las carreteras de los pueblos mexicanos [45].

Después de uno o varios días, dependiendo de la temperatura ambiente, se obtiene una bebida con un sabor dulce y agradable. Sin embargo, si la fermentación se prolonga demasiado, el tepache puede volverse avinagrado y adquirir un sabor desagradable debido a la formación de ácido acético. Además de las frutas mencionadas, en ocasiones el tepache también se elabora con jugo de caña de azúcar o pulque [64].

Es importante destacar que los productores de tepache que venden la bebida no siguen un estándar específico en su elaboración. Se ha observado que utilizan agua del grifo para llenar los barriles, y mezclan azúcar refinada, cáscara de piña, cáscara de naranja y tamarindo. En el análisis de la bebida comercial, se ha encontrado un contenido de entre 12 y 13°Brix. Además, a menudo se le agregan colorantes artificiales para darle un tono cobrizo [45].

La elaboración tradicional del tepache implica la combinación de granos de maíz con pulque. De acuerdo con [45], en la actualidad, el tepache se prepara comúnmente fermentando la pulpa de diversos frutos, como la piña, la manzana y el mango. Estas frutas se dejan fermentar en barriles de madera, conocidos como "tepacheras", en agua endulzada con piloncillo. Sin embargo, en algunos grupos étnicos como los amuzgos de Oaxaca, Guerrero, Puebla y Veracruz; los pápagos de Sonora y los triques de Oaxaca, todavía persiste la costumbre de elaborar tepache utilizando maíz.

La fermentación del tepache generalmente se lleva a cabo en barriles de madera a temperatura ambiente, durante un período de 1 a 4 días [8]. A diferencia de las bebidas alcohólicas destiladas obtenidas de materias primas agrícolas como la uva, los cereales, los frutos secos, la caña de azúcar y las frutas, como el tequila y el vino, donde el etanol es el producto principal y se consume la mayor parte del azúcar durante la fermentación, el tepache es una bebida no destilada. Por lo tanto, se busca una concentración baja de etanol y un consumo parcial de azúcares para conservar un sabor dulce, junto con la producción de compuestos lácticos, acéticos y

otros volátiles que aportan sus características organolépticas distintivas.

La fermentación del tepache está influenciada por diversos factores ambientales, químicos y biológicos, como la temperatura, la concentración de azúcares, el pH y el tiempo de fermentación, lo que modifica las características del producto final [7]. Si la fermentación continúa más allá de cuatro días, la concentración de ácido acético aumenta y el sabor resultante se vuelve desagradable para la mayoría de las personas [45],[61].

El proceso de elaboración del tepache, conocido por su enfoque artesanal, las materias primas utilizadas, la temperatura y el tiempo de fermentación, contribuyen a una notable variabilidad que influye en las diversas características finales de la bebida en diferentes preparaciones [45]. Sin embargo, es evidente el potencial del tepache para ser producido de manera automatizada, aunque es crucial comprender las condiciones de fermentación para crear un producto que sea ampliamente aceptado por los consumidores. Además, la cáscara de piña representa aproximadamente el 40% del fruto [45], y en el proceso de automatización del tepache se busca aprovechar completamente este subproducto, otorgándole un valor adicional a este residuo.

A pesar de esto, la investigación sobre las características del tepache y el impacto de las condiciones de fermentación en las propiedades de la bebida y su aceptación por parte del público sigue siendo limitada. La evaluación sensorial se utiliza comúnmente para determinar el grado de aceptación de un producto, y la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM, por sus siglas en inglés) se emplea para optimizar la producción en función de estos resultados sensoriales [66].

En la actualidad, la bebida se elabora a partir de residuos de la agroindustria, como la cáscara o el bagazo de piña y el jugo de frutas, mediante fermentación espontánea o mediante la adición de kéfir de agua. Este último es un cultivo simbiótico utilizado en América Latina, que consiste en los granos de kéfir de agua, cuya microbiota está compuesta por géneros como *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, así como levaduras del género *Saccharomyces*. Estos microorganismos poseen características probióticas y propiedades antagónicas frente a patógenos [56].

Beneficios del tepache

El tepache es una bebida fermentada elaborada a partir de la piña. Un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) demostró que, mediante el aislamiento de ciertas bacterias patógenas y su interacción con los microorganismos antibióticos presentes en el tepache, esta bebida puede considerarse

como una fuente de refuerzos antimicrobianos [51].

2.2. Definición, origen y tradición del kéfir

El kéfir, es un consorcio de levaduras y bacterias, desempeña un papel crucial en la determinación del sabor, la viscosidad y la composición microbiana de la bebida final. Estos aspectos están estrechamente ligados a factores como la cantidad de inóculo agregado, la temperatura durante la fermentación, así como la agitación y su intensidad. En última instancia, el objetivo es lograr una bebida con un distintivo sabor a levadura y una agradable sensación carbonatada[47].

El kéfir, conocido también como tibis, tibiches, kéfir de agua, búlgaros de agua, granillos, granizo, hongos chinos, kephir, kewra, talai, mudu kekiya, granos de agua de kéfir, granos de azúcar de kéfir, cristales japoneses de agua y abejas de lafornia, también se refiere a menudo como cabaiasis. Hay diversas teorías sobre su origen, algunas fuentes apuntan a China, otras a Japón, mientras que algunas mencionan el Tíbet, de donde vendría la palabra "tíbicos". También se sugiere que es una adaptación del tradicional kéfir de leche del Cáucaso, pero cultivado en agua con azúcares o jugos de frutas (fructosa natural) [22].

Además, el kéfir se destaca como un aliado beneficioso en la alimentación de niños pequeños, fortaleciendo su sistema inmunológico y contribuyendo al aumento de peso. Además, su notable facilidad de absorción lo convierte en una opción recomendada para personas en proceso de convalecencia o de edad avanzada[6].

Se cree que el origen del kéfir se encuentra en México, bajo el nombre de tibi. Los gránulos originales habitan en las nopaleras de opuntia, donde se alimentan de las excreciones azucaradas de estas cactáceas. En Oaxaca, son comúnmente conocidos como algas marinas o granillos, y su uso es predominantemente a nivel doméstico [22].

Es importante mencionar que, en ocasiones, el kéfir no crece adecuadamente debido a temperaturas ambientales demasiado bajas. Si el cultivo no se multiplica, se deshace al tacto o parece granulado, es probable que esté dañado. En estos casos, se puede intentar recuperarlo alimentándolo diariamente hasta que recupere su salud, es decir, que se vuelva esponjoso al tacto y comience a reproducirse nuevamente [22].

Existen dos tipos principales de kéfir: el kéfir de leche, el cual es el más conocido y puede ser preparado con diferentes tipos de leche, y el kéfir de agua, que puede ser cultivado en una solución azucarada o en jugos de frutas [54],[35].

Aunque ambos tipos de kéfir tienen estructuras y composiciones microbiológicas similares, difieren en la proporción y cantidad de especies de microorganismos presentes, lo que conlleva a la producción de productos de fermentación con perfiles y concentraciones distintos [25].

El Tepache con inóculo iniciador (kéfir de agua/típicos) es una bebida ligeramente alcohólica, láctica y acética, originaria de América Latina. También se conoce como kéfir azucarado o Tepache de kéfir, y una de sus principales aplicaciones es su preparación con higo, limón, cáscara de piña, bagazo y zumo de frutas [41],[56].

Formas de conservar el kéfir

≈ Conservación del kéfir por unos días:

Para conservar el kéfir se debe de dejar en un recipiente de vidrio con una solución de panela en refrigeración de este modo se pueden conservar durante algunos días. Al mantenerse en refrigeración la actividad del kéfir es más lenta y no requieren tanto de alimento.

≈ Conservación del kéfir por algunos meses:

Para conservarlos por alrededor de tres meses se debe mantener en congelación, pero antes de tenerlos en congelación se deben de lavar bien y dejar secar para luego colocarlos en recipientes de vidrio dentro de un congelador. Mientras más baja sea la temperatura mejor será su conservación, pero si se deja un tiempo prolongado, podrían perder paulatinamente su vigor Y para volver a reactivarlos se deben volver a lavar y dejar reposar en agua, a una temperatura de 20 a 30°C hasta que se re-hidraten, [22].

≈ Conservación del kéfir por secado:

Hay otro método de conservarlos y es manteniéndolos secos, se lavan para dejarlos escurrir, luego se tienden y se secan con aire caliente que no supere a los 35°C. Si están bien secos hay menor riesgo que se contaminen con moho [22].

Cuando se inicie a cultivar el kéfir después de su reactivación, es recomendable no consumir la bebida en la primera preparación, debido a que han permanecido inactivos durante el tiempo de conservación, esto hace que la actividad de los microorganismos en el medio sea lenta, hasta que recuperen el vigor [22].

Características físicas y químicas del kéfir

↻ *Característica física:*

Lucen como granos de arroz cocido, pero más esféricos y a veces más grandes. Los gránulos son translúcidos, sueltos, de un tono acaramelado y tamaño entre 1mm y 10mm. Si se dejan caer en una superficie dura, rebotan como si fueran de goma [22].

↻ *Característica química*

El kéfir se alimenta de los azúcares para producir ácido láctico, etanol y dióxido de carbono que hace que la bebida quede carbonatada. Estos organismos vivos generan un tipo de fermentación hidro-alcohólica en agua [22].

↻ *Composición bioquímica*

El kéfir está constituido por una matriz de polisacáridos, generalmente no solubles en agua, dispuestos en dos capas. La externa es compacta y en ella se encuentran embebidas bacterias y levaduras, mientras que la interna presenta una estructura esponjosa debido a la acumulación producido durante la fermentación de CO_2 [22].

↻ *Desarrollo y Multiplicación*

Los gránulos de kéfir se reproducen por gemación al ser alimentados con azúcares en un medio acuoso. En su desarrollo descompone los azúcares, haciéndolos más asimilables, asimismo, el crecimiento de los gránulos es la señal de que se está realizando el cultivo apropiadamente [22].

Un efecto característico del kéfir es que está en constante crecimiento, puesto que son microorganismos vivos. Los nódulos que crean, se parten por gemación y pronto duplicarán su tamaño necesitando más aporte energético y espacio [22].

Normalmente, el kéfir tiene un crecimiento muy activo dependiendo del tipo de agua y las condiciones del cultivo, como la temperatura, la relación entre agua, azúcar y gránulos. La tasa de producción de alcohol varía dependiendo de la temperatura y de la concentración de gránulos de kéfir y azúcar. El porcentaje de alcohol puede oscilar entre 0.3 - 2.0 % después de dos días de cultivo [26].

Valor nutricional del kéfir

Con respecto al valor nutricional del kéfir se encontró que por cada 100 mililitros de esta bebida que se consume, se estará adquiriendo a la par [12]:

- Calorías – 64 kilocalorías
- Carbohidratos – 4,8 gramos
- Proteínas – 3,3 gramos
- Grasa – 3,5 gramos
- Minerales
- Sodio – 46 miligramos
- Hierro – 0,13 miligramos
- Fósforo – 90 miligramos
- Potasio – 160 miligramo

Propiedades del kéfir

El kéfir presenta propiedades antibióticas, estimulando el sistema inmunológico, es decir tiene efecto contra los virus y hongos, además de estimular el sistema inmunológico y otras funciones orgánicas como el estado de la piel y del cabello [10].

Los productos obtenidos de la fermentación del kéfir pueden presentar propiedades funcionales de gran interés para la salud humana, como propiedades probióticas, prebióticas, antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes [24],[37],[15],[34],[21],[33].

El kéfir es consumido para las siguientes enfermedades:

- Cálculos renales
- Hipertrofia prostática
- Diabetes
- Anemia
- Asma
- Bronquitis
- Obesidad

Comparación de la composición probiótica en el tepache, kéfir y yakult

Únicamente el kéfir, no el tepache, fue similar en su composición microbiológica a la del Yakult y por lo tanto solo el kéfir puede ser considerado sustituto del Yakult [20].

Usos que se le pueden dar al kéfir

El kéfir se han utilizado para producir bebidas refrescantes de bajo contenido alcohólico y acético cuando el tiempo de fermentación es corto (2-3 días), como el tepache de jugo de diversas frutas o panela, pero si la

fermentación se prolonga por más tiempo (2 a 3 semanas) se produce el vinagre de kéfir [22].

2.3. Modelo de negocios

El modelo de negocios es una herramienta que se utiliza para iniciar o mejorar una empresa. Por lo que en términos simples, el modelo de negocios es una descripción de cómo una empresa crea, entrega y capta valor [49]. En otras palabras, es la forma directa de mostrar los ingresos y beneficios de una empresa, utilizando el lienzo CANVAS, representado por 9 bloques que ayudan de manera gráfica a desarrollar los elementos de un modelo de negocios, que están conformados por:

1.-Propuesta de valor:

Las propuestas de valor son un conjunto de bienes o servicios que satisfacen los requisitos de segmento de mercado determinado, puede ser una novedad mejora del rendimiento, personalización, diseño, estatus, precio, reducción de costos, reducción de riesgos, accesibilidad o utilidad/comodidad [49].

Algunas propuestas de valor pueden ser innovadoras y presentar una oferta nueva o revolucionaria, mientras que otras pueden ser parecidas a ofertas ya existentes e incluir alguna característica o atributo adicional, satisfacen necesidades inexistentes que los clientes no percibían porque no había alguna oferta similar [49].

2.-Segmento de Mercado:

Se define como los diferentes grupos de personas o entidades a los que se dirige una organización. Los clientes son el centro de cualquier modelo de negocio, ninguna organización puede sobrevivir durante mucho tiempo si no tiene clientes (rentable). Sin embargo, es posible aumentar la satisfacción de los mismos agrupándolos en varios segmentos con necesidades, comportamientos y atributos comunes [49]. Se puede clasificar en diferentes segmentos, por ejemplo, mercado de masas, nicho de mercado, mercado segmentado y mercado diversificado [11].

3.-Canales:

Los canales de comunicación, distribución y venta establecen el contacto entre la organización y el cliente.

El objetivo es proporcionar a los clientes una propuesta de valor, dar a conocer los productos y servicios, permitir que los clientes comprendan productos y servicios específicos [11].

Los canales cuentan con cinco fases que no siempre se aplican en su mayoría, sin embargo, son: información, evaluación, compra, entrega y post-venta, canales directos e indirectos, así como canales propios y canales socios comerciales [11].

4.-Relaciones con los clientes:

Se basa en tres fundamentos, captación del cliente, fidelización del cliente y estimulación de las ventas (venta sugestiva). Las categorías en relación con los clientes son: asistencia personal, asistencia personal exclusiva, autoservicio, servicios automáticos, comunidades y creación colectiva [49].

5.-Fuentes de ingresos:

Se refiere al flujo de caja que genera una organización en los diferentes segmentos del mercado. Esto implica dos tipos diferentes de fuentes de ingreso: ingreso por transacciones derivados de pagos puntuales de clientes y ingresos recurrentes derivados de pagos periódicos realizados a cambio del suministro de una propuesta de valor o del servicio post-venta de atención al cliente [49].

Existen siete formas de generar ingresos, estas son: ventas de activos, cuota por uso, cuota de suscripción, préstamo/alquileres, concesión de licencias, gastos de corretaje y publicidad [11].

6.-Recursos clave:

Los recursos clave pueden ser físicos, económicos, intelectuales o humanos, además, la empresa puede tenerlos en propiedad, alquilarlos u obtenerlos de socios clave [11]. Existen cuatro categorías estas son; activos físicos, recursos intelectuales, recursos humanos y recursos económicos.

7.-Actividades clave:

Se describen las acciones más importantes que debe emprender una empresa para que el modelo funcione, solo se divide en tres categorías, estas son: producción, resolución de problemas y plataforma/red [49].

8.-Asociaciones clave:

Describe la red de proveedores y socios que contribuyen al funcionamiento de un modelo de negocios. Existen cuatro tipos de asociaciones, estas son: alianzas estratégicas entre empresas no competidoras, empresas conjuntas para crear nuevos negocios, asociaciones estratégicas entre empresas competidoras y relaciones clientes-proveedor para garantizar la fiabilidad de los suministros [49]. Se cuentan con tres motivaciones, estas son: optimización y economía de escala, reducción de riesgos e incertidumbres y compra de determinados recursos y actividades.

9.-Estructura de costos:

Describe todos los costos que implica la puesta en marcha de un modelo de negocio. Los costos son relativamente fáciles de calcular una vez que se han definido los recursos clave, las actividades clave y las asociaciones clave [49].

Solo se cuenta con dos estructuras de costos, que son: según el valor y según los costos, sin embargo, las características de las estructuras, son: costos fijos, costos variables, economías de escala y economías de campo [11].

2.3.1. Plan de negocios

Planeación de una empresa o negocio, que considera cada una de sus partes o áreas esenciales (administración, finanzas, mercadotecnia, operaciones) y la interacción de cada una de éstas [68].

Además, ayuda a visualizar como se opera las distintas áreas del negocio o empresa para que de manera conjunta y sinérgica permita alcanzar los objetivos deseados, es decir, producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos. En otras palabras, se observa a la empresa desde arriba, para anticipar y fijar metas, de una manera clara y precisa [68].

Sin embargo, existen varios modelos de negocios que una empresa puede adoptar. Algunos de los modelos más populares son: Modelo de negocio de venta directa, Modelo de negocio de suscripción, Modelo de negocio de publicidad, Modelo de negocio de franquicia, Modelo de negocio de venta indirecta [11].

Por lo que, es posible llevar a cabo el desarrollo de un modelo de negocios CANVAS, incorporando el plan

de negocios en sus nueve bloques, garantizando una rentabilidad y factibilidad del producto o servicio que se desee incorporar al mercado.

2.4. Automatización

El concepto de automatización implica la eliminación total o parcial de la intervención humana en la realización de diversas tareas, ya sean industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. Se aplica a una amplia gama de actividades, desde tareas simples como regular la temperatura de un horno o controlar el funcionamiento secuencial de una máquina herramienta, hasta procesos más complejos como la supervisión computarizada de una planta química o la gestión automatizada de una institución bancaria [44].

2.4.1. Material de construcción en acero inoxidable

Acero inoxidable AISI 316

El acero inoxidable 316 resiste a la corrosión más que el 304, especialmente cuando se trata de una corrosión por picaduras. El acero inoxidable forma compuestos químicos que protegen al material de la corrosión por picaduras, el material AISI (Instituto Americano del Hierro y Acero) 316 también se suele denominar como 18/8/2 refiriéndose al contenido de CROMO/NIQUEL/MOLIBDENO [52].

Después de realizar una evaluación de varios materiales de acero inoxidable, se concluyó que el acero inoxidable 316 es el más adecuado para satisfacer las exigencias del proceso de fermentación del tepache. Esto se debe a sus propiedades de resistencia a la acidez, así como a su capacidad para soportar el tiempo prolongado requerido durante el proceso de fermentación. En comparación con otros tipos de acero inoxidable evaluados, el 316 demostró ser el más resistente y confiable, lo que lo convierte en la elección para garantizar la durabilidad y la eficiencia del equipo utilizado en la producción de tepache.

2.4.2. Instrumentación

TOPINCN Bomba sin escobillas para cerveza

Eficiente y estable: Adopta un impulsor completamente cerrado, un eje cerámico de precisión y un cojinete resistente al desgaste, que tiene un rendimiento silencioso y es una herramienta auxiliar ideal para la elaboración de cerveza.

Material: Está hecha de plástico, combinado con componentes electrónicos y un eje resistente al desgaste

como se muestra en la Fig. 2.1.

Características

- Material: acero inoxidable y plástico.
- Voltaje: CC 12 V.
- Potencia de entrada: 18W.
- Corriente: 1.5 A.
- Altura máxima del agua: 5-6 m.
- Caudal máximo: 9L-10L/min.
- Temperatura máxima de trabajo: 100 °C.
- Tamaño: 11.3cm. x 8.5cm. x 4.8cm.
- Peso aproximado: 270 g. 386 g.
- Cabezal máximo de agua: 5-6 m.



Fig. 2.1. Bomba TOPINCN.

Sensor de pH

Especificaciones

- Material: ABS.
- Método de conexión: Conector BNC.
- Voltaje: 5V.
- Longitud del cable: 1,2m.
- Peso: 43g.
- Dimensiones: diámetro 2 cm × longitud 6.5 cm
- Compatibilidad: Tecnología TTL como lo es Arduino, PIC, AVR, DSP, Raspberry entre otros siempre y cuando se tenga una entrada analógica (ADC) disponible.
- Modelo: Electrode Probe como se muestra en la Fig. 2.2.
- Corriente: 10mA.

- Precisión: 0.5
- Rango de temperatura: 0 - 80°C.
- Rango de detección: 0 - 14 (ácido/base).
- Temperatura de trabajo: 25 - 50°C.



Fig. 2.2. *Sensor de pH Electrode Probe.*

Sensor de temperatura

Especificaciones

- Modelo: DS18B20 como el de la (Fig. 2.3).
- Material: Acero inoxidable.
- Rango de alimentación: 3V. a 5.5V.
- Rango de trabajo: -55°C. a 100°C.
- Salida: Sensor digital.
- Precisión: 0.5°C.
- Tipo de sonda: Aprueba de agua.
- Rango de detección: -10 - 85°C.
- Rango de temperatura: -55 - 125°C.



Fig. 2.3. Sensor DS18B20.

Impresión 3D

Características

- Material: PETG (Soporta temperaturas de hasta unos 80 °C), mas flexible que el PLA y resistente.
- Dimensiones: longitud 13cm. × ancho 11cm × altura 3cm, como se muestra en la Fig. 2.4.



Fig. 2.4. Impresión 3D.

Arduino Mega

Especificaciones

- Microcontrolador: El Arduino Mega utiliza un microcontrolador ATmega2560 de 8 bits con una velocidad de reloj de 16 MHz, lo que proporciona una potencia de procesamiento adecuada para proyectos complejos.

- **Memoria:** Dispone de 256 KB de memoria flash para almacenamiento de código, 8 KB de memoria SRAM para almacenamiento de datos variables y 4 KB de memoria EEPROM para almacenamiento no volátil.
- **Puertos de Entrada/Salida (E/S):** Ofrece un total de 54 pines digitales, de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM, y 16 pines analógicos para la conexión de sensores y dispositivos periféricos.
- **Interfaces de Comunicación:** Incluye interfaces de comunicación serie UART, SPI y I2C, lo que permite la conexión con una amplia variedad de dispositivos externos como sensores, pantallas y módulos de comunicación.
- **Alimentación:** Puede ser alimentado a través del puerto USB o mediante un adaptador de corriente externo de 7-12V DC. También cuenta con un regulador de voltaje integrado que permite una alimentación segura y estable.
- **Compatibilidad:** Es compatible con el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, lo que facilita la programación y el desarrollo de proyectos utilizando una amplia gama de bibliotecas y ejemplos disponibles en línea.
- **Dimensiones:** El Arduino Mega tiene dimensiones de aproximadamente 101.5mm x 53.3mm, lo que lo hace adecuado para proyectos que requieren un mayor número de pines y capacidad de procesamiento como se muestra en la Fig. 2.5.

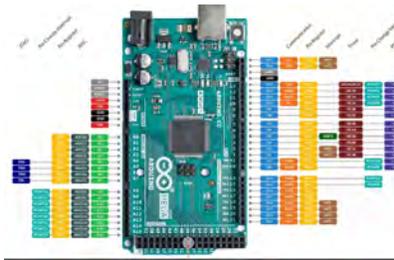


Fig. 2.5. *Arduino mega.*

Display LCD

Características

- Pantalla de 2 líneas por 16 caracteres.
- Control: 4 y 8 Bits.
- Tipo: LCD Matriz de punto.
- Voltaje/corriente de funcionamiento: 5V / 25mA.

- Dimensiones: 80mm x 35mm x 11mm.
- Protocolo I2C como se muestra en la Fig. 2.6.
- Área visible: 64.5mm x 16mm.

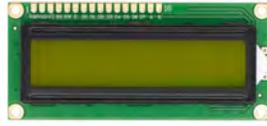


Fig. 2.6. Pantalla LCD.

Botones de bloqueo y pulsadores

Características

- Material: Plástico como se muestran en la (Fig. 2.7).
- Voltaje: 1V a 110V.
- Modelo: DS-228/428 (3A/125VAC , 1.5A/250VAC)
- Tipo: con bloqueo y sin bloqueo.
- Diámetro para instalación: 12.8mm.
- Dimensiones: altura 29.8mm x diámetro 14,5 mm.



Fig. 2.7. Sensor pH Electrode Probe.

Placas peltier

Características

- Voltaje/corriente: 12V a 15V / 4.9A.
- Modelo:TEC1-12706.
- Temperatura de funcionamiento: -55°C a 83°C.
- Qmáx (Watts) 50 / 57.
- Delta Tmáx (°C) 66 / 75.
- I_{max} (Amperios) 6.4 / 6.4.
- V_{max} (Voltios) 14.4 / 16.4.
- Resistencia del módulo (Ohmios) 1.98/2.30.
- Dimensiones 40x40x3.9 mm como se muestra en la (Fig. 2.8).



Fig. 2.8. Placa peltier.

2.5. Álgebra de boole

El álgebra de Boole, desarrollada por el matemático George Boole en el siglo XIX, se basa en principios fundamentales que incluyen la ley de asociatividad. Esta ley establece que en una expresión booleana, los operadores AND y OR se pueden asociar de manera diferente sin cambiar el resultado final. Es decir, la agrupación de las operaciones dentro de una expresión no afecta el resultado lógico final.

Esta ley es fundamental en el álgebra de Boole, ya que permite simplificar y manipular expresiones booleanas de manera más eficiente. Por ejemplo, si tenemos una expresión booleana compleja que involucra múltiples operadores AND y OR, podemos reorganizar los términos utilizando la ley de asociatividad para facilitar su comprensión y simplificación.

En el contexto de los sistemas digitales, la ley de asociatividad se aplica ampliamente en el diseño y análisis de circuitos digitales. Permite optimizar la estructura y el rendimiento de los circuitos al reorganizar las operaciones lógicas de manera que se minimice el número de compuertas lógicas necesarias para implementar

una función booleana específica.

En programación, la ley de asociatividad también es útil para simplificar y optimizar expresiones booleanas en algoritmos y estructuras de control. Al aprovechar esta ley, los programadores pueden escribir código más claro y conciso, lo que facilita su comprensión y mantenimiento.

En resumen, la ley de asociatividad del álgebra de Boole es un principio fundamental que permite reorganizar y simplificar expresiones booleanas sin alterar su resultado lógico. Su aplicación es esencial en el diseño de circuitos digitales y en el desarrollo de software, contribuyendo a la eficiencia y claridad de los sistemas digitales [30].

Finalmente, la información identificada, permitió llevar a cabo un estado del arte que desglosa los temas relevantes para fortalecer la investigación, siendo el capítulo 3 que sigue a continuación.

Capítulo 3

Estudio del estado del arte

3.1. Elaboración del tepache

Hoy en día, el tepache ha evolucionado más allá de su elaboración tradicional exclusivamente con la cáscara de piña. Se ha diversificado utilizando la pulpa de diversas frutas como manzanas, naranjas y guayabas. Además, en algunos casos, se ha explorado la fermentación utilizando jugo de caña de azúcar o pulque como ingredientes alternativos [64].

Es importante señalar que en la actualidad hay una escasez de estudios e investigaciones publicados sobre el tepache, los cuales se centran principalmente en la caracterización de la bebida obtenida mediante procesos artesanales [63].

Diferentes formas de preparar el tepache con kéfir

☰ Preparación No.1

- Lavar un recipiente de vidrio
- Añadir el agua. 3 tazas (750 ml) de agua fresca y pura.
- Añadir el azúcar morena, 3 cucharadas (40 ml), para este proceso evitar utilizar la miel en lugar de azúcar, la miel tiene propiedades antimicrobianas y dañará los granos de kéfir o retrasará su proliferación.
- Añadir Cuidadosamente de 1 / 4 taza (4 cucharadas o 63ml.) a 1 / 2 taza (8 cucharadas o 125 ml.) de kéfir.
- Opcional: Agregue 1 pulgada (2,5 cm) de cortar los plátanos en rodajas finas.

- Cubrir con un paño limpio y fino, (toalla de papel, filtros de café) para permitir el paso del oxígeno y asegurar con una banda elástica, para impedir la entrada de moscos.

Conservar en un lugar fuera de la luz solar directa. Por lo general, la bebida está lista de 24 a 48 horas, cuanto más caliente sea el ambiente, el kéfir más rápido fermentará.

Debe tener un color oro, para aquellos que no toleran el dulce se puede dejar la bebida otras veinticuatro horas antes de colar utilizando uno de plástico y no de metal ya que reacciona contra el kéfir (lo mismo ocurre con las cucharas)[22], [10].

Preparación No.2

- **Selección:** Se selecciona el kéfir que no tenga moho, insectos u otros contaminantes y seleccionar mango ciruelo sin daños o con indicios de pudrición.
- **Lavado:** En un recipiente con agua hervida se sumerge el mango por un tiempo de 10min y lavar con agua potable para remover solidos de la superficie del mango.
- **Escurrido:** Eliminar el exceso de agua del lavado, dejar el mango dentro del colador a temperatura ambiente, hasta que escurra gran parte de agua y liberar el agua en donde se encuentran los mangos.
- **Pesado:** Pesar 100g de kéfir.
- **Extracción del zumo de mango:** Someter a proceso de licuado con la finalidad de obtener una pasta.
- **Adición de panela:** Agregar 6 % de panela por cada litro.
- **Inoculación:** Se agrega el 10 % de kéfir.
- **Fermentación:** Se realiza a temperatura ambiente de 48 hrs.
- **Filtrado** Una vez que finaliza la etapa de fermentación se filtran el kéfir con la bebida fermentada, con ayuda de un colador, obteniendo la bebida lista [18].

Preparación No.3

Tepache de manzana fermentado con kéfir

Preparación de sustrato

Para la elaboración del Tepache tradicional, llevaron a cabo una fermentación espontánea de la bebida, agregando un 2.5% de cultivo iniciador (gránulos de kéfir de agua) a un litro de agua, el cual se fermentó a 25°C durante un máximo de 168 horas [65].

Para obtener datos de pH, utilizaron un potenciómetro Sensor 1 de Hach, siguiendo la norma mexicana NMX-F-317-S-2013 [65].

El análisis microbiológico reveló una mayor proporción de bacterias ácido lácticas (8.2×10^7 UFC/ml) a las 96 horas. Los valores de pH para este sistema iniciaron en el rango de 3.7 ± 0.1 a 3.1 ± 0.1 en las bebidas de jugos fermentados, mientras que el pH debe estar en un rango de 3.8–4.5 [55].

Preparación No.4

Estudio de fermentación de kéfir con piña

Para la preparación del medio [13], pesaron 12.5g de azúcar mascabada y se agregaron a 237.5ml de agua potable en un frasco de 1000 ml. Además, añadieron 2g de piña (4 piezas) y 12 g de kéfir, y se dejó fermentar durante 53 horas.

Los resultados ideales obtenidos incluyen un pH de 4.67 ± 0.02 y una concentración de ácido láctico de 0.477 g / 100 ml a una temperatura de 35°C, como se menciona en el estudio [37].

Preparación No.5

Evaluación de la capacidad fermentativa de los granos de kéfir como sustrato en el jugo de piña para su potencial uso como bebida probiótica

En esta etapa de la investigación, llevaron a cabo la fermentación de 200 mL de sustrato durante 72 horas, inoculando el medio con tres concentraciones diferentes de granos de kéfir: 0.015, 0.030 y 0.060 g/mL. Las fermentaciones se realizaron a 30 °C, en sistemas abiertos, sin agitación y sin aireación [14].

Observaron que las bacterias ácido lácticas superaron este límite a las 24 y 72 horas. Sin embargo, las poblaciones de estas bacterias mostraron un descenso considerable a partir del máximo valor alcanzado a las 24

horas de fermentación [14].

El comportamiento relativamente constante de las poblaciones viables de bacterias ácido lácticas en el medio inoculado en una proporción de 0.030 g/mL sugieren un potencial como bebida probiótica en el intervalo de 24 a 72 horas de fermentación [14].

La acidez activa inicial del jugo de piña tuvo un valor de 3.80 ± 0.08 , alcanzando al final de los procesos de fermentación un pH de 3.5 ± 0.02 [14].

Preparación No.6

Elaboración de jugo con tres diferentes frutas, adicionando el 50 % de cultivo de kéfir

Los resultados al realizar un estudio con las frutas; fresa, mora y piña, se identificó que es mejor la fermentación de piña adicionando el 50 % de kéfir, pues cabe recalcar que, combate el estreñimiento y mejora el proceso digestivo, conjunto con una mejor absorción de nutrientes, sirviendo como soporte para la salud, asimismo, debe contener valores inferiores a 4.5 en pH [46].

II Estudio de la fermentación de piña con kéfir No.1

De acuerdo con la investigación, La cinética de la fermentación de Kéfir (típicos) con piña y la producción de biomasa obtenida a las 53 h, fue un pH de 4.67 ± 0.02 y de ácido láctico 0.477 g /100 ml [37].

II Estudio de la fermentación de piña con kéfir No.2

De acuerdo con la investigación, la acidez activa inicial que obtuvo el jugo de la piña tuvo un valor de 3.80 ± 0.08 , alcanzando al final de los procesos de fermentación un pH de 3.5 ± 0.02 , en el intervalo de las 24 a las 72 h de fermentación, en base a las concentraciones de bacterias kéfir [14].

Tepache con kéfir y piña

El kéfir, adquirido en el Estado de México, se hidrató en un matraz de 3 litros al que se le añadió panela al 5 %. La fermentación se llevó a cabo durante 72 horas [67].

Para la preparación del medio, se incorporo 12.5 g de azúcar mascabado y añadieron a 237.5 ml de agua potable en un frasco de 1000 ml. Se agregaron 2 g de piña (4 piezas) y 12 g de kéfir de agua. Realizaron 8

fermentaciones por lote por duplicado y se llevó a cabo la cinética durante 53 horas, con toma de muestras a las 0, 6, 10, 23, 29, 33, 48 y 53 horas.

Utilizaron el método de agar MRS, añadiendo 1 ml, e incubando a 36°C durante 48 horas, manteniendo un blanco como control [37].

La producción de biomasa obtenida a las 53 horas fue de 36.7 g, lo que corresponde a un incremento del 74.6 % respecto al valor inicial, con un pH de 4.67 ± 0.02 . Se destaca que el pH óptimo para el crecimiento del kéfir de agua se aproxima a 4.0 [60].

Durante la fermentación, observaron un aumento en la biomasa inicial del 74.6 %, alcanzando un pH de 4.67 ± 0.02 y una humedad del 83.83 ± 0.12 %. La concentración final de ácido láctico obtenida fue de 0.477 g de ácido láctico /100 ml [37].

Propagación de kéfir en varios medios de azúcar

En el estudio observaron que las muestras de kéfir a 35°C presentaron un incremento en la acidez, mientras que aquellas fermentadas a 25°C mostraron una menor acidez. Asimismo, observaron que las muestras de kéfir a 35°C registraron los niveles más altos de consumo de azúcar, en contraste con las muestras fermentadas a 30°C, las cuales exhibieron un menor consumo de azúcar durante el proceso de fermentación[27].

Métodos ópticos en el análisis fisicoquímico del tepache

Corroboraron que la concentración alcohólica en la bebida fermentada está directamente relacionada con la cantidad de azúcar agregada al inicio de la fermentación y el tiempo de maduración. Estos factores influyen significativamente en las propiedades físicas de la bebida, como el cambio de color de café a ámbar, el aroma de dulce y suave a agrio y fuerte, y el sabor de dulce a amargo. En el transcurso de esta investigación, observaron concentraciones alcohólicas elevadas, atribuidas a la abundante presencia de azúcar en la bebida debido a la cantidad significativa de panela utilizada en la preparación. Este hallazgo lo confirmaron al realizar experimentos adicionales variando las cantidades de azúcar, lo cual se reflejó en las densidades observadas y en el pH medido [32].

Bebidas fermentadas y procesos de preparación

La presente invención describe un proceso para la elaboración de una bebida fermentada, que implica fermentar una mezcla compuesta por una base vegetal acuosa, levadura y bacterias, con el fin de obtener una bebida fermentada con un pH de 5 o menos, y eliminar una parte de las levaduras y bacterias.

El ajuste del pH y/o el contenido de azúcar se logra controlando el proceso de fermentación por parte de los microorganismos y deteniéndolo en el momento adecuado. La fermentación puede ser detenida, por ejemplo, mediante un proceso de enfriamiento cuando se alcanzan los niveles deseados de pH y/o azúcar. Posteriormente, se lleva a cabo una etapa de enfriamiento de la bebida fermentada, asegurándose de que la temperatura al final del proceso sea inferior a 22°C.

Idealmente, la bebida fermentada se prepara cultivando la mezcla a una temperatura óptima con los microorganismos presentes para lograr la reducción necesaria en los niveles de azúcar y pH. Este proceso de cultivo se lleva a cabo durante un período de tiempo igual o superior a aproximadamente 72, 48, 36 o 24 horas, dependiendo de las condiciones específicas de fermentación

Metodología de superficie de respuesta para evaluar las condiciones de fermentación del tepache

En el estudio realizado, examinaron las condiciones de fermentación del tepache, las cuales abarcaron la concentración de azúcar, el pH inicial, la temperatura y el tiempo de fermentación. El propósito fue establecer una relación entre los productos de la fermentación (etanol, ácido láctico y acético) y el nivel de aceptación de la bebida.

Los resultados fueron analizados utilizando una metodología de superficie de respuesta (MSR). Esta metodología indicó que las condiciones óptimas de fermentación para lograr una mayor aceptación fueron las siguientes: una temperatura de 22°C, una concentración de panela del 10 % (en masa/volumen), una duración de fermentación de 72 horas y un pH final de 5. Según este estudio, la bebida debe contener aproximadamente 7 g/L de etanol, no más de 5 g/L de ácido acético y láctico, y una concentración de sacarosa (azúcar) de 70 g/L para alcanzar un mayor nivel de aceptación [16].

Beneficios de los probióticos

Determinadas bacterias, ya sea de manera individual o mediante los cambios que inducen durante la fermentación, han evidenciado tener efectos positivos en la salud y la capacidad de resistencia a enfermedades.

El interés en estas cepas probióticas ha experimentado un incremento en los últimos años, a medida que se ha profundizado en el conocimiento de los microorganismos empleados en el proceso de fermentación y se ha explorado la posibilidad de incorporar bacterias beneficiosas a los productos alimenticios. Además, los consumidores están cada vez más orientados a mejorar su salud y fortalecer su resistencia a enfermedades mediante modificaciones en su alimentación [23].

Variación del pH sobre la cinética de fermentación

El perfil de cambio de pH fue evaluado a lo largo de la cinética de fermentación durante un período de 12 horas, con muestreo realizado cada 2 horas. Observaron que el pH disminuyó de 6 a 4.5 durante este lapso de tiempo. Destacando que la cáscara del mango también influye en la reducción del pH, dado que los polisacáridos presentes en ella se transforman en glucosa, la cual es posteriormente convertida en ácido láctico por acción de los microorganismos [31].

Por otro lado, observaron que los granos de kéfir facilitan la disolución de los compuestos fenólicos presentes en las paredes celulares del mango al modificar el pH del medio, lo que a su vez mejora las propiedades antioxidantes de los productos fermentados. Además, los microorganismos productores de proteasas presentes en los granos de kéfir tienen la capacidad de hidrolizar las proteínas de la leche, liberando así péptidos antioxidantes que también contribuyen a la actividad antioxidante durante los procesos de fermentación [66, 36, 9].

Conclusión de los estudios y métodos físico químicos de los procesos de preparación

Después de analizar los procesos de fermentación del tepache, se logró identificar los momentos clave en los que la concentración alcohólica aumenta y los tonos característicos que experimenta el proceso de fermentación. Además, de los rangos de pH asociados con diferentes etapas de fermentación.

Utilizando esta información, se diseñó el prototipo automatizado capaz de ajustar y controlar variables como la temperatura, el pH. Se evaluaron diferentes combinaciones de configuraciones, buscando aquella que generará la mayor aceptación por parte de los usuarios y en términos de sabor, aroma y calidad del producto final.

El análisis permitió configurar el prototipo automatizado, asegurando que esté calibrado para cumplir con las expectativas y preferencias de los consumidores. Esta estrategia no solo garantiza la consistencia en la

producción del tepache, sino que también abre la puerta a futuras optimizaciones y mejoras en el proceso de fermentación.

Por lo que, el siguiente capítulo 4, desglosa características, limitaciones y diseños de los prototipos que fueron desarrollados durante el tema de tesis.

Capítulo 4

Diseño del prototipo

4.1. Prototipo 1

El prototipo 1 se diseñó utilizando material de acrílico, basado en la operatividad de los componentes (véase la Figura 4.1). Este diseño se fundamentó con el objetivo de establecer una base sólida que respaldó un proceso automatizado y logró un equipo funcional capaz de llevar a cabo fermentaciones controladas de manera efectiva.

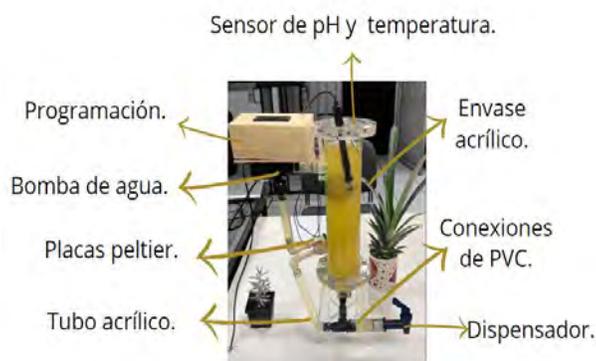


Fig. 4.1. Características del prototipo 1.

Sin embargo, durante el proceso de evaluación, se identificaron algunas restricciones que afectaron el rendimiento y la capacidad del prototipo 1 para llevar a cabo una fermentación de tepache de manera eficiente.

Estas restricciones son las siguientes:

- - **Capacidad limitada:** La capacidad de 1 litro del prototipo restringe la cantidad de bebida que se puede fermentar en cada ciclo, lo que limita la producción total.
- - **Materiales inadecuados:** Los materiales utilizados en la construcción del prototipo no resultaron ser lo suficientemente adecuados para soportar las diversas pruebas de fermentación, especialmente cuando se

trata de producir una bebida ácida como el tepache.

- - **Fugas de dióxido de carbono:** La fuga de dióxido de carbono afecta la capacidad del prototipo para conservar la efervescencia gaseosa necesaria para obtener las características deseadas en la bebida final.
- - **Fugas de líquido:** La incompatibilidad de algunos materiales utilizados en el prototipo puede generar fugas de líquido, comprometiendo la integridad del proceso de fermentación y afectando los resultados finales de la bebida.
- - **Delicadeza en el transporte:** La estructura del prototipo no permite su desmontaje, lo que lo hace delicado durante el transporte y limita su movilidad y versatilidad para ser utilizado en diferentes entornos.
- - **Sensibilidad a la luz:** La fermentación del tepache requiere la ausencia de luz directa debido al proceso de transformación de elementos orgánicos, y esta restricción puede ser difícil de gestionar con el diseño del prototipo.
- - **Higiene:** La imposibilidad de desmontar el fermentador implica que ciertas áreas de difícil acceso pueden retener residuos líquidos y sólidos de fermentaciones anteriores, lo que crea un entorno propicio para el crecimiento de bacterias no deseadas que podrían contaminar la bebida en fermentación.

Estas restricciones no solo resaltan los desafíos técnicos en la creación del dispositivo de fermentación automatizado, sino que también subrayan la importancia de comprender las complejidades de la fermentación del tepache y la necesidad de abordar adecuadamente los aspectos prácticos y técnicos durante el diseño del equipo. La capacidad limitada del prototipo para manejar volúmenes de fermentación significativos puede afectar la escalabilidad del proceso y limitar su viabilidad en entornos de producción a gran escala. Además, la selección de materiales inadecuados puede comprometer la integridad estructural del equipo y su capacidad para resistir las condiciones adversas de la fermentación, lo que podría resultar en fugas de líquido o gases no deseados. La sensibilidad a la luz y las dificultades de limpieza también plantean preocupaciones importantes en términos de mantener un entorno de fermentación higiénico y controlado, lo que es fundamental para evitar la contaminación microbiana y garantizar la calidad del producto final.

Estas limitaciones resaltan la necesidad de un enfoque integral y multidisciplinario para el diseño y la optimización de dispositivos de fermentación automatizados. Además, se requiere una evaluación minuciosa de los materiales utilizados y su compatibilidad con los requisitos específicos de la fermentación, así como la implementación de medidas de control de calidad y protocolos de limpieza efectivos para garantizar la seguridad y la calidad del producto final.

En última instancia, si bien el prototipo 1 representa un paso inicial hacia la automatización del proceso de fermentación del tepache, es evidente que se requieren mejoras significativas para abordar las limitaciones identificadas y lograr un equipo funcional y eficiente. Este estudio subraya la importancia de la investigación continua y el desarrollo de tecnologías innovadoras para avanzar en la producción de bebidas fermentadas tradicionales como el tepache, con el objetivo de mejorar la eficiencia, la calidad y la seguridad del proceso de fermentación, dándole paso a la fabricación de un segundo prototipo, abordando las limitaciones del primero.

4.2. Prototipo 2

Las letras en color rojo, representan los cambios que se realizaron del Prototipo 4.1 al Prototipo 4.2.

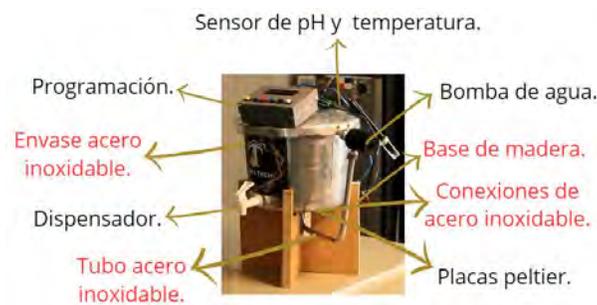


Fig. 4.2. Características del prototipo 2.

Para el diseño del Prototipo 4.2 (véase la Figura 4.2), se llevó a cabo un rediseño considerando las restricciones del primer prototipo. En este proceso, se optó por utilizar acero inoxidable para el recipiente, manteniendo la programación y los sensores.

El Prototipo 4.2, si bien representa un avance respecto al diseño anterior, aún presenta ciertas limitaciones que afectan su practicidad y eficacia en la fermentación del tepache. A continuación, detallamos estas restricciones:

- Capacidad Excesiva:** A diferencia del prototipo anterior, este nuevo diseño tiene una capacidad de 8 litros, lo cual puede resultar excesivo para muchos usuarios. Esto conlleva el riesgo de producir una cantidad de tepache mayor a la que se puede consumir en un período de tiempo razonable, lo que podría resultar en desperdicio de producto. Además, debido a la ausencia de conservantes, almacenar grandes volúmenes de tepache por más de 5 días puede generar problemas de fermentación excesiva, elevando los niveles de ácido acético a niveles no aptos para el consumo.

- **Materiales Inadecuados:** Aunque se ha intentado mejorar la resistencia de los materiales utilizados en comparación con el prototipo anterior, todavía pueden no ser completamente aptos para soportar las condiciones de fermentación del tepache a largo plazo. En particular, la bomba y la llave de plástico podrían sufrir daños con el tiempo debido a la exposición continua a líquidos ácidos y la presión del proceso de fermentación.
- **Fragilidad en el Transporte:** A pesar de los intentos por hacer el prototipo desmontable para facilitar su transporte, los materiales utilizados pueden no ser totalmente compatibles en cuanto al acoplamiento de las partes, lo que podría resultar en fugas durante el transporte, lo que hace susceptible a daños durante el transporte, limitando su movilidad y versatilidad.
- **Higiene:** La estructura no desmontable del fermentador dificulta la limpieza y sanitización adecuada del equipo. Esto puede resultar en la acumulación de residuos líquidos y sólidos de fermentaciones anteriores en áreas de difícil acceso, lo que crea un ambiente propicio para el crecimiento de bacterias no deseadas. Esta falta de higiene puede comprometer la calidad y seguridad del tepache producido.

A pesar de las mejoras funcionales implementadas en el prototipo, aún persisten ciertas limitaciones que deben ser abordadas para optimizar el proceso automatizado de elaboración de tepache. Identificar y enfrentar estas restricciones es fundamental para el desarrollo de la versión final del fermentador, que debe adaptarse a las necesidades específicas de las propiedades que se requieren en este tipo de dispositivo.

Para alcanzar este objetivo, fue crucial realizar un análisis de las limitaciones identificadas en el prototipo 2. Estas áreas de mejora pueden incluir la capacidad del fermentador, la resistencia de los materiales utilizados, la facilidad de transporte y la higiene del equipo. Al abordar estas limitaciones, se pudo implementar mejoras específicas que permitieron alcanzar un diseño final más efectivo y eficiente.

Por ejemplo, respecto a la capacidad del fermentador, se consideró a las respuestas de una encuesta en donde nos permitió saber la cantidad que el usuario requiere, evitando así el desperdicio de producto y garantizando un proceso de fermentación controlado.

En cuanto a la facilidad de transporte, se considero implementar soluciones de diseño que permitan desmontar el fermentador de manera segura y sencilla, facilitando su movilidad y transporte en diferentes entornos. Asimismo, se consideró medidas adicionales para mejorar la higiene del equipo, como la incorporación de componentes desmontables que faciliten la limpieza y sanitización del fermentador entre usos, minimizando así el riesgo de contaminación bacteriana.

En resumen, al abordar las restricciones y realizar mejoras específicas en el diseño y funcionalidad del fermentador de tepache, se desarrolló una versión final que cumple con los estándares de calidad y eficiencia requeridos para la elaboración de esta popular bebida fermentada.

4.3. Prototipo 3

Las letras en color rojo, representan los cambios que se realizaron del Prototipo 4.2 al Prototipo 4.3.

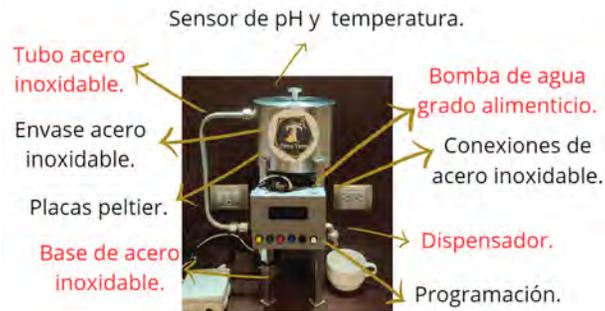


Fig. 4.3. Características del prototipo 3.

El diseño del Prototipo 4.3, visible en la figura 4.3, ha sido diseñado con personalizaciones destinadas a mejorar su funcionalidad y adaptarse a las necesidades específicas del proceso de fermentación del tepache.

Hasta el momento, el Prototipo 4.3 no ha mostrado restricciones significativas que afecten su practicidad. Se destaca su capacidad desmontable, que facilita una limpieza más exhaustiva, y su capacidad para llevar a cabo una fermentación adecuada. Sin embargo, se han identificado áreas potenciales de mejora, como:

- **Caja de programación:** Aunque la funcionalidad de la programación es satisfactoria, se observa una oportunidad de mejora en cuanto a la estética de la caja de programación. Se sugiere explorar la posibilidad de compactar su diseño para lograr una apariencia más pulida y estética, lo que podría mejorar la presentación general del dispositivo.
- **Bomba de agua:** La reubicación de la bomba en la parte inferior del fermentador ha sido un ajuste estratégico que no ha modificado su función principal. Sin embargo, a pesar de ser de grado alimenticio, el fermentador aún enfrenta algunas limitaciones en otras fermentaciones. Existe la posibilidad de que sedimentos puedan dañar la bomba al pasar por las aspas. Se ha considerado la exploración de bombas peristálticas para fluidos, cuya tecnología de impulsión del fluido no entra en contacto directo con la bebida. Este cambio tiene como objetivo ampliar la gama de fermentaciones posibles y mejorar la durabilidad

del sistema.

- **Sensor de temperatura:** Aunque el sensor actual está fabricado en acero inoxidable, se ha identificado una posible mejora para aplicaciones continuas. Se plantea la posibilidad de reemplazarlo con un sensor más resistente a la corrosión, lo que aseguraría una mayor durabilidad del electrodo. Esto reduciría el riesgo de daños en fermentaciones prolongadas y disminuiría la posibilidad de contaminación de la bebida con elementos químicos.
- **Fuente de alimentación:** En la configuración actual, la falta de una fuente de corriente específica ha requerido el uso de dos eliminadores para satisfacer los requisitos eléctricos del sistema. Se está considerando la posibilidad de sustituir esta configuración por una única fuente de alimentación que proporcione la corriente adecuada. Este cambio simplificaría la gestión eléctrica del prototipo y reduciría la complejidad del sistema en general.

El diseño y equipamiento del Prototipo 4.3 se realizó cuidadosamente, incorporando las condiciones ideales para el proceso de fermentación de tepache. Se seleccionaron materiales resistentes a la corrosión y se integraron componentes y sensores necesarios para garantizar un funcionamiento adecuado. Aunque se reconocen áreas de mejora, el estado actual del prototipo lo posiciona como una herramienta funcional y confiable. Gracias a su diseño robusto y sus características técnicas, el prototipo es capaz de proporcionar evaluaciones significativas en términos de consistencia y comportamiento durante las fermentaciones de tepache.

Si bien, el diseño es de gran importancia, el capítulo 5, desglosa el diseño de automatización, la programación y las pruebas realizadas al fermentador automatizado.

Capítulo 5

Diseño de automatización, programación y pruebas

5.1. Selección de instrumentación

En esta sección se abarca la instrumentación que utiliza actualmente el fermentador para llevar a cabo el proceso automatizado de fermentación con el monitoreo del pH y control de la temperatura, siendo variables críticas del proceso.

* TOPINCN Bomba sin escobillas para cerveza

- **Confiable:** La bomba de cerveza tiene las funciones de protección automática contra sobrecarga y sobrecalentamiento, que puede funcionar de forma continua y estable para garantizar la seguridad del proceso de elaboración.
- **Instalación:** La interfaz de tornillo estándar del cabezal de la bomba de cerveza es conveniente para el desmontaje y reemplazo, lo que garantiza la conveniencia y eficiencia de operación.
- Al ser de alimentación de 12V, permite generar un fermentador automatizado capaz de ahorrar energía eléctrica por el tiempo de uso prolongado, por lo que hasta el momento es la bomba adecuada para realizar el proceso de fermentación.

* Sensor de pH

- Proporciona resultados continuos a través de que mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de pH y un electrodo de referencia, siendo el electrodo un conductor eléctrico para partes no metálicas y una vez hecho esto, los valores del voltaje se transforman en niveles de pH.

- La sonda del electrodo tiene un cuerpo corto y está hecha de material ABS, que es seguro, duradero y resistente al desgaste.
- La sonda de electrodo de pH es ampliamente utilizada en una variedad de situaciones, como acuarios, piscinas de plantas hidropónicas y fermentaciones.
- Al ser más corto en cuanto a longitud, permitió acomodarlo dentro del recipiente para poder cerrar la tapa con el sensor dentro, logrando así una menor pérdida de temperatura en el fluido.

* Sensor de temperatura

Es un sensor de temperatura digital de tipo DS18B20, encapsulado en acero inoxidable el cual es resistente al agua. Tiene la capacidad de detectar temperaturas hasta 125 °C. Este sensor es utilizado para conocer la temperatura y es aplicado en el control automático de tanques y en procesos industriales con fluidos, sistemas de monitoreo y adquisición de datos.

El sensor de temperatura DS18B20, permitió sensar durante el tiempo de fermentación, logrando obtener datos cada dos minutos todo el proceso, además de resistir la corrosión que se genera en la fermentación.

COMPONENTES QUE INTEGRAN LA PARTE AUTOMATIZADA DEL FERMENTADOR

* Impresión 3D

Imprimir en 3D, es una herramienta para el desarrollo de productos al permitir la creación de prototipos y la producción de piezas únicas y personalizadas. Su versatilidad, ideal para proyectos a nivel prototipo, incluso poder llevar acabo reemplazo de piezas provisionalmente.

El diseño que se realizó por medio de software, permitió generar una caja con las medidas deseadas para colocar toda la parte electrónica, siendo así un resultado con mejor estética y espacios mejor aprovechados.

* Arduino Mega

El Arduino Mega es una opción ideal para el código que requiere una mayor capacidad de procesamiento, una mayor cantidad de pines y una mayor capacidad de almacenamiento de datos. Su interfaz de comunicación y su compatibilidad con el entorno de desarrollo de Arduino lo convirtió en una herramienta versátil para el

desarrollo de programación para el código del fermentador.

* Display LCD

Pantalla LCD Alfanumérica 16x2 (16 Caracteres por línea, 2 líneas), con pantalla Azul y letras Blancas. Muestra letras, números, caracteres. Compatible con Arduino o cualquier Microcontrolador, compatible en un 100% con diversas librerías de LCD de los compiladores del mercado, ya que cuenta con el controlador universal HD44780 para LCD's alfanuméricas.

Finalmente la pantalla LCD si bien no es una pantalla de alta definición, funciona para el objetivo de compartir la información necesaria de monitoreo y control de las variables de fermentación.

* Botones de bloqueo y pulsadores

Los botones de bloqueo y pulsadores son utilizados para tareas específicas, ya sea si se desea dejar activa una tarea o solo mantener la tarea durante su acción.

El utilizar los botones de bloqueo y momentáneos, permitió generar una programación personalizada que se ajusta a las necesidades específicas de la aplicación. Esta capacidad de adaptación contribuye significativamente a la eficiencia y la comodidad en el uso diario del dispositivo electrónico.

* Placas peltier

Las placas Peltier, también conocidas como dispositivos termoeléctricos, son dispositivos semiconductores que aprovechan el efecto Peltier (Sucede cuando una corriente pasa por dos metales o semiconductores conectados. La corriente propicia una transferencia de calor de una juntura a la otra: una se enfría en tanto que otra se calienta.). Estas placas son utilizadas en una variedad de aplicaciones, como sistemas de enfriamiento y calefacción.

Uno de los elementos clave que mejoró con la utilización de placas Peltier es la capacidad de mantener una resistencia térmica más controlada. Estas placas, al aplicar el efecto Peltier, permiten transferir calor de manera controlada en respuesta a la corriente eléctrica aplicada. Al controlar la cantidad de calor transferido, estas placas ayudan a mantener temperaturas constantes.

En conclusión, la instrumentación seleccionada para el ensamble y fabricación del prototipo que fue diseñado, hasta el momento son los adecuados para llevar a cabo la serie de pruebas necesarias y evaluar los resultados de cada fermentación que se desea experimentar para poder establecer un proceso automatizado.

5.2. Programación

En la Fig. 5.1 se muestra un diagrama de bloques en donde se encuentra desglosado cada sección que conlleva Hombre-maquina, es decir, las actividades que debe realizar el usuario para utilizar de manera adecuada el fermentador automatizado, por lo tanto, la programación considera 3 variantes de configuración, solo piña con panela y kéfir, panela con kéfir solamente y personalizado.

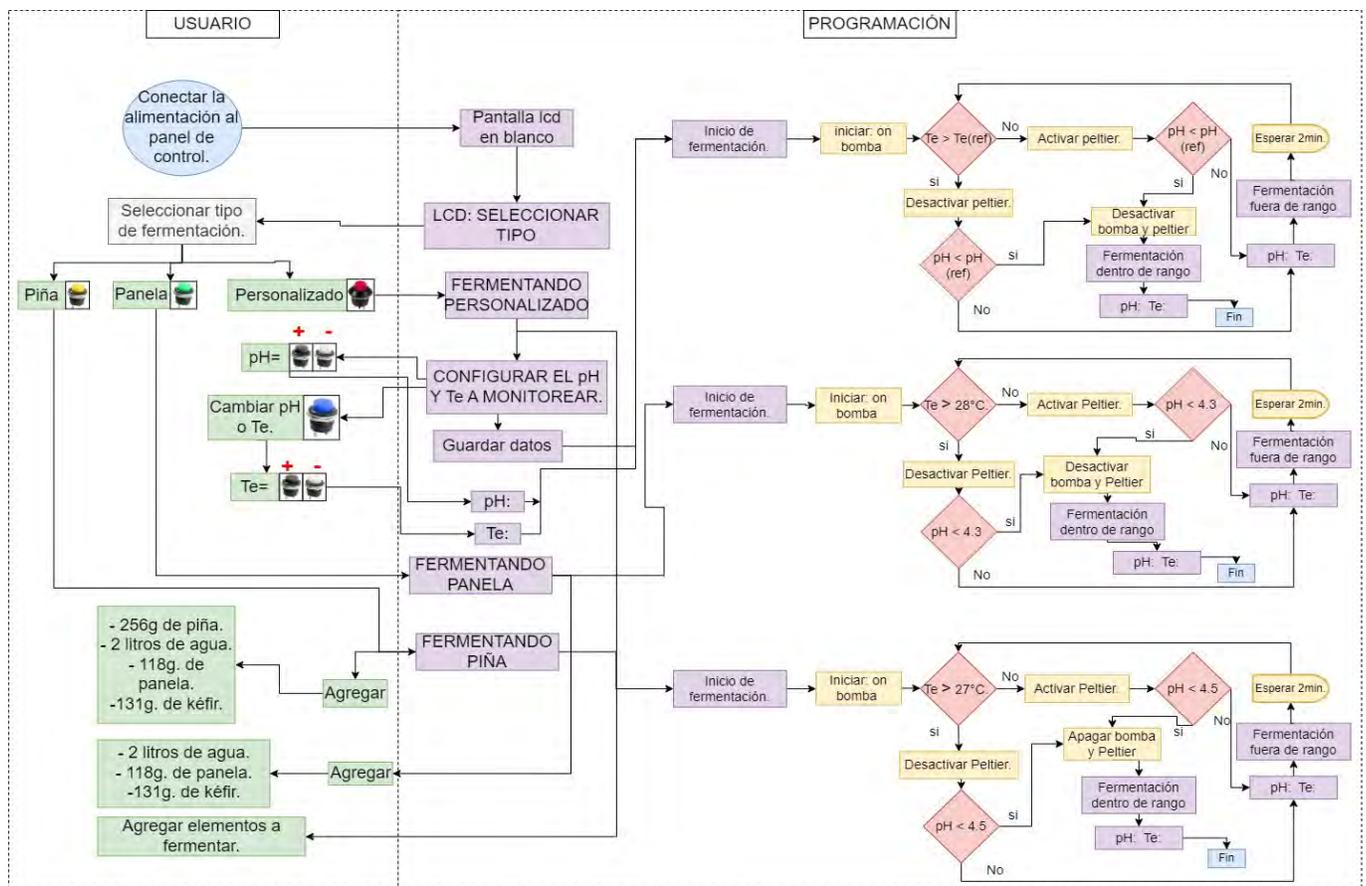


Fig. 5.1. Diagrama de bloques.

En la Tabla 5.1 se muestran los valores de referencia para la fermentación.

Tabla 5.1. Datos de referencia.

Fermentación	pH_{ref}	T_{eref}
Piña	4.5	27 °C
Panela	4.3	28 °C
Personalizado		

Se muestra el algoritmo que describen las tres configuraciones de programación Hombre-máquina, que de forma gráfica se mostraron en la Figura 5.1. El código de programación en Arduino, se encuentra en el Anexo A.

5.3. Programación piña, panela y personalizado

Paso a paso del proceso de fermentación piña

Si el usuario desea realizar una fermentación de Piña, el ciclo funciona de la siguiente manera:

- **Primer paso:** El usuario debe conectar la alimentación al panel de control del fermentador, con ayuda de un eliminador de corriente directa de 12V y otra de 5V, en donde se activa todo el sistema de programación.
- **Segundo paso:** La pantalla LCD encenderá sin ninguna leyenda, pasando 2 segundos, mostrara un mensaje "SELECCIONAR TIPO", antes de seleccionar el tipo, el usuario debe colocar los ingredientes que conllevará la fermentación de piña, es decir los ingredientes que indica el manual de usuario, debido a que este proceso se encuentra con parámetros específicos, ya que una vez seleccionado el tipo, el código de programación comenzará la toma de decisiones en base a las lecturas de los sensores y ya no debe tocarse durante todo el proceso..
- **Tercer paso:** El usuario debe seleccionar uno de los botones que se encuentran en el panel de control, en este caso en particular, selecciona el botón amarillo que indica fermentación de piña.
- **Cuarto paso:** La pantalla LCD mostrará un mensaje "FERMENTANDO PIÑA", seguido los parámetros que se espera obtener al final de la fermentación es decir, imprimirá "°C:27 pH:4.5", en donde de igual manera, estará imprimiendo la lectura de los sensores en la pantalla LCD durante todo el proceso de fermentación, mostrando como mensaje, para el caso de que la temperatura este fuera del rango controlado imprimirá "Te: EN AUMENTO", si esta dentro de la temperatura controlada mostrará "Te: DENTRO DE RANGO" de igual manera sera para el caso del pH, imprimirá "pH DENTRO DEL RANGO" indicando

que la acidez de la bebida ya es la adecuada para ser consumida, si aun no se llega a la acidez estará imprimiendo "pH FUERA DE RANGO".

- **Quinto paso:** Una vez que el usuario ya colocó los ingredientes, la programación a comenzado su ciclo y por default prende la bomba de agua para posteriormente entrar a las condiciones, en donde evalúa en primer lugar la temperatura, si la temperatura es menor a 27°C prenderá la placa peltier para que eleve la temperatura y la mantenerla constante durante todo el proceso de fermentación, de no ser así y la temperatura inicia de manera adecuada mantendrá la placa peltier apagada, posteriormente entra a la lectura del sensor de pH, en donde si lee que es menor a 4.5 de pH apagará la bomba y la peltier en caso de que este prendida, sino es así, mantendrá el estado actual y volverá a tomar la información del sensor de temperatura para mantenerla constante.
- **Sexto paso:** Una vez que se halla llegado a la acidez adecuada, se mantendrá el sistema en reposo, es decir, con la bomba y la peltier apagada, ya que el usuario retire su bebida para ser consumida, decide si desea realizar otra fermentación o simplemente desconectar el recipiente y hacer su limpieza correspondiente.

Paso a paso de fermentación panela

- **Primer paso:** El usuario debe conectar la alimentación al panel de control del fermentador, con ayuda de un eliminador de corriente directa de 12V y otra de 5V, en donde se activa todo el sistema de programación.
- **Segundo paso:** La pantalla LCD encenderá sin ninguna leyenda, pasando 2 segundos, mostrara un mensaje "SELECCIONAR TIPO", antes de seleccionar el tipo, el usuario debe colocar los ingredientes que conllevará la fermentación de panela, es decir los ingredientes que indica el manual de usuario, debido a que este proceso se encuentra con parámetros específicos, ya que una vez seleccionado el tipo, el código de programación comenzará la toma de decisiones en base a las lecturas de los sensores y ya no debe tocarse durante todo el proceso..
- **Tercer paso:** El usuario debe seleccionar uno de los botones que se encuentran en el panel de control, en este caso en particular, selecciona el botón verde que indica fermentación de panela.
- **Cuarto paso:** La pantalla LCD mostrará un mensaje "FERMENTANDO PANELA" y seguido los parámetros que se espera obtener al final de la fermentación es decir, imprimirá "°C:28 pH:4.5", en donde de igual manera, estará imprimiendo la lectura de los sensores en la pantalla LCD durante todo el proceso de fermentación, mostrando como mensaje, para el caso de que la temperatura este fuera del rango

controlado imprimirá "Te: EN AUMENTO", si esta dentro de la temperatura controlada mostrará "Te: DENTRO DE RANGO" de igual manera será para el caso del pH, imprimirá "pH DENTRO DEL RANGO" indicando que la acidez ya es la adecuada para ser consumida la bebida, si aun no se llega a esa acidez estará imprimiendo "pH FUERA DE RANGO".

- **Quinto paso:** Una vez que el usuario ya colocó los ingredientes, la programación a comenzado su ciclo y por default prende la bomba de agua y entra a las condiciones, en donde evalúa en primer lugar la temperatura, si la temperatura es menor a 28°C prenderá la placa peltier para que esta eleve la temperatura y la mantendrá constante durante todo el proceso de fermentación, de no ser así y la temperatura inicia de manera adecuada mantendrá la placa peltier apagada, posteriormente entra a la lectura del sensor de pH, en donde si lee que es menor a 4 de pH apagará la bomba y la peltier en caso de que este prendida, sino es así, mantendrá el estado actual y volverá a tomar la información del sensor de temperatura para mantenerla constante.
- **Sexto paso:** Una vez que se halla llegado a la acidez adecuada, se mantendrá el sistema en reposo, es decir, con la bomba y la peltier apagada, ya que el usuario retire su bebida para ser consumida, decide si desea realizar otra fermentación o simplemente desconectar el recipiente y hacer su limpieza correspondiente.

Paso a paso de fermentación personalizado

Si el usuario desea realizar una fermentación de Personalizado, el ciclo funciona de la siguiente manera:

- **Primer paso:** El usuario debe conectar la alimentación al panel de control del fermentador, con ayuda de un eliminador de corriente directa de 12V. y otra de 5V., en donde se activa todo el sistema de programación.
- **Segundo paso:** La pantalla LCD encenderá sin ninguna leyenda, pasando 2 segundos, mostrara un mensaje "SELECCIONAR TIPO", antes de seleccionar el tipo, el usuario debe colocar los ingredientes que conllevará la fermentación de personalizado, es decir los ingredientes que desee fermentar durante todo el proceso, ya que una vez seleccionado el tipo, el código de programación comenzará la toma de decisiones en base a las lecturas de los sensores y ya no debe tocarse durante todo el proceso.
- **Tercer paso:** Antes de seleccionar el tipo se debe configurar los parámetros que se desean obtener del producto final en la bebida, es decir, con el botón azul selecciona que desea configurar primero (pH o Temperatura) final, una vez que se tiene seleccionado, con el botón blanco elevara el numero de uno en

uno y si presiona el botón negro ira restando de uno en uno, en caso de comenzar configurando el pH comenzara a partir de dos para configurar y si selecciona temperatura comenzara a partir de 25.

- **Cuarto paso:** Una vez configurados los parámetros el usuario debe seleccionar uno de los botones que se encuentran en el panel de control, en este caso en particular, selecciona el botón rojo que indica fermentación Personalizada.
- **Quinto paso:** La pantalla LCD mostrará un mensaje “FERMENTANDO PERSONALIZADO” seguido los parámetros que se espera obtener al final de la fermentación es decir, imprimirá “°C: PH:”, posteriormente el usuario debe agregar los ingredientes que desee fermentar, en donde de igual manera, estará imprimiendo la lectura de los sensores en la pantalla LCD durante todo el proceso de fermentación, mostrando como mensaje, para el caso de que la temperatura este fuera del rango controlado imprimirá “Te: EN AUMENTO”, si esta dentro de la temperatura controlada mostrará “Te: DENTRO DE RANGO” de igual manera sera para el caso del pH, imprimirá “pH DENTRO DEL RANGO” indicando que la acidez de la bebida ya es la adecuada para ser consumida, si aun no se llega a la acidez estará imprimiendo “pH FUERA DE RANGO”.
- **Sexto paso:** Una vez que el usuario ya colocó los ingredientes, la programación a comenzado su ciclo y por default prende la bomba de agua para posteriormente entrar a las condiciones, en donde evalúa en primer lugar la temperatura, si la temperatura es menor a configurada prenderá la placa peltier para que eleve la temperatura y la mantenerla constante durante todo el proceso de fermentación, de no ser así y la temperatura inicia de manera adecuada mantendrá la placa peltier apagada, posteriormente entra a la lectura del sensor de pH, en donde si lee que es menor al pH configurado apagará la bomba y la peltier en caso de que este prendida, sino es así, mantendrá el estado actual y volverá a tomar la información del sensor de temperatura para mantenerla constante.
- **Séptimo paso:** Una vez que se halla llegado a la acidez adecuada, se mantendrá el sistema en reposo, es decir, con la bomba y la peltier apagada, ya que el usuario retire su bebida para ser consumida, decide si desea realizar otra fermentación o simplemente desconectar el recipiente y hacer su limpieza correspondiente.

A continuación se describe el procedimiento del ciclo de programación de manera matemática, en donde en cada la interacción se almacena la lectura de los sensores de temperatura y *pH*.

Lógica de activación y desactivación de la placa peltier

En funcionamiento de la placa peltier que permite calentar el líquido del proceso de fermentación está definido dependiendo de la lectura de la temperatura actual de la fermentación ($Te(t_k)$) y el nivel de pH actual ($pH(t_k)$), donde se espera un comportamiento proporcional inverso, mientras la temperatura incrementa, el nivel de pH debe disminuir. t_k representa el momento actual y t_{k+1} el instante posterior.

Considerando estas variables se tienen ocho condiciones en donde solo dos condiciones activan la placa peltier. La siguiente ecuación muestra de forma matemática el comportamiento de activación (1) y desactivación (0) de la placa peltier:

$$u_{peltier}(t_{k+1}) = \begin{cases} 1, & Te(t_k) < T_{e_{ref}} \wedge pH(t_k) > pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) < T_{e_{ref}} \wedge pH(t_k) < pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) > T_{e_{ref}} \wedge pH(t_k) > pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) > T_{e_{ref}} \wedge pH(t_k) < pH_{ref} \\ 1, & Te(t_k) < T_{e_{ref}} \vee pH(t_k) > pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) < T_{e_{ref}} \vee pH(t_k) < pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) > T_{e_{ref}} \vee pH(t_k) > pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) > T_{e_{ref}} \vee pH(t_k) < pH_{ref} \end{cases} \quad (5.1)$$

Se utilizó álgebra booleana para simplificar la ecuación 5.1, que representa las condiciones de activación y desactivación de la placa Peltier. La simplificación se llevó a cabo aplicando la ley asociativa del álgebra booleana, que establece que se pueden agrupar los AND y OR sin cambiar el resultado de la expresión.

La ecuación original involucraba múltiples condiciones con operadores lógicos AND y OR. Para simplificarla, se desglosaron las condiciones asociadas con la activación y desactivación de la placa Peltier. Esto permitió agrupar las condiciones relacionadas con la activación y desactivación en subexpresiones más concisas y fáciles de entender.

Luego, al asociar todas las condiciones que desactivan la placa Peltier y las que la activan, se redujo la expresión a una forma más compacta y simplificada, representada por la ecuación 5.2. Este proceso de simplificación no solo simplifica la representación matemática, sino que también facilita la comprensión de las condiciones que afectan la activación y desactivación de la placa Peltier.

$$u_{peltier}(t_{k+1}) = \begin{cases} 1, & Te(t_k) < T_{e_{ref}} \wedge pH(t_k) > pH_{ref} \\ 0, & Te(t_k) > T_{e_{ref}} \vee pH(t_k) < pH_{ref} \end{cases} \quad (5.2)$$

Para la primera condición activará la placa peltier cuando $Te(t_k)$ sea menor que $T_{e_{ref}}$, y $pH(t_k)$ sea mayor que pH_{ref} , esto indica que la fermentación aun no llega a la acidez de referencia, por lo que no es necesario continuar calentando.

Para la segunda condición la placa peltier se desactivará si $Te_{(t_k)}$ es mayor que Te_{ref} o si el nivel de $pH_{(t_k)}$ es menor que pH_{ref} , lo que indica que la temperatura está en el valor deseado, o el pH ya se encuentra dentro de la acidez de referencia.

Lógica de la activación y desactivación de la bomba

Para $u_{bomba}(t_{k+1})$, muestra dos condiciones en donde solo en una condición activa la bomba y es cuanto la lectura del sensor $pH_{(t_k)}$ es mayor que pH_{ref} , lo que indica que está en estado inicial de la fermentación y la bomba prende.

En la segunda condición se desactiva la bomba debido a que $pH_{(t_k)}$ es menor que pH_{ref} , lo que indica que la acidez se encuentra dentro de la referencia. La siguiente ecuación muestra este comportamiento:

$$u_{bomba}(tk + 1) = \begin{cases} 1, & pH_{tk} > pH_{ref} \\ 0, & pH_{tk} < pH_{ref} \end{cases} \quad (5.3)$$

5.3.1. Resultados de fermentación de piña con kéfir y panela

A continuación se presentan los resultados detallados de un experimento de fermentación utilizando piña con kéfir y panela como ingredientes principales. Este experimento se llevó a cabo con el objetivo de estudiar el proceso de fermentación y monitorear cómo evolucionan el pH y la temperatura a lo largo del tiempo.

Se establecieron valores de referencia específicos para el proceso de fermentación, basados en la información proporcionada en la Tabla 5.1. Se fijó un pH objetivo de 4.5 y una temperatura de fermentación de 27 °C como condiciones ideales para este proceso. Estos valores de referencia se utilizaron como criterios para evaluar la eficacia y la calidad del proceso de fermentación.

El experimento se realizó meticulosamente, con un monitoreo continuo del pH y la temperatura utilizando sensores. Se registraron datos de pH y temperatura cada 2 minutos a lo largo de todo el proceso de fermentación que fue de aproximadamente de 19 horas, lo que resultó en un total de 562 puntos de datos recopilados. Esta frecuencia de muestreo permitió una captura detallada de cómo evolucionaron estas variables a lo largo del tiempo y cómo se ajustaron a los valores de referencia establecidos.

Las Figuras 5.2 y 5.3 muestran las gráficas resultantes del monitoreo del pH y la temperatura durante el proceso de fermentación. Estas gráficas proporcionan una representación visual clara de cómo estas variables

cambiaron con el tiempo y si se acercaron a los valores objetivo establecidos. Además, permiten identificar cualquier tendencia o patrón en la evolución de la fermentación.

Para un análisis más detallado de los primeros momentos críticos del proceso de fermentación, se incluyen los datos numéricos correspondientes a las primeras 50 interacciones en la Tabla 2.1 del Anexo B. Estos datos brindan información específica sobre cómo el pH y la temperatura fluctuaron durante las etapas iniciales de la fermentación, lo que puede ser crucial para comprender mejor el desarrollo y la calidad del proceso en su conjunto.

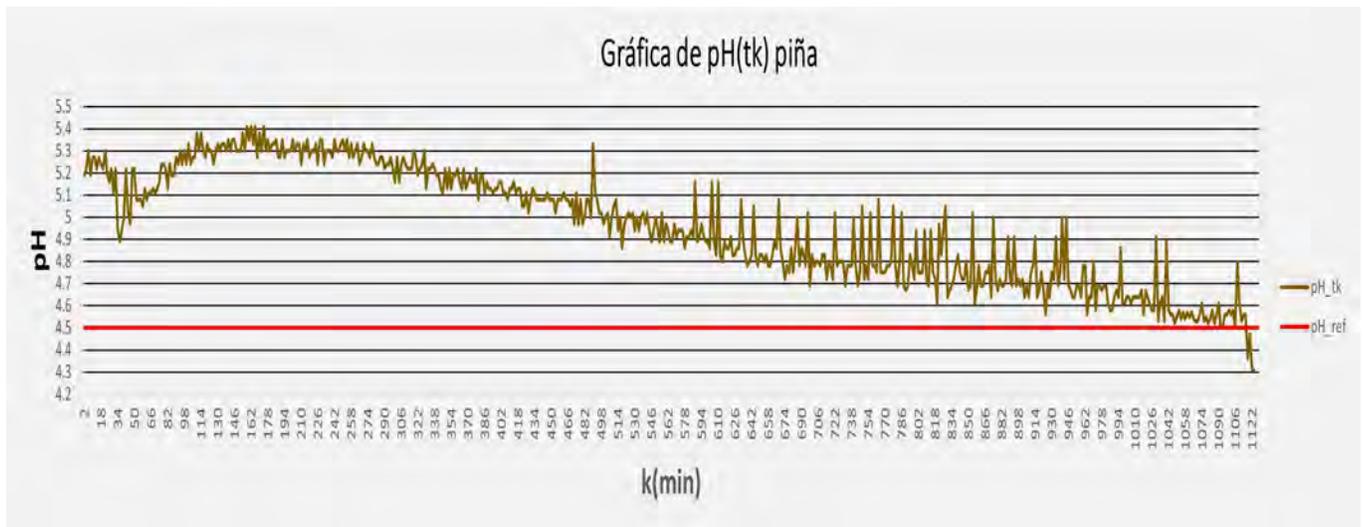


Fig. 5.2. Datos obtenidos de pH durante la fermentación de piña.



Fig. 5.3. Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de piña.

5.3.2. Resultados de la fermentación de panela con kéfir

A continuación se presentan los resultados obtenidos del experimento de fermentación utilizando panela como ingrediente principal. Los valores de referencia para este proceso, según se detalla en la Tabla 5.1, establecen un pH objetivo de 4.3 y una temperatura de fermentación de 28 °C. La duración total del proceso de fermentación fue de aproximadamente 21 horas.

Durante el experimento, se realizó un monitoreo continuo del pH y se controló la temperatura en todo momento. Se registraron datos de pH y temperatura cada 2 minutos, lo que resultó en un total de 650 puntos de datos recopilados a lo largo del proceso de fermentación. Esta frecuencia de muestreo permitió una captura detallada de cómo evolucionaron estas variables durante todo el experimento y si se acercaron a los valores objetivo establecidos.

Las Figuras 5.4 y 5.8 presentan las gráficas resultantes del monitoreo del pH y la temperatura a lo largo del proceso de fermentación. Estas gráficas ofrecen una representación visual clara de cómo estas variables cambiaron con el tiempo y si se mantuvieron dentro de los rangos deseados. Además, permiten identificar cualquier tendencia o patrón en la evolución de la fermentación.

Para un análisis más detallado de los primeros momentos cruciales del proceso de fermentación, se proporcionan los datos numéricos correspondientes a las primeras 50 interacciones en la Tabla 2.2 del Anexo B. Estos datos específicos ofrecen información detallada sobre cómo el pH y la temperatura fluctuaron durante las etapas iniciales de la fermentación, lo que puede ser fundamental para comprender mejor el desarrollo y la calidad del proceso en su conjunto.

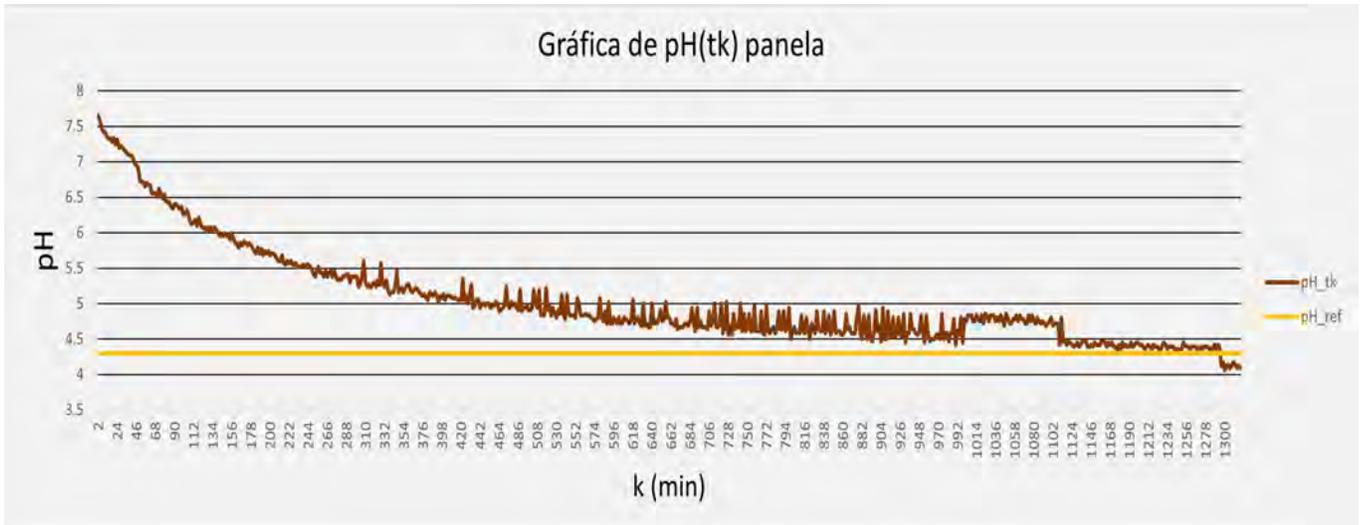


Fig. 5.4. Datos obtenidos de pH durante la fermentación de panela.

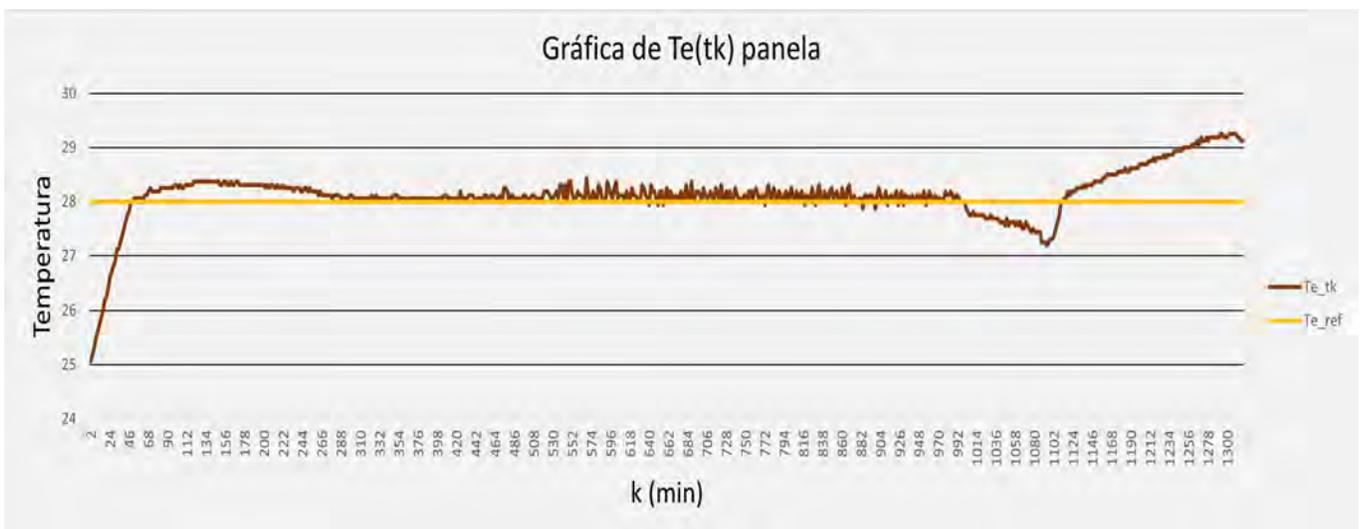


Fig. 5.5. Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de panela.

5.3.3. Resultados de la fermentación de panela con kéfir # 2

A continuación se presentan los resultados obtenidos del experimento de fermentación realizado con Panela # 2. Los valores de referencia para este proceso, según se detalla en la Tabla 5.1, establecen un pH objetivo de 4.3 y una temperatura de fermentación de 28 °C. El experimento tuvo una duración total de aproximadamente 12 horas.

Durante el proceso de fermentación, se llevó a cabo un monitoreo continuo del pH y se controló la tem-

peratura de manera constante. Se registraron datos de pH y temperatura cada 2 minutos, lo que resultó en un total de 359 interacciones a lo largo del experimento. Esta frecuencia de muestreo permitió obtener una visión detallada de cómo evolucionaron estas variables durante todo el proceso de fermentación y si se mantuvieron dentro de los rangos deseados.

Las Figuras 5.9 y 5.10 muestran las gráficas resultantes del monitoreo del pH y la temperatura durante el proceso de fermentación. Estas gráficas proporcionan una representación visual clara de cómo estas variables cambiaron a lo largo del tiempo y si se mantuvieron dentro de los parámetros deseados. Además, permiten identificar cualquier tendencia o patrón en la evolución de la fermentación.

Para un análisis más detallado de los primeros momentos cruciales del proceso de fermentación, se proporcionan los datos numéricos correspondientes a las primeras 50 interacciones en la Tabla 2.3 del Anexo B. Estos datos específicos ofrecen información detallada sobre cómo el pH y la temperatura fluctuaron durante las etapas iniciales de la fermentación, lo que puede ser fundamental para comprender mejor el desarrollo y la calidad del proceso en su conjunto.



Fig. 5.6. Datos obtenidos de pH durante la fermentación de panela # 2.



Fig. 5.7. Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de panela # 2.



Fig. 5.8. Datos obtenidos de temperatura ambiente durante la fermentación de panela # 2.

5.3.4. Resultados de la fermentación personalizada

A continuación se presentan los resultados obtenidos del experimento de fermentación personalizado realizado con Manzana kéfir y panela. Los valores de referencia para este proceso, según se detalla en la Tabla 5.1, establecen un pH objetivo de 4.2 y una temperatura de fermentación de 28 °C. La duración total del experimento fue de aproximadamente 22 horas.

Durante todo el proceso de fermentación, se llevó a cabo un monitoreo continuo del pH y se mantuvo un

control constante de la temperatura. Se registraron datos de pH y temperatura cada 2 minutos, lo que resultó en un total de 661 interacciones a lo largo del experimento. Esta frecuencia de muestreo permitió obtener una visión detallada y precisa de cómo evolucionaron estas variables durante todo el proceso de fermentación, garantizando que se mantuvieran dentro de los rangos deseados.

Las Figuras 5.9 y 5.10 muestran las gráficas resultantes del monitoreo del pH y la temperatura durante el proceso de fermentación. Estas gráficas proporcionan una representación visual clara de cómo estas variables cambiaron a lo largo del tiempo y si se mantuvieron dentro de los parámetros deseados. Además, permiten identificar cualquier tendencia o patrón en la evolución de la fermentación.

Para un análisis más detallado de los primeros momentos cruciales del proceso de fermentación, se proporcionan los datos numéricos correspondientes a las primeras 50 interacciones en la Tabla 2.4 del Anexo B. Estos datos específicos ofrecen información detallada sobre cómo el pH y la temperatura fluctuaron durante las etapas iniciales de la fermentación, lo que puede ser fundamental para comprender mejor el desarrollo y la calidad del proceso en su conjunto.



Fig. 5.9. Datos obtenidos de pH durante la fermentación de manzana.



Fig. 5.10. Datos obtenidos de temperatura durante la fermentación de manzana.

5.3.5. Manual de usuario

El manual de usuario cuenta con las siguientes secciones:

Descripción del fermentador

El fermentador ha sido diseñado para evitar residuos, utilizando componentes específicos seleccionados para garantizar un funcionamiento adecuado. Estos componentes se detallan en la Sección 2.4.2, donde se describe cada elemento que compone el ensamblaje del fermentador.

Además de su configuración, el fermentador cuenta con una capacidad de 3.5 litros y un práctico dispensador que facilita la extracción gradual de la bebida. mientras que la interacción con el panel de control es intuitiva para la configuración de la fermentación que desee realizar.

Instrucciones de montaje

Para asegurar un ensamblaje correcto del fermentador, es fundamental seguir detalladamente los pasos proporcionados en la (Fig. 5.11). Este procedimiento garantiza no solo un montaje adecuado, sino también un funcionamiento adecuado del equipo. Además, se recomienda verificar cada componente durante el proceso de ensamblaje para evitar posibles errores o mal funcionamiento.

Una vez ensamblado, el fermentador no requiere desmontarse constantemente, salvo en situaciones específicas como el reemplazo de alguna pieza, la resolución de un atasco eventual, o si se va a almacenar durante un período prolongado.

Preparación del tepache

El fermentador ofrece tres opciones de fermentación: piña con panela, solo panela y personalizado. Cada una de estas configuraciones se detalla paso a paso en la sección 5.3, lo que permite adaptar el proceso según las preferencias del usuario.

Una vez iniciada la fermentación, simplemente se debe esperar hasta que el fermentador indique que la bebida

está lista para ser retirada. Esto se evidencia cuando el equipo se encuentra en un estado de reposo total, con la placa peltier y la bomba apagadas. Este sencillo procedimiento garantiza la obtención de la bebida fermentada de manera segura y oportuna.

Cuidado y mantenimiento

Normas

El fermentador cumple con las normativas establecidas, como la *NOM-003-SCFI-2014*, *NOM-024-SCFI-1998* y *NOM-001-SCFI-2018*, las cuales se detallan de manera exhaustiva en la sección correspondiente (6.1.5). Estas normativas garantizan la seguridad del equipo, proporcionan información comercial precisa sobre el fermentador y establecen requisitos para realizar pruebas que aseguren su correcto funcionamiento y la protección del usuario.

Además, como medida adicional de mantenimiento, se recomienda lavar el recipiente con agua caliente después de su uso. Esto ayuda a prevenir la acumulación de residuos del consorcio de kéfir y de otros elementos orgánicos utilizados durante la fermentación. Este cuidado adicional es especialmente importante si se planea almacenar el fermentador por un período prolongado, ya que evita la retención de olores no deseados o el desarrollo de hongos en el equipo.

5.4. Conclusión del capítulo

1.* La selección de las variables críticas para el proceso de fermentación fue un paso fundamental en el desarrollo del prototipo. Este proceso implicó identificar los factores clave que influyen en la fermentación, como la temperatura y el pH. A partir de esta selección, se diseñó y construyó el prototipo con la capacidad de controlar y monitorear estas variables de manera precisa. Esto permitió realizar pruebas de fermentación con la confianza de que los parámetros esenciales estaban siendo monitoreados y para el caso particular de la temperatura controlada por una placa Peltier según las necesidades específicas del proceso.

2.* El desarrollo del prototipo tres implicó una investigación de materiales adecuados para su construcción. Se evaluaron diversas opciones de materiales en términos de su resistencia a la corrosión, capacidad de mantener condiciones de temperatura adecuadas y compatibilidad con los componentes del proceso de fermentación. Esta investigación garantizó que el prototipo estuviera equipado con los materiales más idóneos para llevar a cabo fermentaciones de manera efectiva y segura.

3.* Aunque el tiempo de fermentación en el fermentador no puede controlarse con precisión, se demostró que el dispositivo es capaz de detener el proceso una vez que se han alcanzado los parámetros establecidos, como el nivel de pH y temperatura. Esta capacidad de detención automática garantiza que las fermentaciones se detengan en el momento adecuado, evitando resultados no deseados como la sobrefementación o la producción de compuestos no deseados.

Al lograr un fermentador con las capacidades para llevar a cabo pruebas de fermentación de manera adecuada, se realizó un modelo de negocios integrando la viabilidad financiera, para simular la rentabilidad y viabilidad que tendría si se llevara al mercado, que es desglosado en el siguiente capítulo.

INSTRUCCIONES DE ENSAMBLE

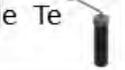
<p>Tapa x1</p> 	<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>Cuerpo x1</p> 	<p>Colocar sensores de pH y Te en los ojillos de la pared interna del recipiente.</p>	<p>Acomodar el cable de los sensores en la ranura y colocar tapa.</p>	<p>Enroscar hembra macho al cuerpo del recipiente y posteriormente el reductor.</p>
<p>Tubo C x1</p> 	<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>Cople T x1</p>  <p>Tubo hueco x1</p> 	<p>Posteriormente enroscar el cople T al tubo hueco y al reductor y del lado derecho de la T la llave.</p>	<p>Del lado izquierdo de la T enroscar la parte baja de la bomba y la punta alta dejarla libre.</p>	<p>Por último, enroscar el tubo C a la bomba y la parte superior del recipiente.</p>
<p>Llave x1</p> 	<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<p>Hembra macho x1</p> 	<p>Fijar la placa peltier en la parte posterior del recipiente</p>	<p>Finalmente, fijar el control de mando al recipiente conectando los cables de los sensores, bomba y peltier.</p>	
<p>Reductor x1</p> 	<p>Bomba x1</p>  <p>Sensor pH x1</p>  <p>Sensor de Te x1</p> 	<p>Peltier x1</p> 	<p>Control x1</p> 

Fig. 5.11. Ensamble del fermentador.

Capítulo 6

Análisis financiero del fermentador automatizado

6.1. Modelo de negocios del fermentador automatizado

El estudio de la viabilidad financiera, basado en la aplicación de los nueve bloques del lienzo Canvas (como se muestra en la Tabla 6.1), demostró ser una estrategia efectiva para evaluar la rentabilidad y el posible impacto en el mercado del fermentador electrodoméstico de tepache. Este enfoque integral proporcionó una visión detallada y estructurada de los diferentes aspectos del modelo de negocio.

Este enfoque integrador no solo permite una comprensión más profunda de la estructura del modelo de negocio del fermentador electrodoméstico, sino que también facilita la identificación de áreas de oportunidad y desafíos desde una perspectiva financiera. La sinergia entre el lienzo Canvas y la viabilidad financiera proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, ayudando a optimizar la asignación de recursos y a garantizar la sostenibilidad a largo plazo del negocio [62].

En esta sección se desglosa los 9 bloques.

6.1.1. BLOQUE 1: Segmento de mercado

En el análisis del segmento de mercado, se puso énfasis en identificar y comprender las necesidades y tendencias emergentes entre aquellos que valoran su salud y su imagen personal. Esta tendencia, en constante aumento en los últimos años, refleja una creciente conciencia sobre la importancia de adoptar un estilo de vida saludable y una estética visual satisfactoria.

El enfoque se ha dirigido hacia un rango de edad específico, comprendido entre los 25 y los 60 años, con la consideración de que este grupo demográfico representa una parte significativa de la población con un poder

Tabla 6.1. Modelo de negocios del fermentador.

Modelo de negocios CANVAS		
Segmento de mercado: -Análisis de mercado. -Realizar encuesta. -Tamaño de muestra. Bloque 1.	Propuesta de valor: -Características. -Ventaja. -Beneficio. Bloque 2.	Canales: -Tiendas en línea. -No pagar establecimiento. Bloque 3.
Relación con el cliente: -Transparencia empresarial. -Conocer al cliente. Bloque 4.	Recursos clave: -Equilibrio general. -Obtener la inversión inicial. Bloque 5.	Actividades claves: -Normativa. -PI. -TRL. -Proceso de producción. Bloque 6.
Socios clave: -OEM. Convenios. Bloque 7.	Flujo de ingresos: -Venta del producto. -Piezas. -Servicios complementarios. Bloque 8.	Estructura de costos: -TIR. -VPN. -Punto de equilibrio. Bloque 9.

adquisitivo. Se parte de la premisa de que, en la sociedad actual, el cuidado de la salud y la preocupación por la imagen personal son factores de estatus y bienestar socialmente valorados.

Para realizar este análisis, se tomó como referencia la ciudad de Cuernavaca, Morelos, la cual se caracteriza por una población total de 376,494 habitantes, según datos proporcionados por el INEGI. Dentro de esta población, se identificó un subgrupo de 179,963 personas en el rango de edad de 25 a 60 años, quienes constituyen el segmento objetivo de interés para el estudio [2].

Para garantizar la representatividad y la significancia estadística de los datos recopilados, se utilizó la fórmula del tamaño de muestra poblacional. Esta fórmula, detallada en la Ec. 6.1

$$n = \frac{x^2 Npq}{e^2(N - 1) + z^2pq} \tag{6.1}$$

y los datos utilizados se muestran en la Tabla 6.2,

permitieron determinar que el número adecuado de personas a encuestar es de 384 personas:

$$n = \frac{(1.96)^2(376,494)(0.5)(0.5)}{(0.05)^2(376,493) + (1.96)^2(0.5)(0.5)} = 384 \text{ personas.} \tag{6.2}$$

Este tamaño de muestra proporciona una base para obtener información relevante y confiable sobre las preferencias, necesidades y comportamientos del segmento de mercado identificado [42].

Tabla 6.2. Datos para formula del tamaño de muestra.

CUERNAVACA	POBLACIÓN	MUESTRA
Centro	376,494	179,963
N	Universo	376,494
n	Muestra	?
p	Probabilidad a favor	0.5
q	Probabilidad en contra	0.5
z	Nivel de confianza	1.96
e	Error de estimación	5 %

Finalmente como se muestra en las Figuras 6.1 y 6.2, en la encuesta se identificaron por que consumen tepache las personas y nos mostró el nivel de interés por adquirir el producto, de esta manera se continua al siguiente bloque, en donde se ofrece al cliente nuestra propuesta de valor para cumplir sus motivos de compra.

¿Por qué has consumido tepache?

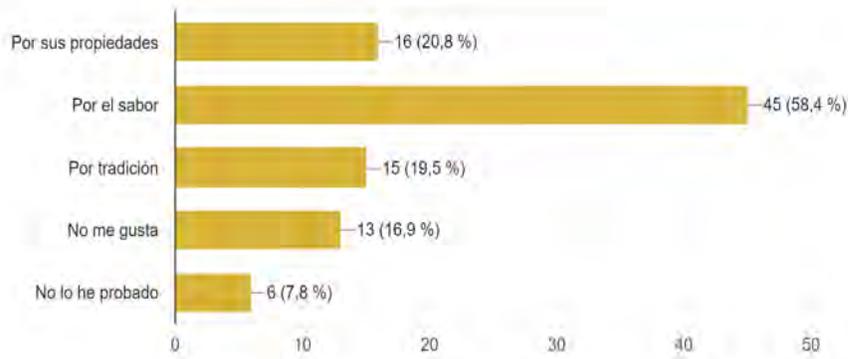


Fig. 6.1. Encuesta realizada para identificar el motivo de compra.

¿Cuál es tu nivel de interés en adquirir un electrodoméstico AUTOMÁTICO diseñado específicamente para fermentar tepache en casa?

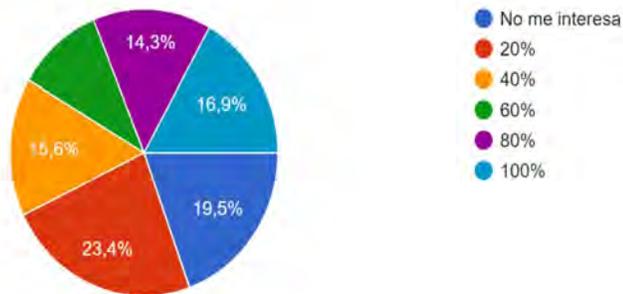


Fig. 6.2. Encuesta realizada para identificar el nivel de interés por adquirir el fermentador.

6.1.2. BLOQUE 2: Propuesta de valor

La clave de esta innovación tecnológica radica en su capacidad para modernizar un proceso tradicionalmente laborioso, permitiendo la producción de bebidas de manera consistente y en un tiempo de fermentación notablemente reducido.

Uno de los aspectos más destacados del fermentador automatizado es su capacidad para monitorear y controlar de manera automatizada el pH y la temperatura durante el proceso de fermentación. Esta funcionalidad proporciona un nivel de precisión y control que anteriormente solo se podía lograr con una supervisión y ajustes manuales constantes. Como resultado, los usuarios pueden confiar en que el proceso de fermentación se lleva a cabo de manera adecuada y consistente, lo que garantiza la calidad y la seguridad del producto final.

El fermentador automatizado tiene como objetivo principal fermentar bebidas a base de frutos dulces, siguiendo el proceso tradicional que implica la colocación de fruta, agua, panela y bacteria kéfir en el recipiente del fermentador [50].

La innovación tecnológica radica en modernizar este proceso tradicional, permitiendo la producción de una bebida de manera consistente y en un tiempo de fermentación reducido. Además, el electrodoméstico cuenta con un monitoreo y control automatizado del pH y la temperatura, lo que facilita la activación o desactivación del proceso de fermentación, como se muestra en la tabla 6.3.

Tabla 6.3. *Propuesta de valor expuesta al cliente.*

CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	BENEFICIOS
- Capacidad de 2.5 litros.	-Reducir el tiempo de fermentación de piña.	-Requiere mínima atención por parte del usuario.
-Fácil limpieza.	-Conservar la mayor cantidad de propiedades.	-Programación amigable para el usuario.
-Programación de piña, panela y personalizado.	-Tener un mayor control para lo que desea fermentar.	-Fermentar diversas recetas para bebidas.

Además, el fermentador cuenta con un apartado de personalización, es decir, tiene la capacidad de modificar la acidez del pH para detener la fermentación y la opción de configurar la temperatura que se mantendrá durante el proceso de fermentación, esto amplía considerablemente las posibilidades de uso de este equipo. Por ejemplo, estas características permiten la producción de variedades específicas como el vinagre, así como otras bebidas fermentadas con requisitos particulares de pH y temperatura.

6.1.3. BLOQUE 3: Canales de distribución

La distribución es un elemento clave en la estrategia de ventas de cualquier producto, y su manejo puede tener un impacto significativo en la consecución de los beneficios deseados. En el caso del fermentador automatizado, especialmente considerando que puede no ser inicialmente un producto de gran reconocimiento en el mercado, la decisión sobre cómo llevarlo a los consumidores puede ser determinante para su éxito.

Inicialmente, invertir en una logística compleja o pagar a establecimientos para que exhiban el producto podría no ser la mejor opción. Dado que el fermentador automatizado puede requerir una explicación detallada de sus características y beneficios para captar la atención del consumidor, así como para abordar posibles dudas sobre su uso, es crucial explorar alternativas más eficientes y económicas.

En este sentido, aprovechar las plataformas en línea emerge como una estrategia recomendable. Estas plataformas no solo ofrecen un canal de distribución económico y accesible, sino que también brindan un alcance masivo y una amplia exposición a un público diverso y potencialmente interesado en productos innovadores como el fermentador automatizado.

A través de las plataformas en línea, es posible difundir información detallada sobre la innovación, incluyendo su funcionamiento, características, y ventajas competitivas. Además, facilitan la comunicación sobre aspectos relacionados con la posventa, como las políticas de entrega, almacenamiento, garantías, reembolsos y atención al cliente, lo que contribuye a generar confianza y satisfacción entre los usuarios.

Al optar por esta estrategia de distribución, se puede alcanzar un universo de mercado mucho más amplio y diverso, superando las barreras geográficas y llegando a consumidores potenciales en diferentes regiones y países. En última instancia, aprovechar las plataformas en línea como (Mercado libre, Amazon, Shopify) no solo maximiza la visibilidad y accesibilidad del fermentador automatizado, sino que también puede impulsar significativamente sus ventas y su éxito en el mercado [5].

6.1.4. BLOQUE 4: Relación con el cliente

En el entorno empresarial actual, la transparencia se ha convertido en un pilar fundamental para el éxito sostenible de las organizaciones. No se trata únicamente de una cuestión de generar confianza entre los usuarios actuales, sino que también desempeña un papel crucial en la atracción de futuros colaboradores y en la

ampliación del alcance en el mercado [43].

Entender a fondo al cliente es esencial en este contexto. Al ofrecer un producto o servicio, el objetivo principal es lograr la satisfacción del cliente, lo que puede conducir no solo a ventas recurrentes, sino también a recomendaciones de boca en boca, que son una de las formas más poderosas de marketing. Es importante destacar que, si bien las redes sociales populares pueden ser útiles para mostrar la transparencia de una empresa, no deben ser vistas como la única fuente de ingresos principales. En cambio, deben utilizarse principalmente como herramientas para mostrar una imagen auténtica y transparente de la empresa como se ilustra en la Fig. C, lo que puede fortalecer la relación con los clientes existentes y atraer a nuevos clientes potenciales.

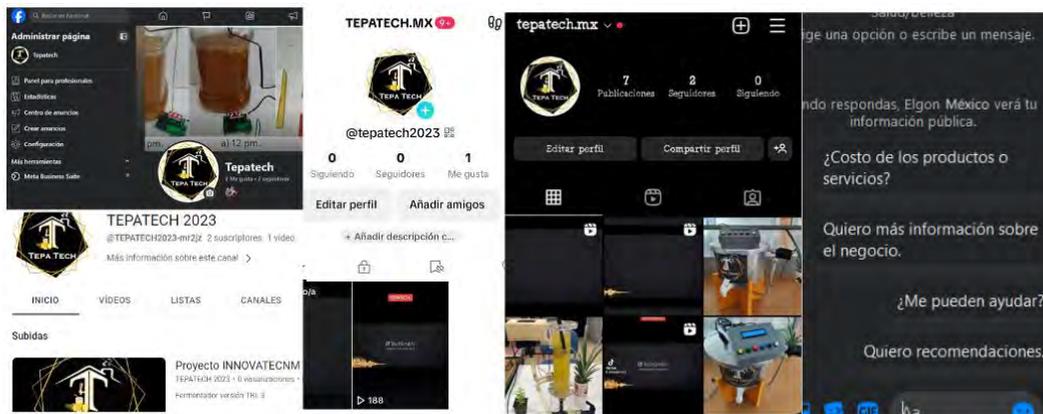


Fig. 6.3. Plataformas online.

Además, la recopilación y análisis de los datos generados por los usuarios permite elaborar un análisis FODA. Esta herramienta estratégica se utiliza para mantener a la empresa en constante actualización con el mercado. Proporciona perspectivas valiosas sobre áreas de mejora, oportunidades a explorar, fortalezas a capitalizar y posibles amenazas a considerar. Es una práctica esencial para mantener la competitividad y relevancia en el entorno empresarial actual, como se muestra en la Fig. 6.4 [59].



Fig. 6.4. FODA.

En resumen, la transparencia empresarial es un componente esencial para el éxito en el mercado actual. Al comprender las necesidades y expectativas del cliente y al adoptar prácticas transparentes en todas las operaciones comerciales, las empresas pueden construir una reputación sólida, establecer relaciones duraderas con los clientes y posicionarse de manera favorable en el mercado competitivo.

BLOQUE 5: Recursos clave

Para el proceso de determinación de inversión en un fermentador automatizado, es fundamental comprender desde que se está considerando la adquisición de un fermentador de tepache.

Determinar la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto fue esencial y requirió un análisis financiero detallado. Para lograrlo, fue fundamental elaborar una tabla que incluya los costos fijos, los costos variables, así como otros gastos y el IVA para poder elaborar un balance general como se muestra en la (Fig. 6.4) . Esta suma proporcionó una visión completa de los recursos requeridos [28].

Al obtener esta cifra, se podrá establecer un precio de venta que permita cubrir los costos y, al mismo tiempo,

Tabla 6.4. Evaluación financiera.

CF		Concepto	Costo total mensual
Mano de obra	14,400,00 \$	Materia prima	146,193,60 \$
Energía eléctrica	250,58 \$	Envases y embalajes	2,023,00 \$
Renta	4,908,00 \$	Mano de obra	14,400,00 \$
Amortización	- 239,43 \$	Energía eléctrica	250,58 \$
Total	19,559 \$	Renta	4,908,00 \$
Precio unitario	8,388,76 \$	Total	167,775,18 \$
Precio de venta	12,583,14 \$	IVA 16 %	26,844,03 \$
Punto de equilibrio	14.36	Con impuestos	194,619,20 \$
CV		C/U	
Materia prima	146,193,60 \$	Precio de venta	12,583,14 \$
Envases y embalajes	2,023,00 \$		
Total	148,217 \$		

generar un margen de ganancia adecuado. Es importante destacar que este proceso de evaluación fue crucial para garantizar la viabilidad financiera del proyecto y evitar posibles pérdidas.

Además, este enfoque nos permitió una planificación más precisa, ya que brinda una visión clara de los recursos necesarios para llevar a cabo la inversión. Así, se puede tomar decisiones informadas y diseñar estrategias efectivas para la implementación y desarrollo del proyecto.

En resumen, la elaboración de un balance general fue una herramienta invaluable para determinar la inversión requerida y, en última instancia, establecer un precio de venta que asegure la rentabilidad del proyecto. Este proceso de evaluación financiera proporcionó una base sólida para la toma de decisiones y la planificación estratégica.

6.1.5. BLOQUE 6: Actividades clave

Una vez que se planea implementar la empresa, es recomendable realizar una distribución de la planta. Esto permite ubicar y organizar los diferentes elementos de acuerdo al proceso de producción. El objetivo es lograr una producción fluida y evitar posibles conflictos en el proceso o la generación de cuellos de botella como se muestra en la Fig. 6.5.

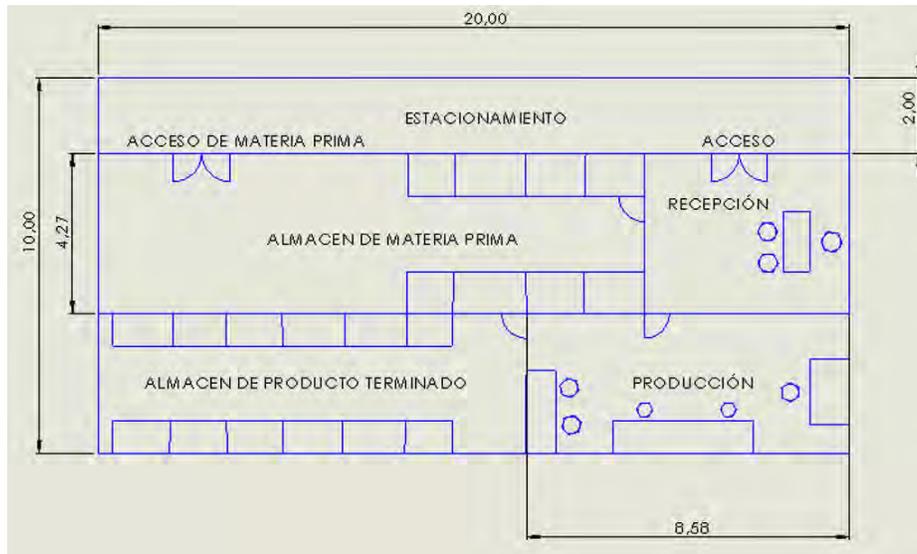


Fig. 6.5. Layout.

Integración Normativa

Normas aplicables al área de trabajo

NOM-017-STPS-2008

La NOM-017-STPS-2008, “EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL, SELECCIÓN, USO Y MANEJO EN LOS CENTROS DE TRABAJO”, es utilizada para proporcionar a los trabajadores equipo de protección personal que puedan evitar un daño físico a la integridad del mismo, además de proporcionar su respectiva capacitación por parte del personal encargado del área de trabajo, para identificar el equipo de protección adecuado [48].

Esta norma es aplicable debido a la seguridad del área de trabajo, almacén en cuanto a las condiciones adecuadas para la materia prima y así tener un ambiente adecuado para los operarios y transporte del fermentador.

NOM-002-STPS-2010

La NOM-002-STPS-2010, “CONDICIONES DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO”, se lleva a cabo su implementación para elaborar un LAYOUT, donde se agregan las rutas de salida, así como extintores en caso de incendios, ya que al tener un

proceso de producción en donde se realizan operaciones con herramientas que contienen una resistencia, es necesario prevenir [40].

Esta norma nos ayuda a mantener un área de trabajo adecuado, con la ventilación y condiciones que se requiera para el ensamble del fermentador y su empaque.

Normas ISO aplicables al sistema de gestión de la empresa

ISO-45001-2008

La ISO 45001:2018, “SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO”, la norma es implementada normalmente cuando la empresa desea expandir su mercado fuera del país de origen, por lo que elevar sus sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo se vuelve un factor indispensable, para prevenir lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo hacia los trabajadores y proporcionar lugares de trabajo seguros [19].

Si se desea tener un mayor impacto del fermentador en la sociedad, es necesario contar con una norma internacional que garantiza la seguridad y salud del trabajador, en donde se proporciona un lugar de trabajo adecuado para llevar a cabo cada actividad, y así prevenir lesiones o problemas relacionados con algún operario.

ISO-9001-2015

La ISO 9001:2015, “SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD”, la implementación de la ISO es generar un sistema de gestión de la calidad, que pueda proporcionar la capacidad de regular productos o servicios, que satisfagan los requisitos del cliente, es decir tener procesos estandarizados para obtener resultados consistentes en cuanto a calidad [57].

Si se desea exportar el fermentador en un momento dado, será necesario llevar a cabo la implementación internacional que garantiza una gestión de la calidad en el producto y el método de fabricación, ayudando a la empresa a cumplir con las expectativas de los clientes y mantenerse en constante innovación.

Normas aplicables al fermentador

NOM-003-SCFI-2014

La NOM-003-SCFI-2014, “PRODUCTOS ELECTRÓNICOS-ESPECIFICACIONES DE SEGURIDAD”, se implementa realizando un manual de uso del producto, en donde se especifica al cliente, el voltaje de corriente, instrucciones, medidas de seguridad y correcto mantenimiento [38].

Para implementar la norma consistió en llevar a cabo un manual de usuario, en donde se especificó el voltaje de corriente, instrucciones, las medidas de seguridad y el mantenimiento adecuado.

NOM-024-SCFI-1998

La NOM-024-SCFI-2013, “INFORMACIÓN COMERCIAL PARA EMPAQUES, INSTRUCTIVOS Y GARANTÍAS DE LOS PRODUCTOS ELECTRÓNICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRODOMÉSTICOS”, en la implementación de la norma se debe proporcionar una hoja con la información del fermentador automatizado para los fines de uso, lo que produce y los beneficios que se obtendrán en la adquisición del mismo [39].

El implementar la norma, nos permite establecer de manera segura las especificaciones de seguridad y métodos de prueba para el fermentador automatizado.

NOM-001-SCFI-2018

La NOM-001-SCFI-2018, “APARATOS ELECTRÓNICOS-REQUISITOS DE SEGURIDAD Y MÉTODOS DE PRUEBA”, el objetivo de implementar la norma es establecer las características y requisitos para evitar algún choque eléctrico o efectos térmicos que podrían presentarse en el fermentador [58].

Esta norma de la misma manera establece las características de seguridad y etiquetado para el fermentador automatizado.

Finalmente estas normas proveen un marco regulatorio y de calidad que asegura que el fermentador automatizado cumple con los estándares necesarios en seguridad, salud, calidad y medio ambiente. Cumplir con estas normas es esencial para la comercialización y garantía de seguridad en el mercado, en la siguiente Fig.

6.6 se muestra la etiqueta que muestra información sobre el fermentador automatizado.

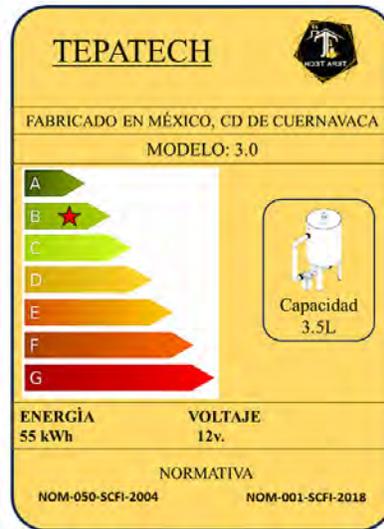


Fig. 6.6. Etiquetado del fermentador.

Innovación en la Producción con Impresión en 3D:

El proyecto incorpora tecnología de impresión en 3D para partes críticas del circuito, como la caja del sistema de programación. Esta versatilidad en modelos, materiales y dimensiones garantiza funcionalidad y estética. La adopción de la impresión en 3D refleja un enfoque innovador en la producción.

Accesibilidad de Componentes y Programación:

El prototipo y su programación se benefician de la fácil adquisición de componentes en el país, incluso en la misma localidad. La elección de un software y lenguaje de código abierto para la programación asegura un acceso sencillo y amplio a la tecnología clave del sistema. Mientras que el enfoque en componentes accesibles y tecnologías abiertas aumenta la viabilidad del proyecto.

La combinación de cumplimiento normativo, tecnología de innovación y enfoque en accesibilidad y apertura tecnológica demuestra la robustez y viabilidad del fermentador automatizado. La adhesión a normas oficiales garantiza la calidad y seguridad del producto. La adopción de impresión en 3D y la elección de tecnologías abiertas refuerzan la innovación y accesibilidad del proyecto en su conjunto.

Nivel de madurez tecnológica TRL

El proceso de desarrollo y validación del proyecto fue una etapa crucial en la materialización de la idea innovadora. Se compone de una serie de pasos clave que garantizan tanto la viabilidad técnica como el cumplimiento de los estándares de calidad y rendimiento necesarios. Desde el diseño detallado y la creación de un prototipo funcional hasta la evaluación en condiciones reales y la integración de sistemas, cada fase juega un papel fundamental en el éxito final del proyecto. Además, es imperativo asegurarse de que el producto cumple con las normativas y regulaciones aplicables desde sus etapas iniciales. En este contexto, se exploró a detalle cada uno de estos pasos, destacando su importancia en el proceso de desarrollo y validación del proyecto innovador del fermentador como se muestra en la Fig. 6.7.

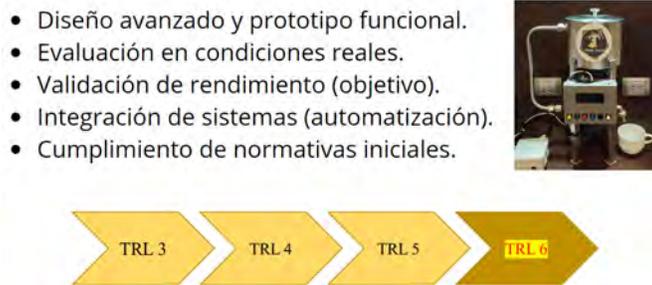


Fig. 6.7. *Nivel de madurez tecnológica (TRL).*

Diseño Avanzado y Prototipo Funcional:

El fermentador tiene un diseño detallado del producto y sistema, seguido de la creación de un prototipo funcional. Esto permite evaluar su viabilidad y funcionalidad.

Evaluación en Condiciones Reales:

El prototipo se sometió a pruebas en condiciones reales que muestra el entorno de uso previsto. Esto proporciona datos reales sobre su desempeño.

Validación de Rendimiento (Objetivo):

Se establecieron criterios específicos de rendimiento y se evaluó si el prototipo cumple con esos objetivos.

Esto asegura que el producto cumpla con las expectativas.

Integración de Sistemas (Automatización):

El fermentador involucra varios componentes y sistemas que se integran y se verifica que funcionen de manera conjunta, eficiente y efectiva. La automatización fue clave en esta fase.

Cumplimiento de Normativas Iniciales:

Se verificó que el diseño y funcionamiento del producto cumplan con las regulaciones y normativas aplicables. Esto garantiza la seguridad y legalidad del producto.

Estos pasos fueron esenciales para desarrollar y validar con éxito el proyecto, asegurando que cumpla con los estándares de calidad y rendimiento requeridos, sin embargo, cumplir con los siguientes tres niveles requiere ir transformando a un producto totalmente comercial dejando de lado la parte visual de un prototipo, cumpliendo con las normas oficiales mexicanas, así como el completo funcionamiento del mismo.

Propiedad intelectual

La protección del fermentador antes de su lanzamiento al mercado es un paso crítico en el proceso de innovación y emprendimiento. No sólo resguarda la propiedad intelectual y los derechos del creador [4], sino que también evita posibles disputas legales en el futuro [1]. Un producto no protegido puede ser susceptible de ser registrado o copiado por terceros, lo que podría resultar en la pérdida de derechos exclusivos sobre el mismo [3], búsqueda realizada, como se muestra en la siguiente Fig. 6.8.

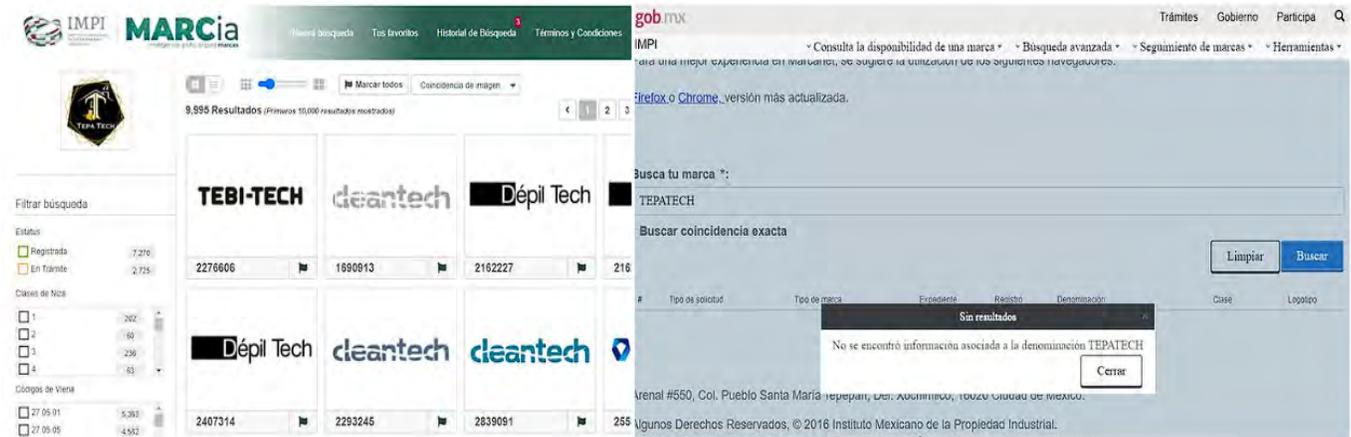


Fig. 6.8. Estado de la técnica.

En el caso específico del logotipo, su registro es esencial para asegurar que su identidad gráfica no esté siendo utilizada por otras entidades o empresas. Este proceso es especialmente relevante en el contexto de México, donde el registro de marcas y logotipos se rige por regulaciones específicas. Asegurarse de que el logotipo, marca y eslogan son únicos y no tienen registros previos en el país, es fundamental para garantizar una comercialización segura y confiable del producto.

En resumen, la protección legal del fermentador, incluyendo su logotipo, es un componente esencial en el proceso de lanzamiento al mercado. Esto no solo salvaguarda los derechos del creador, sino que también establece una base sólida para el éxito y la confiabilidad del producto en el mercado.

Diagramas de procesos de fabricación

Antes de iniciar la producción del fermentador, es crucial comprender la capacidad operativa de la empresa [29]. Esto implica realizar un análisis detallado que permita determinar cuántos fermentadores automatizados, en este caso, pueden ser fabricados en un periodo de tiempo específico. Para llevar a cabo esta evaluación, se recurre a herramientas como los diagramas de operaciones, de flujo de procesos de producción y los manuales de procesos como se muestra en las Fig. 6.10, 6.5 y 6.9.

Estos instrumentos proporcionan una visión detallada de las actividades involucradas en la fabricación, permitiendo identificar cuellos de botella, optimizar procesos y calcular la capacidad productiva en días laborales. Además, este análisis no se limita a un periodo corto, sino que proyecta la producción a lo largo de un mes, brindando una perspectiva más completa y precisa.

Diagrama de operaciones de proceso				Métodos y tiempos: Fabricación de fermentador	Hoja: 1 de 1
Pieza o conjunto: Fermentador	Proceso: Actual	Departamento: Área de proceso	Unidad de costo: \$ 6,000	Efectuado por: Tlaloc González Sánchez	Estudio No. 1
	Método: actual	Empieza: 10:00	Termina: 11:00	Fecha: 25/10/23	

RESUMEN POR UNIDAD DE COSTO		
Actividad:	Actual	
	No.	dm
Operación 	9	185
Inspección 	3	48
Tiempo total dm:	12	233
Tiempo total en hr.	12	4

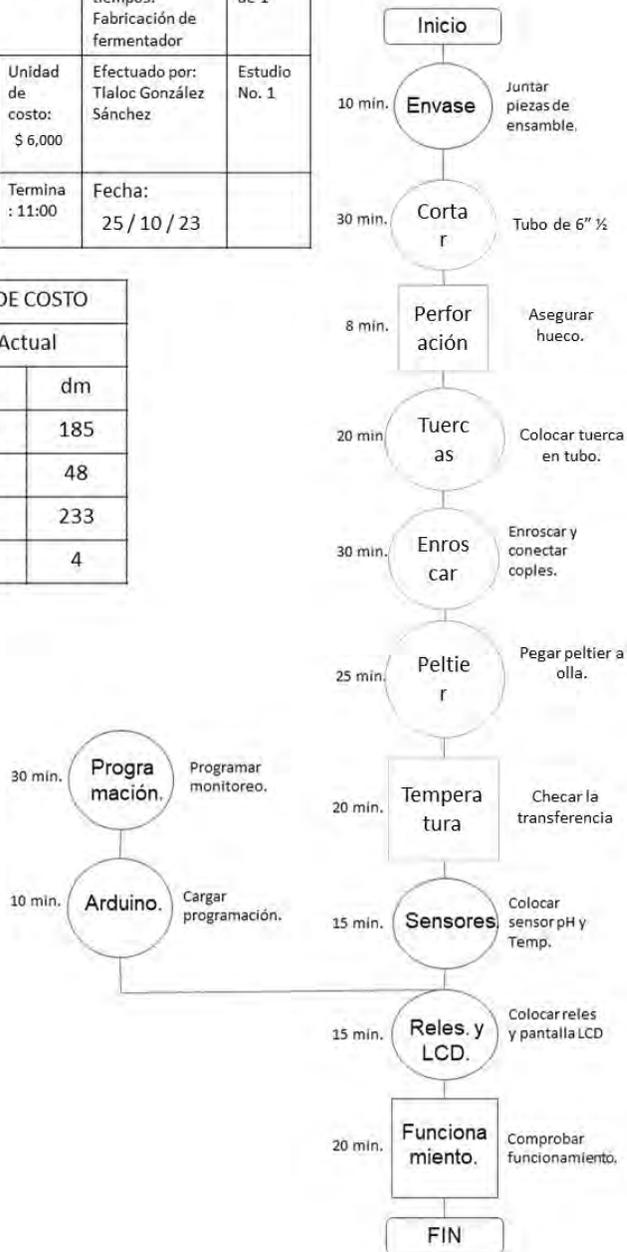


Fig. 6.9. Diagrama de operaciones.

Detalles del método <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén	Distancia en metros	Cantidad de herramienta	Tiempo en minutos	Observaciones
	<input type="checkbox"/>								
1.- Traer material a la mesa de trabajo (Tubo), tuercas y perica.					X	4m	3	10	Tubo de 6" ½, tubo de 5/16, tuerca de ½, perica.
2.- Doblar el tubo de 5/16 con tubos de torque.	X						1	30	Hacer uso de tornillo de banco para el dobles.
3.-Asegurarse que el tubo se encuentra a 98°.			X					15	Verificar que se encuentra bien doblado que evite el flujo.
4. Traer teflón y empaques.					X	4m	4	10	Teflón y empaques de plástico.
5.- Colocar teflón, empaques.	X						1	20	Poner teflón a tubo 5/16, empaques ½.
6.- Enroscar tuercas a tubo doblado.	X							25	Poner tuerca a tubo de 5/16 y enroscar en ½.
7.- Verificar fugas.			X					20	Verificar que se eviten fugas de fluido.
8.-Traer sensores de pH y temperatura, además del Arduino y pantalla LCD.					X	4m	4	30	Sensor de pH, temperatura, pantalla LCD para Arduino y Arduino.
9.-Cargar programa al Arduino con el uso de una computadora	X						1	30	Hacer uso del software de Arduino.
10.- Prender todo el sistema.			X					30	Verificar el funcionamiento de los sensores y fluido.
11.- llevar al área de producto terminado		X				3m		10	Colocar el fermentador en los anaqueles.
Total	4	1	3		3	12m	25	230	

RESUMEN	ACTUAL		DISTANCIA (m)
	No.	Tiempo (min.)	
<input type="checkbox"/>	4	105	
<input type="checkbox"/>	1	10	3
<input type="checkbox"/>	3	65	
<input type="checkbox"/>	3	50	12
TOTAL	11	230	15

Fig. 6.10. Diagrama de flujo de proceso de producción.

Tabla 6.5. Manual de procesos.

NOMBRE DEL PRODUCTO : Fermentador automatizado de frutos dulces	
Fecha de fabricación: 25/10/23	Lote: 1
Piezas requeridas: 1	Presentación: 1
Precauciones	Revisar la hoja de seguridad de cada material y herramienta a utilizar, llevar a cabo la manipulación con base a la información
Día:1/1	
Herramientas y materiales:	descrita en dicha hoja, usar el equipo de protección personal
Herramientas y materiales	Cantidad
Tubular de acero inoxidable	1
Doblar tubo	1
Cortar tubo	1
Llave de acero inoxidable	1
Tubo de 6"1/2	1
Paquete de materiales de modulo electrónico	1
Arduino mega	1
Teflón	1
Tuercas	4
Bomba de agua	1
Sensores	2
Procedimiento:	
Pedir en el almacén de materias primas, las herramientas y materias primas a utilizar para el soldado de la base.	
Medir y cortar el tubular con el arco con segueta, de acuerdo a las medidas establecidas en el diseño.	
Lijar cada una de las piezas costadas.	
Ensamblar tubo con las tuercas, colocando un limite para su posterior ensamble.	
Se realiza una inspección una vez que son enroscadas las tuercas para evitar fugas del fluido.	
Se procede a cortar el tubo de 5"1/2 siendo el envase de capacidad.	
Se dirige al almacén de materias primas.	
En el almacén se pide un paquete de materiales para el ensamble de la tarjeta arduino mega.	
Se transporta el material a la mesa del área de trabajo.	
Se procede a realizar el proceso de la tarjeta arduino mega.	
Se realiza una inspección de la tarjeta electrónica por parte del gerente de producción.	
Se recoge las herramientas utilizadas y se transportan al almacén.	
Aprobaciones:	Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza
Fabrico: Robinson	Firma: Tlálóc
Aprobó: Dra. Gloria Lilia Osorio Gordillo	Firma: Tlálóc

De esta manera, se establece una base sólida para la planificación de la producción, asegurando que se opere de manera eficiente y pueda satisfacer la demanda del mercado de manera efectiva. Esta capacidad de producción proyectada es esencial para mantener un flujo constante y satisfacer las necesidades de los clientes de manera oportuna y eficaz como se muestra en la Fig. 6.6.

6.1.6. BLOQUE 7: Socios clave

Después de tener una comprensión clara de los gastos involucrados, fue crucial establecer relaciones con socios clave. Estos socios desempeñarán un papel fundamental al garantizar una adquisición constante y confiable de

Tabla 6.6. *Proyección de fermentadores que se pueden fabricar por mes (capacidad de producción).*

Producto terminado		Días inhábiles				Producción estimada	
Mes	L	M	Días			Cantidad/producción	Importe
			M	J	V		
Abril			1	2	3	20	251,680 \$
	6	7	8	9	10		
	13	14	15	16	17		
	20	21	22	23	24		
	27	28					
			Total			20	251,680 \$

materia prima. Para ello, es esencial llegar a acuerdos que definan los estándares de calidad y los rangos de aceptación.

Estos convenios no solo brindarán estabilidad en el suministro de materiales, sino que también establecerán parámetros claros para el control de calidad. Esto asegurará que los insumos cumplan con los estándares requeridos para la producción. Al mantener una comunicación abierta y una colaboración efectiva con los socios clave, se fortalece la cadena de suministro y se garantiza una producción consistente y de calidad.

Esta colaboración estratégica no solo beneficia al proyecto en términos de suministro confiable, sino que también puede abrir puertas a oportunidades de crecimiento y expansión a largo plazo. Además, al contar con socios confiables y comprometidos, se establece una base sólida para enfrentar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades del mercado. Los socios clave que son de importancia para el fermentador automatizado, es el que maquila el acero inoxidable para darle vida al diseño del fermentador, así como el proveedor del consorcio de kéfir y finalmente el proveedor de componentes de electrónica, los cuales son los que se muestran en la Fig. 6.11.

Fig. 6.11. *Socios clave.*

6.1.7. BLOQUE 8: Flujo de ingresos

Los ingresos generados están directamente relacionados con el tipo de oferta que nosotros presentemos al mercado, ya sea una novedad con el producto o sectores específicos con un mercado específico como lo es el nicho. En el caso específico es el fermentador automatizado y sus accesorios (Figura 6.12).



Fig. 6.12. Fermentador y piezas.

Es fundamental tener en cuenta el precio de venta de cada unidad, así como el volumen proyectado de ventas. Además, fue necesario considerar posibles fuentes adicionales de ingresos, como servicios complementarios o productos relacionados.

Asimismo, es importante estar al tanto de la competencia y realizar un análisis de mercado para determinar el precio adecuado y la estrategia de precios que permita maximizar los ingresos y mantener la competitividad así como la constante innovación que nos permita tener un mayor segmento de mercado a nivel nacional.

6.1.8. BLOQUE 9: Estructura de costos

La inversión inicial de \$167,780 MXN para fabricar 20 fermentadores parece ser adecuada debido a varios factores. En primer lugar, el hecho de alcanzar el punto de equilibrio en la unidad número 14 implica que a partir de ese punto se comienzan a obtener ganancias. Este punto de equilibrio indica que los ingresos generados son suficientes para cubrir tanto los costos fijos como los variables. Además, el hecho de que se obtengan 6 fermentadores de ganancias sugiere que el proyecto tiene potencial para generar beneficios significativos a largo plazo, lo que indica una rentabilidad sostenible del proyecto.

Los indicadores financieros también respaldan esta conclusión positiva. Con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 34 % y un Valor Actual Neto (VAN) de \$666,041 MXN, se evidencia un sólido retorno del proyecto y una generación de flujos de efectivo que superan considerablemente el costo de la inversión inicial. La TIR del 34 % indica la eficiencia del proyecto para generar ganancias en relación con el capital invertido, mientras que el VAN positivo indica que el proyecto agrega valor económico al superar el valor presente de los flujos de efectivo futuros descontados a una tasa adecuada.

En resumen, los datos obtenidos indican que el proyecto de incorporar el fermentador automatizado al mercado tiene buenas perspectivas financieras y se muestra como una decisión acertada desde el punto de vista económico, como se muestra en la Tabla 6.7. Esto sugiere que el proyecto tiene una alta probabilidad de éxito y puede proporcionar retornos atractivos a los inversionistas.

Tabla 6.7. Bloque 8, estructura de costos.

FERMENTADOR DE 2.5L	INVERSIÓN INICIAL	VENTAS POR AÑO		
		1	2	3
167,780 \$	0			
TIR		34 %		
VAN		666.041\$		
INGRESOS	2,013,360\$	3,020,160 \$	3,517,540 \$	4,401,900 \$
EGRESOS		2,013,360 \$	2,344,940 \$	2,934,600 \$
FNE	- 2,013,360 \$	1,006,800 \$	1,172,600 \$	1,467,300 \$
FERMENTADORES ANUALES		240	260	300
FERMENTADORES MENSUALES		20	22	25
PRECIO UNITARIO CON INFLACIÓN		8,389 \$	9,019 \$	9,782 \$
PRECIO DE VENTA CON INFLACIÓN		12,584 \$	13,529 \$	14,673 \$

6.2. Conclusión del capítulo

El proceso de elaboración del modelo de negocios para el fermentador se basó en un enfoque integral que abarcó múltiples aspectos, desde la evaluación del mercado hasta la viabilidad financiera del proyecto. Para ello, se utilizó la metodología del modelo Canvas, que permitió identificar y analizar cada uno de los componentes clave del negocio de manera estructurada.

En primer lugar, se realizó un análisis del mercado, donde se evaluaron aspectos como la demanda existente de fermentadores, las tendencias de consumo de bebidas fermentadas y el comportamiento del mercado consumidor. Este análisis permitió identificar oportunidades de nicho y áreas donde el fermentador podría destacarse y diferenciarse de otros productos disponibles en el mercado.

Posteriormente, se evaluaron los costos de producción del fermentador, considerando tanto los costos directos, como la materia prima y la mano de obra, como los costos indirectos, como los gastos generales y administrativos. Se realizaron proyecciones financieras para determinar el punto de equilibrio, es decir, el nivel de ventas necesario para cubrir todos los costos y comenzar a generar beneficios.

En cuanto al precio de venta esperado, se tuvo en cuenta el valor percibido por los clientes. Se realizó una encuesta para determinar el rango de precios aceptable para el fermentador, asegurando que fuera rentable.

Finalmente, se evaluaron las estrategias de comercialización y distribución, así como los canales de venta para llegar al público objetivo. Se diseñaron planes de marketing para generar conciencia sobre el producto y fomentar su adopción en el mercado.

En resumen, el modelo de negocios para el fermentador proporcionó una visión integral de la viabilidad del proyecto, desde el análisis del mercado hasta la determinación de los costos y precios. Este enfoque permitió identificar oportunidades de crecimiento, asegurando que el fermentador fuera un producto rentable para su producción a escala.

Finalmente una vez completado con los objetivos de la investigación, se concluyen diversos puntos, así como los productos obtenidos y de los trabajos futuros que se identificaron, siendo desglosados en el siguiente capítulo.

Capítulo 7

Conclusiones generales

7.1. Resumen

La culminación exitosa de cada uno de los objetivos específicos establecidos en este estudio demuestra de manera concluyente la viabilidad y eficacia del proceso de investigación. A través del diseño y desarrollo de un fermentador automatizado, se logró demostrar la funcionalidad del proceso automatizado de fermentación del tepache.

El fermentador automatizado, diseñado y programado con parámetros específicos, permitió evaluar y supervisar el proceso de fermentación de manera eficiente. Los resultados obtenidos durante las pruebas y experimentos realizados corroboraron la correcta operación y desempeño del fermentador.

En última instancia, la conclusión satisfactoria de este tema de investigación resalta no solo la capacidad de desarrollar e implementar soluciones tecnológicas innovadoras, sino también el impacto positivo que estas pueden tener en la optimización de procesos tradicionales como la fermentación de bebidas. Este logro representa un paso significativo hacia adelante en el campo de la tecnología de fermentación y ofrece nuevas perspectivas para la mejora continua y la aplicación práctica de estas soluciones en la industria alimentaria y más allá.

7.2. Productos

La culminación de este proyecto de investigación dio lugar a una serie de productos tangibles e intangibles que han contribuido significativamente al avance del conocimiento en el campo de la fermentación y la tecnología de alimentos.

En primer lugar, se produjo un póster titulado "*Análisis de los diferentes métodos para la elaboración de bebida de frutas fermentadas con kéfir*", el cual sirvió como una herramienta para exponer y analizar la problemática identificada, así como para destacar la motivación detrás del proyecto. Este póster también delineó claramente los objetivos del estudio y presentó la propuesta de solución que se desarrollaría posteriormente.

La participación en el evento INNOVATECNM marcó un cambio importante en el proyecto, ya que cada etapa del concurso permitió el diseño y construcción del fermentador mejorado. Esta iteración continua y la mejora progresiva de los diseños del fermentador reflejaron un enfoque práctico y de solución de problemas para abordar las limitaciones y restricciones específicas de cada diseño. Esta dedicación y enfoque en la mejora continua culminaron en el reconocimiento del equipo Tepatech con el primer lugar a nivel nacional en el evento.

Finalmente, como resultado del trabajo realizado, se publicó un artículo científico titulado "*Estudio de la viabilidad financiera de un fermentador electrodoméstico haciendo uso del canvas*", en el cual se detalló el modelo de negocios. Este artículo fue en conjunto con el equipo y asesores del equipo Tepatech como co-autores, lo que representa una contribución significativa al cuerpo de conocimientos existentes en el campo de la tecnología de fermentación y finanzas.

En conjunto, estos productos representan el fruto del arduo trabajo, la dedicación y la colaboración interdisciplinaria. Además, se establece una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la fermentación y la tecnología de alimentos, así como seguir en constante innovación con el fermentador automatizado.

7.3. Trabajos futuros

La conclusión de este estudio revela un logro significativo en la automatización del proceso de fermentación mediante el diseño y la construcción de un fermentador con un enfoque específico en la producción de tepache. Sin embargo, este logro también destaca la identificación de áreas de oportunidad que podrían enriquecer y ampliar aún más el alcance y la profundidad del tema de investigación.

Una de estas áreas de oportunidad radica en la caracterización detallada de la bebida generada bajo las condiciones establecidas por el fermentador. Esto implicaría un análisis exhaustivo de las propiedades físicas,

químicas y sensoriales de la bebida resultante, lo que proporcionaría una comprensión más completa de su composición y calidad.

Además, de la posibilidad de modelar los comportamientos del proceso de fermentación dentro del fermentador. Esto implicaría la incorporación de herramientas y técnicas de modelado matemático para predecir y entender mejor cómo interactúan las variables de monitoreo y control en el proceso de fermentación.

Por otro lado, explorar nuevas oportunidades para agregar variables de control y supervisión al fermentador. Como sensores adicionales para monitorear parámetros como la presión, el oxígeno o la concentración de compuestos en la bebida fermentada. El hacerlo, abriría la puerta a investigaciones más amplias y detalladas sobre el proceso de fermentación y sus aplicaciones prácticas.

En resumen, si bien el objetivo principal del estudio se cumplió satisfactoriamente, el análisis de las áreas de oportunidad sugiere que hay un vasto terreno aún por explorar en el campo de la fermentación automatizada. Estas áreas representan desafíos emocionantes y perspectivas de investigación prometedoras que podrían enriquecer significativamente nuestro entendimiento y aplicación de la tecnología de fermentación en diversas industrias y aplicaciones.

Bibliografía

- 1 Google patents, 2023. Fecha de Acceso: 1 de noviembre de 2023.
- 2 Inegi, 2023. Fecha de Acceso: 1 de noviembre de 2023.
- 3 Marcia, 2023. Fecha de Acceso: 1 de noviembre de 2023.
- 4 Markanet, 2023. Fecha de Acceso: 1 de noviembre de 2023.
- 5 Ana Lucila Acosta. Canales de distribución. 2017.
- 6 Zaheer Ahmed, Yanping Wang, Asif Ahmad, Salman Tariq Khan, Mehrun Nisa, Hajra Ahmad, and Asma Afreen. Kefir and health: a contemporary perspective. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5):422–434, 2013.
- 7 Kofi E Aidoo, MJ Rob Nout, and Prabir K Sarkar. Occurrence and function of yeasts in asian indigenous fermented foods. *FEMS yeast research*, 6(1):30–39, 2006.
- 8 C ALvarado, BE García Almendárez, SE Martin, and C Regalado. Bacterias ácido lácticas aisladas de alimentos tradicionales mexicanos con potencial de utilización como antimicrobianos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48(3-4):260–268, 2006.
- 9 Fernanda Gobbi Amorim, Luciana Barbosa Coitinho, Ananda Tissianel Dias, Andreia Gomes Freitas Friques, Brenna Lepaus Monteiro, Lucas Cunha Dias de Rezende, Thiago de Melo Costa Pereira, Bianca Prandi Campagnaro, Edwin De Pauw, Elisardo Corral Vasquez, et al. Identification of new bioactive peptides from kefir milk through proteopeptidomics: Bioprospection of antihypertensive molecules. *Food chemistry*, 282:109–119, 2019.
- 10 Raquel Fabiola Arévalo Lara, Andrea del Rocío Rodríguez Baquero, Victor Hugo González Jaramillo, et al. *Aplicación de la función calidad (QFD) para la evaluación y mejoramiento del Probiótico Kéfir de Agua*. PhD thesis, ESPOL. FCSH., 2019.
- 11 Marcelo Barrios. Modelo de negocio. *Universidad Americana*, 19, 2010.

- 12 V Bolaños and P Jiménez. *Elaboración de dos bebidas, fermentadas con gránulos de kéfir en agua y leche, para corroborar si son bebidas probióticas según la norma INEN 2395-2011*. PhD thesis, Tesis de grado, Universidad de Guayaquil., 2014.
- 13 MA Camacho-Ruiz, RM Camacho-Ruiz, M Armendariz, L Ramirez-Velasco, A Asaff-Torres, A Levasseur, JC Mateos-Diaz, and JA Rodriguez. Corn bran as potential substrate for high production of feruloyl and acetylxyylan esterases by solid state fermentation. *Revista mexicana de ingeniería química*, 15(1):11–21, 2016.
- 14 Jaime Ernesto Catalán Garrido and C García-Guerra. Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentativa de los granos de tibicos utilizando como sustrato único el jugo del eje de la inflorescencia de la piña (ananas comous) para ser aprovechado como posible bebida probiótica. *Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería*, 2013.
- 15 Yun-Ju Cho, Dong-Hyeon Kim, Dana Jeong, Kun-Ho Seo, Heon Sang Jeong, Hyeon Gyu Lee, and Hyunsook Kim. Characterization of yeasts isolated from kefir as a probiotic and its synergic interaction with the wine byproduct grape seed flour. *Lwt*, 90:535–539, 2018.
- 16 RI Corona-González, JR Ramos-Ibarra, P Gutiérrez-González, C Pelayo-Ortiz, GM Guatemala-Morales, and E Arriola-Guevara. El uso de la metodología de superficie de respuesta para evaluar las condiciones de fermentación en la producción de tepache. *Revista mexicana de ingeniería química*, 12(1):19–28, 2013.
- 17 S Cruz and M Ulloa. Alimentos fermentados de maíz consumidos en México y otros países latinoamericanos. 1973.
- 18 Johana Shicela Cubas Castillo and Anny Rosmeri Quispe Jiménez. Optimización de la concentración de panela y tiempo de fermentación para obtener una bebida probiótica saborizada con mango ciruelo (*spondias dulcis parkinson*) usando cultivos de tibicos. 2019.
- 19 Doru Costin Darabont, Anca Elena Antonov, and Costică Bejinariu. Key elements on implementing an occupational health and safety management system using iso 45001 standard. In *MATEC web of conferences*, volume 121, page 11007. EDP Sciences, 2017.
- 20 Tinción de Gram and Índice Analítico de Perfil. Comparación de la composición microbiológica en el tepache, kéfir y yakult. 2020.
- 21 Fatih Selim Erdogan, Seda Ozarslan, Zeynep B Guzel-Seydim, and Tugba Kök Taş. The effect of kefir produced from natural kefir grains on the intestinal microbial populations and antioxidant capacities of balb/c mice. *Food Research International*, 115:408–413, 2019.

-
- 22 P Espinoza and S Pincay. Elaboración de una bebida probiotica con cultivos de tíbicos. *Scielo*, 2012.
- 23 Edward R Farnworth. Kefir—a complex probiotic. *Food science and technology bulletin: Fu*, 2(1):1–17, 2006.
- 24 Fernanda A Fiorda, Gilberto V de Melo Pereira, Vanete Thomaz-Soccol, Sudip K Rakshit, and Carlos R Soccol. Evaluation of a potentially probiotic non-dairy beverage developed with honey and kefir grains: Fermentation kinetics and storage study. *Food Science and Technology International*, 22(8):732–742, 2016.
- 25 Fernanda Assumpção Fiorda, Gilberto Vinicius de Melo Pereira, Vanete Thomaz-Soccol, Sudip Kumar Rakshit, Maria Giovana Binder Pagnoncelli, Luciana Porto de Souza Vandenberghe, and Carlos Ricardo Soccol. Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation-a review. *Food Microbiology*, 66:86–95, 2017.
- 26 L Franzetti, A Galli, MA Pagani, and I De Noni. Microbiological and chemical investigations on sugar kefir drink. 1998.
- 27 Muna Hashim Ghazzay. Propagation of kefir in various sugar media. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 14(5):41–45, 2014.
- 28 Pedro González Huerta. La viabilidad financiera en el emprendimiento. 2015.
- 29 Humberto Gutiérrez Pulido et al. Calidad y productividad. 2014.
- 30 Ignacio Jané. *Álgebras de Boole y lógica*, volume 5. Edicions Universitat Barcelona, 1989.
- 31 Ali H Jawad, Abbas FM Alkarkhi, Ogugbue C Jason, Azhar Mat Easa, and NA Nik Norulaini. Production of the lactic acid from mango peel waste—factorial experiment. *Journal of King Saud University-Science*, 25(1):39–45, 2013.
- 32 José Luis Jiménez Rosales, Jesús Francisco Vergara López, Luis Fernando Ruiz Chincoya, Adriana Hernandez Calva, et al. Métodos ópticos en el análisis fisicoquímico del tepache. 2018.
- 33 Dong-Hyeon Kim, Dana Jeong, Il-Byeong Kang, Hyun-Woo Lim, YoonJu Cho, and Kun-Ho Seo. Modulation of the intestinal microbiota of dogs by kefir as a functional dairy product. *Journal of dairy science*, 102(5):3903–3911, 2019.
- 34 Wee Yin Koh, Uthumporn Utra, Ahmad Rosma, Mohd Esah Effarizah, Wan Ishak Wan Rosli, and Yong-Ha Park. Development of a novel fermented pumpkin-based beverage inoculated with water kefir grains: a response surface methodology approach. *Food science and biotechnology*, 27:525–535, 2018.

- 35 David Laureys, Maarten Aerts, Peter Vandamme, and Luc De Vuyst. Oxygen and diverse nutrients influence the water kefir fermentation process. *Food microbiology*, 73:351–361, 2018.
- 36 Qing Li, Shihua Yang, Yongqiang Li, Yonghua Huang, and Jianping Zhang. Antioxidant activity of free and hydrolyzed phenolic compounds in soluble and insoluble dietary fibres derived from hullless barley. *Lwt*, 111:534–540, 2019.
- 37 JP López-Rojo, S García-Pinilla, H Hernández-Sánchez, and M Cornejo-Mazón. Estudio de la fermentación de kéfir de agua de piña con tibicos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(2):405–414, 2017.
- 38 Ulises Esteban Marina. Norma oficial mexicana nom-003-scfi-2014, productos eléctricos-especificaciones de seguridad.
- 39 Ulises Esteban Marina and Director General de Normas. Norma oficial mexicana nom-024-scfi-2013, información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos.
- 40 Marina Martínez and Mirtha Mariana. Manual de seguridad e higiene industrial aplicando la norma oficial mexicana (nom-002-stps-2010) de las condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo para la empresa sefeso sa de cv. Technical report, 2012.
- 41 Abigail Martínez-Torres, Sandra Gutiérrez-Ambrocio, Pamela Heredia-del Orbe, Lourdes Villa-Tanaca, and César Hernández-Rodríguez. Inferring the role of microorganisms in water kefir fermentations. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2):559–571, 2017.
- 42 Enric Mateu and Jordi Casal. Tamaño de la muestra. *Rev Epidem Med Prev*, 1(4):8–14, 2003.
- 43 Mikel Mesonero and Juan Carlos Alcaide. *Marketing industrial: cómo orientar la gestión comercial a la relación rentable y duradera con el cliente*. ESIC editorial, 2012.
- 44 Emilio García Moreno. *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega Valencia, 2001.
- 45 Rubén Darío Moreno Terrazas Casildo. *Determinación de las características microbiológicas, bioquímicas, fisicoquímicas y sensoriales para la estandarización del proceso de elaboración de tepache*. PhD thesis, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, 2005.
- 46 Narcisa del Rocío Sánchez Muyulem, Fredy Patricio Erazo Rodríguez, and Manuel Enrique Almeida Guzmán. Elaboración de jugo con tres diferentes frutas, adicionando el 50 % de cultivo de hongos tibetanos. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(1):77, 2022.
- 47 Koroleva NS. Technology of kefir and kumys. *Bulletin of the IDF*, 227:96–100, 1975.

- 48 Diario oficial de la federación. Norma oficial mexicana nom-017-stps-2008, equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- 49 Alexander Osterwalder and Yves Pigneur. Generación de modelos de negocio. 2011.
- 50 Alexander Osterwalder, Yves Pigneur, Greg Bernarda, Alan Smith, and Trish Papadakos. *Diseñando la propuesta de valor*. Leader Summaries, 2015.
- 51 MP Pérez-Villanueva, A Vázquez-García, NM De la Fuente-Salcido, and JE Barboza-Corona. Optimización de la producción y actividad antimicrobiana de bacteriocinas sintetizadas por cepas aisladas de bebidas fermentadas mexicanas. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1):269–274, 2016.
- 52 Edwin Gamboa Poveda, Robinson Alvarez Martinez, and Oscar Prieto. Acero inoxidable 316 y 316 l propiedades y características físico-químicas. *Fundación Universitaria los Libertadores*, 2011.
- 53 GI Puerta. Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Technical report, Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), 2013.
- 54 Walter Randazzo, Onofrio Corona, Rosa Guarcello, Nicola Francesca, Maria Antonietta Germanà, Hüseyin Erten, Giancarlo Moschetti, and Luca Settanni. Development of new non-dairy beverages from mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. *Food Microbiology*, 54:40–51, 2016.
- 55 Gabriela Rios-Corripio and José Ángel Guerrero-Beltrán. Antioxidant and physicochemical characteristics of unfermented and fermented pomegranate (*punica granatum l.*) beverages. *Journal of food science and technology*, 56(1):132–139, 2019.
- 56 Haydee Eliza Romero-Luna, Humberto Hernández-Sánchez, Rosa María Ribas-Aparicio, Patricia Isidra Cauich-Sánchez, and Gloria Dávila-Ortiz. Evaluation of the probiotic potential of *saccharomyces cerevisiae* strain (c41) isolated from tibicos by in vitro studies. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 11:794–800, 2019.
- 57 Borut Rusjan and Milena Alič. Capitalising on iso 9001 benefits for strategic results. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(7):756–778, 2010.
- 58 César Alfonso Salas Pérez, Iván González Lazarde, María Quetzalcihuahatl Galván Ismael, and Arturo Soto Cabral. Diseño e implementación de un sistema de gestión para la acreditación como unidad de inspección para la nom-001-cre/scfi-2019. *Innovación, industrialización sostenible y complejidad productiva en las organizaciones*, page 202.

-
- 59 Rosana Sarli, Silvia Inés Gonzalez, and NATALIA Ayres. Análisis foda. una herramienta necesaria. *Revista de la Facultad de Odontología*, 9(1):17–20, 2015.
- 60 Jasmin Stadie, Anna Gulitz, Matthias A Ehrmann, and Rudi F Vogel. Metabolic activity and symbiotic interactions of lactic acid bacteria and yeasts isolated from water kefir. *Food microbiology*, 35(2):92–98, 2013.
- 61 JH Swiegers, EJ Bartowsky, PA Henschke, and IS2005 Pretorius. Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Australian Journal of grape and wine research*, 11(2):139–173, 2005.
- 62 T González Sánchez, I. D. Velasquez Mora., M. F. De Jesus Ramírez, R. A. Serrano Cruz, Y. Ventura González, G. L. Osorio Gordillo, and C. M. Astorga Zaragoza. Estudio de viabilidad financiera de un electrodoméstico fermentador utilizando el modelo canvas. *1er. Congreso internacional de tecnología y ciencia aplicada*, 1(56), 2023.
- 63 Miguel Ulloa and Teófilo Herrera. Estado actual del conocimiento de bebidas fermentadas indígenas de México. In *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, pages 145–163, 1982.
- 64 Miguel Ulloa, Teófilo Herrera, and Patricia Lappe. Fermentaciones tradicionales indígenas de México. Technical report, 1987.
- 65 Sahian Enitze Velázquez-Quifiones, Martha Rocío Moreno-Jiménez, José Alberto Gallegos-Infante, Rubén Francisco González-Laredo, Saúl Alberto Álvarez, Mayra Cristina Rosales-Villarreal, Verónica Cervantes-Cardoza, and Nuria Elizabeth Rocha-Guzmán. Apple tepache fermented with tibicos: Changes in chemical profiles, antioxidant activity and inhibition of digestive enzymes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7):e15597, 2021.
- 66 Gabriela Mourad Vicenssuto and Ruann Janser Soares de Castro. Development of a novel probiotic milk product with enhanced antioxidant properties using mango peel as a fermentation substrate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24:101564, 2020.
- 67 E Villegas, M Téllez-Téllez, A Rodríguez, AE Carreón-Palacios, ML Acosta-Urdapilleta, V Kumar-Gupta, and G Díaz-Godínez. Laccase activity of *Pycnoporus cinnabarinus* grown in different culture systems. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3):703–710, 2016.
- 68 Sergio Viniegra. *Entendiendo el plan de negocios*. 2011.

Anexo A

Código de programación

```
1 //Nota: el sistema esta completo y 100% Funcional
2
3 //----- Registro para los reles bomba y placas
4 #include <SD.h>
5 #include <Wire.h>
6 #define PH_PIN A0 // Conecta la salida anal gica del sensor de pH al pin A0
7 #include <DFRobot_PH.h>
8 #include <EEPROM.h>
9 DFRobot_PH ph;
10 float voltage ,pHValue ,temperature ,miNumeroReal = 14.5;
11 //----- el pin CS del modulo de trabajo sd
12 const int chipSelect = 53; // El pin CS del m dulo de tarjeta SD
13 //-----PONER INTERVALOS PARA GUARDAR DATOS EN SD -----
14 File dataFileHourly;
15 File dataFileHalfHourly;
16 unsigned long lastHourlyWrite = 0;
17 unsigned long lastHalfHourlyWrite = 0;
18 const unsigned long intervaloDeEscrituraPH = 120000; // 120000 milisegundos = 2
19 minutos
20 const unsigned long intervaloDeEscrituraTemp = 120000; // 120000 milisegundos =
21 2 minutos
22 const unsigned long intervaloDeEscrituraTiemp = 120000; // 120000 milisegundos
23 = 2 minutos
24 const unsigned long intervaloDeEscrituraTempp = 120000; // 120000 milisegundos
25 = 2 minutos
26 // Obtener el tiempo actual en milisegundos desde el inicio del programa
27 unsigned long tiempoActual = millis();
28 File dataFile;
29 int S1= 43;// S1=Bomba
30 int S2= 42;// S2=Placas
31 //-----Codigo de interruptores -----
32 const int PULSADOR1 = 31;// pi a x (Amarillo)
33 const int PULSADOR2 = 32;// piloncillo x (Verde)
34 const int PULSADOR3 = 33; // configurable (Rojo)
35 const int BOTON_UP = 34;
36 const int BOTON_DOWN = 35;
```

```

33 const int BOTON_SELECT = 36; // Cambiar el n mero del pin seg n sea
    necesario
34 //----- Variables para el menu -----
35 int estado;
36 //----- Variables para + y - de mi boton configurable -----
37 int led1= 8; //Boton azul (++)
38 int led2= 9;// Boton Negro (--)
39 //----- librerias de la LCD -----
40 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
41 int lcdColumns = 16;
42 int lcdRows = 2;
43 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);
44 #include <Wire.h>
45 #include <Adafruit_Sensor.h>
46 //Sensores de temperatura
47 #include <OneWire.h>
48 #include <DallasTemperature.h>
49 OneWire ourWire1(10); // Puerto de salida
50 OneWire ourWire2(12); // Puerto de salida actual
51 DallasTemperature sensors1(&ourWire1);
52 DallasTemperature sensors2(&ourWire2); // es el que estoy utlizando
53 //para poder reducir
54 //----- Variables para el contador -----
55 int seleccion = 0; // 0 para pH, 1 para temperatura
56 int pH=2;
57 int temperatura=25;
58 //Las variables que se tienen declaradas, son:
59 String t1 = "t1"; // Temperatura DS18B20
60 String t2 = "t2";// Temperatura DS18B20
61 String hr = "hr";// Sensor de PH
62
63 void setup()
64 {
65 Serial.begin(9600);
66
67 //-----Configuracion de salidas de mis pulsadores-----
68 pinMode(PULSADOR1,INPUT_PULLUP); // pi a
69 pinMode(PULSADOR2,INPUT_PULLUP); // panela
70 pinMode(PULSADOR3,INPUT_PULLUP); // personalizado
71 //-----Codigo para configurar el + y - del modo configurable -----
72 pinMode(BOTON_UP, INPUT_PULLUP);
73   pinMode(BOTON_DOWN, INPUT_PULLUP);
74   pinMode(BOTON_SELECT, INPUT_PULLUP);
75 //-----Codigo para las salidas de la bomba y peltier -----
76 pinMode(S1, OUTPUT); // Bomba de agua
77 pinMode(S2, OUTPUT); // Placas peltier
78 //-----codigo de la pura lcd -----
79 lcd.init();
80 lcd.backlight();
81 //-----Inicializar sensores -----
82   sensors1.begin();
83   sensors2.begin();
84 // Inicializa el sensor de pH
85   ph.begin();

```

```

86 // Inicializa la tarjeta SD
87 if (!SD.begin(chipSelect)) {
88     Serial.println("Error al inicializar la tarjeta SD.");
89     return;
90 }
91 Serial.println("Tarjeta SD inicializada correctamente.");
92 Serial.println("DFRobot pH meter example");
93 }
94
95 float previousPhValue = 14.5; // Establecer un valor de pH inicial
96
97 // Declara variables globales para almacenar el estado de los rel s
98 bool s1EstadoPrevio = LOW;
99 bool s2EstadoPrevio = LOW;
100 unsigned long lastPHWrite = 0; // Variable de tiempo para la escritura del pH
101 unsigned long lastTempWrite = 0; // Variable de tiempo para la escritura de la
    temperatura
102 unsigned long lastTempWrite = 0; // Variable de tiempo para la escritura de la
    temperatura ambiente
103 unsigned long lastTiempWrite = 0; // Variable de tiempo para la escritura de la
    tiempo
104
105 void loop()
106 {
107     //-----SOLO PH INICIAR-----
108     static unsigned long timepoint = millis();
109     if(millis()-timepoint>1000){ //time interval: 1s
110         timepoint = millis();
111         //temperature = readTemperature(); // read your temperature
        sensor to execute temperature compensation
112         voltage = analogRead(PH_PIN)/1024.0*5000; // read the voltage
113         pHValue = ph.readPH(voltage,temperature); // convert voltage to pH
        with temperature compensation
114         miNumeroReal= 7 -(pHValue - 8);
115     }
116     ph.calibration(voltage,temperature); // calibration process by
        Serail CMD
117     previousPhValue = pHValue;
118     // Realiza una lectura de temperatura
119     sensors2.requestTemperatures();
120     // Obtiene y muestra la temperatura
121     float temperatureC = sensors2.getTempCByIndex(0);
122     delay(1000);
123     lcd.setCursor(0, 0);
124     lcd.print("SELECCIONAR");
125     lcd.setCursor(0, 1);
126     lcd.print("----> TIPO <---");
127
128     //-----Codigo para la seleccion de la pi a -----
129     int estado = digitalRead(PULSADOR1);
130
131     if(estado == LOW){
132         unsigned long tiempoActual = millis();
133     //-----IMPRIMIR EN MONITOR-----

```

```

134 lcd.clear();
135 lcd.setCursor(0, 0);
136 lcd.print("FERMENTANDO");
137 lcd.setCursor(0, 1);
138 lcd.print("----> PINA <----");
139 delay(1000);
140 lcd.clear();
141 lcd.setCursor(0, 0);
142 lcd.print("^C--27 pH:4");
143 Serial.println("fermentando -- PI A");
144 Serial.println("^C--27 pH:4.67");
145 delay(1300);
146 //Codigo de condiciones S1= Bomba y S2=Placas peltier
147 if(temperatureC > 27){ // Ajuste de temperatura pi a
148   lcd.clear();
149   lcd.setCursor(0, 0);
150   lcd.print("Te: DENTRO DEL RANGO");
151   lcd.setCursor(0, 1);
152   lcd.print(temperatureC);
153   delay(1500);
154   digitalWrite(S1, HIGH); //original HIGH
155   digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
156   Serial.println("Temp :"); // Esta es la parte nueva
157   Serial.println(S2);
158   Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
159   delay(1500);
160   if(miNumeroReal < 4.5){ // PH IDEAL
161     digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
162     digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
163     lcd.clear();
164     lcd.setCursor(0, 0);
165     lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
166     lcd.setCursor(0, 1);
167     lcd.print(miNumeroReal);
168     delay(1500);
169     Serial.println("pH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
170     Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
171     delay(1500);
172   } else {
173     lcd.clear();
174     lcd.setCursor(0, 0);
175     lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
176     lcd.setCursor(0, 1);
177     lcd.print(miNumeroReal);
178     delay(1500);
179   }
180 } else {
181   digitalWrite(S1, HIGH); //Original HIGH
182   digitalWrite(S2, HIGH); //Original HIGH
183   Serial.println(S2);
184   lcd.clear();
185   lcd.setCursor(0, 0);
186   lcd.print("Te: EN AUMENTO");
187   lcd.setCursor(0, 1);

```

```

188 lcd.print(temperatureC);
189 delay(1500);
190   Serial.println("Temp EN AUMENTO:"); // Esta es la parte nueva
191   Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
192   delay(1500);
193   if(miNumeroReal < 4.5){ // PH IDEAL
194     digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
195     digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
196     lcd.clear();
197     lcd.setCursor(0, 0);
198 lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
199 lcd.setCursor(0, 1);
200 lcd.print(miNumeroReal);
201 delay(1500);
202   Serial.println("pH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
203   Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
204   delay(100);
205   } else {
206     lcd.clear();
207     lcd.setCursor(0, 0);
208     lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
209     lcd.setCursor(0, 1);
210     lcd.print(miNumeroReal);
211     delay(100);
212   }
213   }
214   // Actualiza el estado de los rel s previo
215   s1EstadoPrevio = digitalRead(S1);
216   s2EstadoPrevio = digitalRead(S2);
217
218 Serial.println(sensors1.getTempCByIndex(0)); //Sensor te temperatura ambiente
219
220 delay(300);
221 if (tiempoActual - lastPHWrite >= intervaloDeEscrituraPH) {
222   // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
223     lastPHWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
     escritura
224 // Abre el archivo para escritura
225   dataFile = SD.open("PINAPH.txt", FILE_WRITE);
226
227 if (dataFile) {
228 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD
     -----
229 dataFile.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
230 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD
     -----
231 //Serial.flush();
232 dataFile.close();
233 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
234 }
235 }
236 delay(100);
237
238 if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {

```

```

239 // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
240     lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
        escritura
241 // Abre el archivo para escritura
242     dataFileHalfHourly = SD.open("PINATE.txt", FILE_WRITE);
243     if (dataFileHalfHourly) {
244 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
245 dataFileHalfHourly.println(temperatureC);
246 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
247 dataFileHalfHourly.close();
248 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
249 }
250 }
251 delay(200);
252
253 if (tiempoActual - lastTiempWrite >= intervaloDeEscrituraTiemp) {
254 // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
255     lastTiempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
        escritura
256 // Abre el archivo para escritura
257     dataFileHalfHourly = SD.open("PINATIE.txt", FILE_WRITE);
258     if (dataFileHalfHourly) {
259 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
260 dataFileHalfHourly.println(digitalRead(S2) == HIGH ? "HIGH" : "LOW");
261 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
262 dataFileHalfHourly.close();
263 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
264 }
265 }
266 if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {
267 // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
268     lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
        escritura
269 // Abre el archivo para escritura
270     dataFileHalfHourly = SD.open("PINATPP.txt", FILE_WRITE);
271     if (dataFileHalfHourly) {
272 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
273 dataFileHalfHourly.println(sensors1.getTempCByIndex(0));
274 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
275 dataFileHalfHourly.close();
276 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
277 }
278 }
279 }
280 // Si no se presiona el pulsador, mant n los rel s en su estado previo
281     digitalWrite(S1, s1EstadoPrevio);
282     digitalWrite(S2, s2EstadoPrevio);
283 //-----Codigo para la seleccion del piloncillo -----
284
285 int estados = digitalRead(PULSADOR2);
286
287 if(estados == LOW){
288     unsigned long tiempoActual = millis();
289 //-----IMPRIMIR EN MONITOR-----

```

```

290 lcd.clear();
291 lcd.setCursor(0, 0);
292 lcd.print("FERMENTANDO");
293 lcd.setCursor(0, 1);
294 lcd.print("----> PANELA <----");
295 delay(1300);
296 lcd.clear();
297 lcd.setCursor(0, 0);
298 lcd.print("^C--28 pH:4");
299 Serial.println("fermentando--PILON");
300 Serial.println("^C--28 pH:4");
301 delay(1300);
302 //-----ESPERAR 4 SEGUNDOS ANTES DE PASAR A LA SIGUIENTE OPERACION
    -----
303 //Codigo de condiciones S1= Bomba y S2=Placas peltier
304 if(temperatureC > 28){ // Ajuste de temperatura pi a
305   lcd.clear();
306   lcd.setCursor(0, 0);
307   lcd.print("Te: DENTRO DEL RANGO");
308   lcd.setCursor(0, 1);
309   lcd.print(temperatureC);
310   delay(1300);
311   digitalWrite(S1, HIGH); //original HIGH
312   digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
313   Serial.println("Temp :"); // Esta es la parte nueva
314   Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
315   delay(1000);
316   if(miNumeroReal < 4.3){ // PH IDEAL
317     digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
318     digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
319     lcd.clear();
320     lcd.setCursor(0, 0);
321     lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
322     lcd.setCursor(0, 1);
323     lcd.print(miNumeroReal);
324     delay(1000);
325     Serial.println("pH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
326     Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
327     delay(100);
328   } else {
329     lcd.clear();
330     lcd.setCursor(0, 0);
331     lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
332     lcd.setCursor(0, 1);
333     lcd.print(miNumeroReal);
334     delay(1000);
335   }
336 } else{
337   digitalWrite(S1, HIGH); //Original HIGH
338   digitalWrite(S2, HIGH); //Original HIGH
339   lcd.clear();
340   lcd.setCursor(0, 0);
341   lcd.print("Te: EN AUMENTO");
342   lcd.setCursor(0, 1);

```

```

343 lcd.print(temperatureC);
344 delay(1000);
345     Serial.println("Temp EN AUMENTO:"); // Esta es la parte nueva
346     Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
347     delay(100);
348     if(miNumeroReal < 4.3){ // PH IDEAL
349         digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
350         digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
351         lcd.clear();
352         lcd.setCursor(0, 0);
353 lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
354 lcd.setCursor(0, 1);
355 lcd.print(miNumeroReal);
356 delay(1000);
357     Serial.println("pH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
358     Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
359     delay(100);
360     } else {
361         lcd.clear();
362         lcd.setCursor(0, 0);
363         lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
364         lcd.setCursor(0, 1);
365         lcd.print(miNumeroReal);
366         delay(1000);
367     }
368     }
369     // Actualiza el estado de los rel s previo
370     s1EstadoPrevio = digitalRead(S1);
371     s2EstadoPrevio = digitalRead(S2);
372 Serial.println(sensors1.getTempCByIndex(0)); //Sensor de temperatura ambiente
373
374
375 delay(1000);
376     if (tiempoActual - lastPHWrite >= intervaloDeEscrituraPH) {
377         // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en
378         dataFileHalfHourly
379         lastPHWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
380         escritura
381 // Abre el archivo para escritura
382 dataFile = SD.open("PILONPH.txt", FILE_WRITE);
383 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
384 dataFile.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
385 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
386 //Serial.flush();
387 dataFile.close();
388 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
389 }
390 delay(1000);
391 if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {
392     // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en
393     dataFileHalfHourly
394     lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
395     escritura
396 // Abre el archivo para escritura

```

```

393  dataFile = SD.open("PILONTE.txt", FILE_WRITE);
394  //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
395  dataFile.println(temperatureC);
396  //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
397  dataFile.close();
398  Serial.println("Datos escritos correctamente.");
399  }
400  delay(1000);
401
402  if (tiempoActual - lastTiempWrite >= intervaloDeEscrituraTiemp) {
403    // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
404      lastTiempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
      escritura
405    // Abre el archivo para escritura
406    dataFileHalfHourly = SD.open("PILONTIE.txt", FILE_WRITE);
407    if (dataFileHalfHourly) {
408    //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
409    dataFileHalfHourly.println(digitalRead(S2)== HIGH ? "HIGH" : "LOW");
410    //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
411    dataFileHalfHourly.close();
412    Serial.println("Datos escritos correctamente.");
413  }
414  }
415  if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {
416    // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
417      lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
      escritura
418    // Abre el archivo para escritura
419    dataFileHalfHourly = SD.open("PILONTPP.txt", FILE_WRITE);
420    if (dataFileHalfHourly) {
421    //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
422    dataFileHalfHourly.println(sensors1.getTempCByIndex(0));
423    //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
424    dataFileHalfHourly.close();
425    Serial.println("Datos escritos correctamente.");
426  }
427  }
428  }
429  //-----Codigo para personalizar datos -----
430
431  int estadoss = digitalRead(PULSADOR3);
432
433  if(estadoss == LOW){
434    unsigned long tiempoActual = millis();
435    //-----IMPRIMIR EN MONITOR-----
436    lcd.clear();
437    lcd.setCursor(0,0);
438    lcd.print("FERMENTANDO");
439    lcd.setCursor(0, 1);
440    lcd.print("----> PERSONALIZADO <----");
441    delay(1300);
442    lcd.clear();
443    lcd.setCursor(0, 0);
444    lcd.print("^C-- pH:");

```

```

445 delay(1000);
446 Serial.println("fermentando -- custom");
447 Serial.println("^C-- pH:");
448 Serial.println("Set Temp = ");
449 delay(1000);
450 Serial.println(temperatura);
451 Serial.println("Set pH = ");
452 Serial.println(pH);
453 delay(1000);
454 //Codigo de condiciones S1= Bomba y S2=Placas peltier
455 //-----SI EL PH LLEGA A SU PUNTO QUE HACE-----
456 //Codigo de condiciones S1= Bomba y S2=Placas peltier
457 if(temperatureC > temperatura){ // Ajuste de temperatura pi a
458   lcd.clear();
459   lcd.setCursor(0, 0);
460   lcd.print("Te: DENTRO DEL RANGO");
461   lcd.setCursor(0, 1);
462   lcd.print(temperatureC);
463   delay(1300);
464   digitalWrite(S1, HIGH); //original HIGH
465   digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
466   Serial.println("Temp :"); // Esta es la parte nueva
467   Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
468   delay(100);
469   if(miNumeroReal < pH){ // PH IDEAL
470     digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
471     digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
472     lcd.clear();
473     lcd.setCursor(0, 0);
474     lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
475     lcd.setCursor(0, 1);
476     lcd.print(miNumeroReal);
477     delay(100);
478     Serial.println("pH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
479     Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
480     delay(100);
481   } else {
482     lcd.clear();
483     lcd.setCursor(0, 0);
484     lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
485     lcd.setCursor(0, 1);
486     lcd.print(miNumeroReal);
487     delay(100);
488   }
489 } else {
490   digitalWrite(S1, HIGH); //Original HIGH
491   digitalWrite(S2, HIGH); //Original HIGH
492   lcd.clear();
493   lcd.setCursor(0, 0);
494   lcd.print("Te: EN AUMENTO");
495   lcd.setCursor(0, 1);
496   lcd.print(temperatureC);
497   delay(100);
498   Serial.println("Temp EN AUMENTO:"); // Esta es la parte nueva

```

```

499     Serial.println(temperatureC); // Esta es la parte nueva
500     delay(100);
501     if(miNumeroReal < pH){ // PH IDEAL
502         digitalWrite(S1, LOW); //original HIGH
503         digitalWrite(S2, LOW); //Original HIGH
504         lcd.clear();
505         lcd.setCursor(0, 0);
506     lcd.print("pH:DENTRO DEL RANGO");
507     lcd.setCursor(0, 1);
508     lcd.print(miNumeroReal);
509     delay(1000);
510         Serial.println("PH IDEAL"); // Esta es la parte nueva
511         Serial.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
512         delay(100);
513     } else {
514         lcd.clear();
515         lcd.setCursor(0, 0);
516         lcd.print("pH:FUERA DE RANGO");
517         lcd.setCursor(0, 1);
518         lcd.print(miNumeroReal);
519         delay(100);
520     }
521     }
522     // Actualiza el estado de los rel s previo
523     s1EstadoPrevio = digitalRead(S1);
524     s2EstadoPrevio = digitalRead(S2);
525
526     Serial.println(sensors1.getTempCByIndex(0)); //Sensor te temperatura
    ambiente
527
528 if (tiempoActual - lastPHWrite >= intervaloDeEscrituraPH) {
529     // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en
    dataFileHalfHourly
530     lastPHWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
    escritura
531 // Abre el archivo para escritura
532     dataFile = SD.open("PERSOPH.txt", FILE_WRITE);
533 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD
    -----
534 dataFile.println(miNumeroReal); // Esta es la parte nueva
535 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD
    -----
536 //Serial.flush();
537 dataFile.close();
538 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
539 }
540 delay(1000);
541 if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {
542     // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en
    dataFileHalfHourly
543     lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
    escritura
544 // Abre el archivo para escritura
545     dataFile = SD.open("PERSOTE.txt", FILE_WRITE);

```

```

546 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
547 dataFile.println(temperatureC);
548 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
549 dataFile.close();
550 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
551 }
552 delay(1000);
553
554 if (tiempoActual - lastTiempWrite >= intervaloDeEscrituraTiemp) {
555     // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
556     lastTiempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
        escritura
557 // Abre el archivo para escritura
558 dataFileHalfHourly = SD.open("PERSOTIE.txt", FILE_WRITE);
559 if (dataFileHalfHourly) {
560 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
561 dataFileHalfHourly.println(digitalRead(S2) == HIGH ? "HIGH" : "LOW");
562 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
563 dataFileHalfHourly.close();
564 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
565 }
566 }
567 if (tiempoActual - lastTempWrite >= intervaloDeEscrituraTemp) {
568     // Si ha pasado media hora desde la ltima escritura en dataFileHalfHourly
569     lastTempWrite = tiempoActual; // Actualiza el tiempo de la ltima
        escritura
570 // Abre el archivo para escritura
571 dataFileHalfHourly = SD.open("PERSOTEPP.txt", FILE_WRITE);
572 if (dataFileHalfHourly) {
573 //-----GUARDAR INFORMACION IMPRESA EN MICRO SD-----
574 dataFileHalfHourly.println(sensors1.getTempCByIndex(0));
575 //-----CERRAR DOCUMENTO ESCRITO EN MICRO SD-----
576 dataFileHalfHourly.close();
577 Serial.println("Datos escritos correctamente.");
578 }
579 }
580 }
581 //-----CAMBIAR EL PH-----
582 // Cambiar la selecci n (pH o temperatura)
583 if (digitalRead(BOTON_SELECT) == LOW) {
584     seleccion = 1 - seleccion; // Alternar entre 0 y 1
585     lcd.clear();
586     lcd.setCursor(0, 0);
587     lcd.print("Seleccion: ");
588     lcd.print(seleccion == 0 ? "pH" : "Temp");
589     delay(2000); // Espera breve para evitar m ltiples cambios al presionar
        el bot n
590 }
591 // Cambiar el valor seg n la selecci n
592 if (seleccion == 0) {
593     // Cambiar el pH
594     if (digitalRead(BOTON_UP) == LOW) {
595         pH++;
596         lcd.clear();

```

```
597     lcd.setCursor(0, 1);
598     lcd.print("Set pH = ");
599     // lcd.print(miNumeroReal);
600     lcd.print(pH);
601     delay(500);
602     }
603     if (digitalRead(BOTON_DOWN) == LOW) {
604         pH--;
605
606         lcd.clear();
607         lcd.setCursor(0, 1);
608         lcd.print("Set pH = ");
609         // lcd.print(miNumeroReal);
610         lcd.print(pH);
611         delay(500);
612     }
613 }
614 else {
615     // Cambiar la temperatura
616     if (digitalRead(BOTON_UP) == LOW) {
617         temperatura++;
618         lcd.clear();
619         lcd.setCursor(0, 1);
620         lcd.print("Set Temp = ");
621         lcd.print(temperatura);
622         delay(500);
623     }
624     if (digitalRead(BOTON_DOWN) == LOW) {
625         temperatura--;
626
627         lcd.clear();
628         lcd.setCursor(0, 1);
629         lcd.print("Set Temp = ");
630         lcd.print(temperatura);
631         delay(1000);
632     }
633 }
634 delay(500); // Peque o retraso para la estabilidad
635 }
```

Anexo B

Tablas de datos

Tabla 2.1. Tabla de datos obtenidos de la fermentación de piña.

Fermentación de piña						
k	$pH(t_k)$	pH_{ref}	$Te(t_k)$	Te_{ref}	Peltier on/off	t_k (min)
1	5.19	4.5	24.69	27	HIGH	2
2	5.22	4.5	24.87	27	HIGH	4
3	5.3	4.5	25.06	27	HIGH	6
4	5.19	4.5	25.19	27	HIGH	8
5	5.27	4.5	25.25	27	HIGH	10
6	5.27	4.5	25.31	27	HIGH	12
7	5.22	4.5	25.56	27	HIGH	14
8	5.27	4.5	25.69	27	HIGH	16
9	5.24	4.5	25.81	27	HIGH	18
10	5.22	4.5	26.06	27	HIGH	20
11	5.3	4.5	26.25	27	HIGH	22
12	5.19	4.5	26.44	27	HIGH	24
13	5.16	4.5	26.69	27	HIGH	26
14	5.22	4.5	26.62	27	HIGH	28
15	5.11	4.5	26.81	27	HIGH	30
16	5.22	4.5	26.94	27	HIGH	32
17	4.94	4.5	27.06	27	LOW	34
18	4.89	4.5	27.31	27	LOW	36
19	4.94	4.5	27.06	27	LOW	38
20	5	4.5	27.19	27	LOW	40
21	5.22	4.5	27	27	HIGH	42
22	5.02	4.5	27.19	27	LOW	44
23	4.97	4.5	27.06	27	LOW	46
24	5.22	4.5	27.06	27	LOW	48
25	5.22	4.5	27.06	27	LOW	50
26	5.08	4.5	27.06	27	LOW	52
27	5.08	4.5	27.12	27	LOW	54
28	5.08	4.5	27.12	27	LOW	56
29	5.05	4.5	27.12	27	LOW	58
30	5.13	4.5	27.12	27	LOW	60
31	5.08	4.5	27.12	27	LOW	62
32	5.11	4.5	27.12	27	LOW	64
33	5.11	4.5	27.19	27	LOW	66
34	5.13	4.5	27.25	27	LOW	68
35	5.11	4.5	27.25	27	LOW	70
36	5.13	4.5	27.19	27	LOW	72
37	5.16	4.5	27.19	27	LOW	74
38	5.24	4.5	27.19	27	LOW	76
39	5.24	4.5	27.25	27	LOW	78
40	5.22	4.5	27.25	27	LOW	80
41	5.13	4.5	27.31	27	LOW	82
42	5.24	4.5	27.31	27	LOW	84
43	5.19	4.5	27.25	27	LOW	86
44	5.19	4.5	27.31	27	LOW	88
45	5.27	4.5	27.31	27	LOW	90
46	5.24	4.5	27.31	27	LOW	92
47	5.3	4.5	27.31	27	LOW	94
48	5.24	4.5	27.31	27	LOW	96
49	5.3	4.5	27.37	27	LOW	98
50	5.24	4.5	27.37	27	LOW	100

Tabla 2.2. Tabla de datos obtenidos de la fermentación de panela.

Fermentación de panela						
k	$pH(t_k)$	pH_{ref}	$Te(t_k)$	Te_{ref}	Peltier on/off	t_k (min)
1	7.66	4.3	25.06	28	HIGH	2
2	7.58	4.3	25.19	28	HIGH	4
3	7.47	4.3	25.31	28	HIGH	6
4	7.42	4.3	25.5	28	HIGH	8
5	7.42	4.3	25.62	28	HIGH	10
6	7.36	4.3	25.75	28	HIGH	12
7	7.33	4.3	25.87	28	HIGH	14
8	7.33	4.3	26	28	HIGH	16
9	7.28	4.3	26.19	28	HIGH	18
10	7.33	4.3	26.25	28	HIGH	20
11	7.25	4.3	26.44	28	HIGH	22
12	7.31	4.3	26.62	28	HIGH	24
13	7.2	4.3	26.69	28	HIGH	26
14	7.22	4.3	26.81	28	HIGH	28
15	7.2	4.3	26.87	28	HIGH	30
16	7.17	4.3	27.12	28	HIGH	32
17	7.14	4.3	27.12	28	HIGH	34
18	7.11	4.3	27.25	28	HIGH	36
19	7.09	4.3	27.37	28	HIGH	38
20	7.09	4.3	27.5	28	HIGH	40
21	7.06	4.3	27.62	28	HIGH	42
22	6.98	4.3	27.75	28	HIGH	44
23	6.95	4.3	27.81	28	HIGH	46
24	6.92	4.3	28	28	HIGH	48
25	6.73	4.3	28	28	HIGH	50
26	6.73	4.3	28.06	28	LOW	52
27	6.7	4.3	28.06	28	LOW	54
28	6.65	4.3	28.06	28	LOW	56
29	6.7	4.3	28.06	28	LOW	58
30	6.67	4.3	28.06	28	LOW	60
31	6.67	4.3	28.06	28	LOW	62
32	6.56	4.3	28.12	28	LOW	64
33	6.56	4.3	28.12	28	LOW	66
34	6.56	4.3	28.19	28	LOW	68
35	6.51	4.3	28.25	28	LOW	70
36	6.62	4.3	28.19	28	LOW	72
37	6.56	4.3	28.19	28	LOW	74
38	6.48	4.3	28.19	28	LOW	76
39	6.54	4.3	28.19	28	LOW	78
40	6.45	4.3	28.19	28	LOW	80
41	6.43	4.3	28.25	28	LOW	82
42	6.43	4.3	28.25	28	LOW	84
43	6.37	4.3	28.25	28	LOW	86
44	6.34	4.3	28.25	28	LOW	88
45	6.4	4.3	28.25	28	LOW	90
46	6.4	4.3	28.25	28	LOW	92
47	6.37	4.3	28.25	28	LOW	94
48	6.34	4.3	28.25	28	LOW	96
49	6.37	4.3	28.31	28	LOW	98
50	6.26	4.3	28.31	28	LOW	100

Tabla 2.3. Tabla de datos obtenidos de la fermentación de panela # 2.

Fermentación de panela #2							
k	T(amb)	Te(ref)	pH(tk)	pH(ref)	Te(tk)	Peltier on/off	tk(min.)
1	28.5	28	6.95	4.3	25.56	LOW	2
2	28.56	28	6.56	4.3	25.81	LOW	4
3	28.5	28	6.51	4.3	26	LOW	6
4	28.44	28	6.51	4.3	26.25	LOW	8
5	28.5	28	6.48	4.3	26.44	LOW	10
6	28.56	28	6.51	4.3	26.69	LOW	12
7	28.44	28	6.48	4.3	26.81	LOW	14
8	28.5	28	6.48	4.3	27.06	LOW	16
9	28.56	28	6.48	4.3	27.31	LOW	18
10	28.62	28	6.4	4.3	27.5	LOW	20
11	28.56	28	6.43	4.3	27.69	LOW	22
12	28.75	28	6.37	4.3	27.87	LOW	24
13	28.75	28	6.04	4.3	28.12	LOW	26
14	28.69	28	6.07	4.3	28.12	LOW	28
15	28.81	28	6.07	4.3	28.19	LOW	30
16	28.87	28	6.07	4.3	28.19	LOW	32
17	28.94	28	6.07	4.3	28.25	LOW	34
18	28.87	28	6.04	4.3	28.31	LOW	36
19	28.94	28	6.01	4.3	28.31	LOW	38
20	29.31	28	5.99	4.3	28.44	LOW	40
21	29.25	28	6.1	4.3	28.44	LOW	42
22	29.25	28	6.01	4.3	28.5	LOW	44
23	29.31	28	5.96	4.3	28.5	LOW	46
24	29.31	28	5.96	4.3	28.56	LOW	48
25	29.25	28	5.93	4.3	28.56	LOW	50
26	29.31	28	5.96	4.3	28.62	LOW	52
27	29.37	28	5.93	4.3	28.62	LOW	54
28	29.25	28	5.96	4.3	28.69	LOW	56
29	29.31	28	5.93	4.3	28.75	LOW	58
30	29.5	28	5.9	4.3	28.75	LOW	60
31	29.44	28	5.99	4.3	28.81	LOW	62
32	29.44	28	5.93	4.3	28.87	LOW	64
33	29.31	28	5.93	4.3	28.94	LOW	66
34	29.44	28	5.88	4.3	28.94	LOW	68
35	29.44	28	5.85	4.3	29	LOW	70
36	29.56	28	5.88	4.3	29	LOW	72
37	29.62	28	5.88	4.3	29.06	LOW	74
38	29.56	28	5.79	4.3	29.06	LOW	76
39	29.62	28	5.85	4.3	29.19	LOW	78
40	29.75	28	5.85	4.3	29.19	LOW	80
41	29.81	28	5.77	4.3	29.25	LOW	82
42	29.75	28	5.74	4.3	29.31	LOW	84
43	29.81	28	5.79	4.3	29.31	LOW	86
44	29.87	28	5.71	4.3	29.37	LOW	88
45	29.94	28	5.77	4.3	29.37	LOW	90
46	29.81	28	5.77	4.3	29.44	LOW	92
47	29.81	28	5.77	4.3	29.5	LOW	94
48	29.81	28	5.68	4.3	29.56	LOW	96
49	29.87	28	5.74	4.3	29.62	LOW	98
50	29.94	28	5.68	4.3	29.62	LOW	100

Tabla 2.4. Tabla de datos obtenidos de la fermentación de manzana.

Fermentación de manzana						
k	$pH(t_k)$	pH_{ref}	$Te(t_k)$	Te_{ref}	Peltier on/off	t_k (min)
1	8.6	4.2	26.94	28	HIGH	2
2	8.49	4.2	27.19	28	HIGH	4
3	8.43	4.2	27.62	28	HIGH	6
4	8.24	4.2	27.5	28	HIGH	8
5	8.13	4.2	27.81	28	HIGH	10
6	8.05	4.2	28	28	HIGH	12
7	7.83	4.2	28.25	28	LOW	14
8	7.64	4.2	28.06	28	LOW	16
9	7.64	4.2	28.06	28	LOW	18
10	7.55	4.2	28.12	28	LOW	20
11	7.53	4.2	28.12	28	LOW	22
12	7.44	4.2	28.19	28	LOW	24
13	7.44	4.2	28.19	28	LOW	26
14	7.36	4.2	28.19	28	LOW	28
15	7.33	4.2	28.25	28	LOW	30
16	7.25	4.2	28.25	28	LOW	32
17	7.28	4.2	28.25	28	LOW	34
18	7.25	4.2	28.37	28	LOW	36
19	7.2	4.2	28.37	28	LOW	38
20	7.14	4.2	28.44	28	LOW	40
21	7.14	4.2	28.44	28	LOW	42
22	7.06	4.2	28.44	28	LOW	44
23	7.06	4.2	28.5	28	LOW	46
24	7.03	4.2	28.5	28	LOW	48
25	6.98	4.2	28.56	28	LOW	50
26	6.92	4.2	28.56	28	LOW	52
27	6.95	4.2	28.62	28	LOW	54
28	6.87	4.2	28.62	28	LOW	56
29	6.84	4.2	28.69	28	LOW	58
30	6.76	4.2	28.69	28	LOW	60
31	6.76	4.2	28.75	28	LOW	62
32	6.76	4.2	28.75	28	LOW	64
33	6.73	4.2	28.81	28	LOW	66
34	6.7	4.2	28.81	28	LOW	68
35	6.65	4.2	28.87	28	LOW	70
36	6.62	4.2	28.87	28	LOW	72
37	6.59	4.2	28.94	28	LOW	74
38	6.65	4.2	28.94	28	LOW	76
39	6.56	4.2	29	28	LOW	78
40	6.59	4.2	28.94	28	LOW	80
41	6.54	4.2	29	28	LOW	82
42	6.51	4.2	29.06	28	LOW	84
43	6.43	4.2	29.06	28	LOW	86
44	6.4	4.2	29.06	28	LOW	88
45	6.4	4.2	29.12	28	LOW	90
46	6.37	4.2	29.12	28	LOW	92
47	6.37	4.2	29.19	28	LOW	94
48	6.4	4.2	29.19	28	LOW	96
49	6.29	4.2	29.19	28	LOW	98
50	6.32	4.2	29.25	28	LOW	100

Anexo C

Artículos publicados



Análisis de los diferentes métodos para la elaboración de bebida de frutas fermentadas con kéfir.

Tlaloc González Sánchez * Carlos Manuel Astorga Zaragoza * Gloria Lilia Osorio Gordillo *

* Tecnológico Nacional de México/CENIDET, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, Cuernavaca, Mor. México.
e-mail: m22ce076@cenidet.tecnm.mx

Problemática en la elaboración de tepache



Tiempo



Glucosa



Daño estomacal

Temperatura ambiente



Motivación



Reducción de tiempo

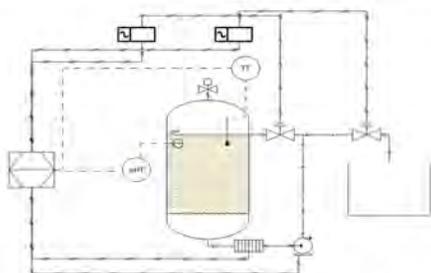


Mejora la flora intestinal.



Prevención de enfermedades

Objetivo



Controlar y supervisar la temperatura y pH, para estandarizar el proceso de producción de los diversos tipos de bebidas fermentadas.

Propuesta de solución

Automatizar el proceso de fermentación de tepache con kéfir, por medio de un sistema de control, supervisando las variables de proceso y reduciendo así el periodo de producción de la bebida, tomando en consideración las normas NMX-F-436-SCFI-2011 Y NOM.110.SSA1.1994, las cuales son aplicables a los procesos de fermentación.

Resultados

Fermentado de frutas	pH	Hrs. De fermentación	Temperatura °C
Manzana	3.8	72	25
Piña	4.6	48	36
Mango	4.5	24	30
Fresa	3.8	72	25
Mora	3.8	72	25

Conclusiones

El proceso de fermentación en materia de desarrollo tecnológico; la automatización aún no está establecida, los usuarios dependen de la temperatura ambiente y de resultados no uniformes, en glucosa y acidez.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT por el apoyo económico a través de la beca estudiantil.

Bibliografía

Jawad, A.H., Alkarkhi, A.F., Jason, O.C., Easa, A.M., and Norulaini, N.N. (2013). Production of the lactic acid from mango peel waste-factorial experiment. Journal of King Saud University-Science, 25(1), 39-45.

López-Rojo, J., García-Pinilla, S., Hernández-Sánchez, H., and Cornejo-Mazón, M. (2017). Estudio de la fermentación de kéfir de agua de piña con tibicos. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 16(2), 405- 414.

* Diploma por haber obtenido el primer lugar etapa nacional INNOVATECNM 2023



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PUEBLA
OTORGAN EL PRESENTE**

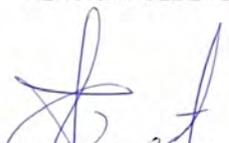
DIPLOMA

A

TLALOC GONZÁLEZ SÁNCHEZ

POR HABER OBTENIDO EL PRIMER LUGAR
DE LA CATEGORÍA INDUSTRIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (POSGRADO)
PRESENTANDO EL PROYECTO TEPATECH, EN LA
**CUMBRE NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN,
INNOVATECNM 2023
ETAPA NACIONAL**

CELEBRADO DEL 7 AL 10 DE NOVIEMBRE
HERÓICA PUEBLA DE ZARAGOZA, PUEBLA A 10 DE NOVIEMBRE DE 2023



ANDREA YADIRA
ZARATE FUENTES

**SECRETARIA DE EXTENSIÓN
Y VINCULACIÓN**



YEYETZIN
SANDOVAL GONZÁLEZ

**DIRECTORA DEL
IT DE PUEBLA**



Financial Feasibility Study of a Home Fermenter Appliance Using the Canvas Model

Tlalo González Sánchez*, Irvin David Velásquez Mora*,
Reynaldo Angel Serrano Cruz*,
María Fernanda De Jesús Ramírez*, Yen Ventura González*,
Gloria Lilia Osorio Gordillo*,
Carlos Manuel Astorga Zaragoza*

* Tecnológico Nacional de México/CENIDET, Interior Internado
Palmira S/N, Col. Palmira, Cuernavaca, Mor. México.
E-mail: m22ce076@cenidet.tecnm.mx

Abstract: The development of a business model involves addressing a wide range of aspects to validate the profitability of a product or service. However, the use of the Canvas canvas offers a methodology that condenses these ideas into general concepts to achieve the same goal by focusing on identifying the company's approach and value proposition for the market. The combination of financial feasibility with the Canvas canvas aims to break down the nine blocks of the model with detailed financial analysis information. The methodology involves associating each block of the canvas with financial feasibility topics, thus achieving a detailed and segmented business model by blocks to understand the meaning of each section. To illustrate the utility of this technique in the development of initial projects, a financial feasibility study was conducted on a home fermenter. This practical case demonstrates the effectiveness of this combination in evaluating the feasibility of seed projects.

Keywords: Canvas, Financial feasibility, Fermenter, Appliance, Methodology, Financial analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Un modelo de negocios es una herramienta esencial para cualquier emprendedor o empresario que desee iniciar o mejorar su empresa. En términos simples, un modelo de negocios es una descripción de cómo una empresa crea, entrega y capta valor (Osterwalder et al., 2015). En otras palabras, es la forma en que una empresa genera ingresos y beneficios.

Por otro lado, la evaluación de la viabilidad financiera ofrece una perspectiva más rigurosa y basada en datos cuantitativos sobre la rentabilidad de la empresa (Martín et al., 2010). Este análisis se centra en números tangibles, proyecciones financieras y otros indicadores clave que fundamentan la sostenibilidad económica de la operación (Martín et al., 2010).

Sin embargo, para una evaluación inicial de la rentabilidad de la empresa, desglosar la viabilidad financiera en los mismos nueve bloques del lienzo Canvas, revela una herramienta más efectiva y completa (Tabla: 1), ya que combina la visión conceptual proporcionada por el lienzo Canvas con el rigor financiero de la evaluación de viabilidad.

En un caso práctico esta combinación se aplicó un análisis a un fermentador electrodoméstico. Al desglosar los nueve bloques del lienzo Canvas y evaluar la viabilidad financiera

en cada uno de ellos, se logró demostrar de manera concreta y cuantitativa que el producto tiene un potencial sólido para ser lanzado al mercado. Las proyecciones y propuestas respaldadas por datos numéricos respaldan la certeza de que el producto será bien recibido por parte de los consumidores y, por tanto, representa una oportunidad de negocio viable y atractiva.

Aspecto	Business Model Canvas	Análisis de Viabilidad Financiera
Enfoque Principal	Descripción del modelo de negocio en términos generales y visuales.	Evaluación de la sostenibilidad financiera del proyecto o empresa.
Áreas Clave	9 bloques clave que cubren aspectos como propuesta de valor, segmentos de clientes, canales de distribución, etc.	Enfoque en estados financieros clave como ingresos, costos, beneficios, flujos de efectivo, etc.
Naturaleza	Descriptivo y visual.	Cuantitativo y analítico.
Propósito	Identificar oportunidades y desafíos en el modelo de negocio.	Evaluar la capacidad financiera para generar beneficios y retorno de inversión.
Usuario Principal	Equipo de gestión, emprendedores, socios, inversores.	Financieros, inversores, analistas.
Fase de Desarrollo	Principalmente utilizado en las etapas iniciales de planificación.	Aplicado en todas las etapas, desde la planificación hasta la ejecución y el monitoreo continuo.

Fig. 1. Tabla 1: Comparativa del Modelo Canvas y la Viabilidad Financiera.