



Universidad
Mariana

Prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura interna de arepas en
el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas

Mara Violeta Penagos Córdoba

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto
2024

Prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura interna de arepas en
el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas

Mara Violeta Penagos Córdoba

Asesor:

Mg. Ángel Marino López Rubio

Co-asesor:

Mg. Fabio Camilo Gómez Meneses

Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: Los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el trabajo de grado son responsabilidad única y exclusiva de los educandos.

Reglamento de investigaciones y publicaciones Universidad Mariana.

Contenido

Resumen.....	10
1. Resumen de la propuesta	11
1.1 Descripción del problema	11
1.1.1 Formulación del problema	12
1.2 Justificación	12
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Marco referencial	14
1.4.1 Marco de antecedentes	16
1.4.1.1 Bases y criterios de búsqueda	17
1.4.2 Marco teórico y conceptual.....	27
1.4.2.1 La cocción	28
1.4.2.1.1 Concepto de cocción	28
1.4.2.1.2 Tipos de cocción	28
1.4.2.1.3 Temperatura	29
1.4.2.2 Medidas preventivas	30
1.4.2.3 Sistema mecatrónico	30
1.4.2.3.1 Prototipo.....	30
1.4.2.3.2 Mecanismos	31
1.4.2.3.3 Instrumentación para medición de temperatura a nivel industrial	31
1.4.2.3.4 Sistemas de control industrial	33
1.4.3 Marco legal	34
1.5 Metodología	35
1.5.1 Tipo de investigación.....	35
1.5.2 Línea y sublínea de investigación	36
1.5.3 Hipótesis	36
1.5.3.1 Hipótesis de investigación	36
1.5.3.2 Hipótesis alternativa.....	36

1.5.3.3 Hipótesis nula.....	36
1.5.4 Descripción metodológica	36
1.5.4.1 Descripción por fases.....	39
1.5.5 Validez de investigación	40
2. Presentación de resultados	41
2.1 Resultados de acuerdo con los objetivos	41
2.1.1 Resultado del objetivo 1.....	41
2.1.1.1. Resultado.....	53
2.1.2 Resultado del objetivo 2.....	53
2.1.3 Resultado del diseño detallado del prototipo	65
2.1.3.1 Cálculos banda transportadora.....	66
2.1.3.2 Capacidad de carga	67
2.1.3.3 Torque requerido motor	68
2.1.4 Resultado de adquisición de materiales necesarios para la construcción del diseño establecido.....	69
2.1.4.1 Conexiones sistema electrónico.....	70
2.1.4.2 Sistema de visualización, adquisición y almacenamiento de datos	72
2.1.4.3 ESP-POST.....	76
2.1.4.4 Consulta ESP	77
2.1.4.5 Página Web	78
2.1.4.6 HTML y JavaScript.....	79
2.1.5 Resultado de analizar la efectividad del funcionamiento de los sistemas implementados, destacando las ventajas del prototipo.....	83
2.1.6 Resultado de manual de usuario	88
Conclusiones.....	91
Recomendaciones	92
Referencias bibliográficas.....	93
Anexos	99

Índice de Tablas

Tabla 1 Recopilación de proyectos	14
Tabla 2 Criterios de búsqueda en la base de datos de Scopus	17
Tabla 3 Artículos 2014-2021	18
Tabla 4 Criterios de búsqueda en la base de datos de Scopus	21
Tabla 5 Secondary document.....	22
Tabla 6 Criterios de búsqueda en la base de datos de Google Academy.....	23
Tabla 7 Proyectos más relevantes	23
Tabla 8 Criterios de búsqueda en la base de datos de Google Academy.....	25
Tabla 9 Estudios.....	25
Tabla 10 Plan de acción para el proyecto	36
Tabla 11 Tipo, tamaño y temperatura (interna/externa) del producto	46
Tabla 12 Temperatura en diferentes zonas de interés planta actual.....	48
Tabla 13 Especificaciones de desempeño en la etapa de horneado	50
Tabla 14 Diferentes pruebas de temperatura realizadas en horno eléctrico.....	51
Tabla 15 Sistema medición de temperatura y visualización de datos.....	60
Tabla 16 Análisis técnico de diseños potencialmente factibles	62
Tabla 17 Materiales para la construcción del prototipo.....	69
Tabla 18 Conexiones específicas	71
Tabla 19 Prueba de comparación de temperatura interna de arepa grande/gruesa	84
Tabla 20 Prueba de comparación externa	85

Índice de Figuras

Figura 1 Taxonomía de la investigación.....	18
Figura 2 Artículo: Survival of <i>Listeria monocytogenes</i> on a conveyor belt material with or without antimicrobial additives.....	19
Figura 3 Artículo: A wireless portable high temperature data monitor for tunnel ovens	20
Figura 4 Monitor de datos portátil inalámbrico de alta temperatura para hornos de túnel.....	21
Figura 5 Búsqueda sistemática en Google Academy.....	22
Figura 6 Taxonomía de la investigación.....	27
Figura 7 Tipos de cocción.....	29
Figura 8 Proceso de producción del producto.....	41
Figura 9 Maíz cocido y en reposo.....	42
Figura 10 Máquina para su posterior molido.....	42
Figura 11 Moldeado de arepas	43
Figura 12 Maíz en sus diferentes procesos	43
Figura 13 Masa lista para moldear y masa moldeada.....	44
Figura 14 Temperatura por nivel de banda.....	44
Figura 15 Temperatura dentro, fuera y en la boquilla del horno	45
Figura 16 Diagrama flujo empresa	49
Figura 17 Termocuplas	54
Figura 18 RTD	54
Figura 19 Cámara térmica.....	55
Figura 20 Controladores lógicos programables - PLC	57
Figura 21 Arduino.....	58
Figura 22 Prototipo banda transportadora diseñada en SolidWorks.....	66
Figura 23 Motorreductor.....	68
Figura 24 Circuito de banda transportadora con sistema de medición de temperatura	70
Figura 25 Sistema de visualización, adquisición y almacenamiento de datos.....	72
Figura 26 Diagrama ESP8266, Modulo MAX6675- Arduino.....	74
Figura 27 XAMPP	75
Figura 28 Diagrama ESP8266-POST - PHP.....	76

Figura 29 Diagrama consulta ESP8266 – PHP.....	77
Figura 30 Base de datos y resultado	78
Figura 31 Diagrama HTML y JavaScript	79
Figura 32 Diagrama CSS	80
Figura 33 Página web temperatura	81
Figura 34 Prototipo inicial	82

Índice de Anexos

Anexo A Evidencias fotográficas	99
Anexo B Plano del sistema	102
Anexo C Tabla motoreductor.....	103
Anexo D Plano 2D Diseño Prototipo.....	105
Anexo E Horno	106
Anexo F Soporte banda.....	107
Anexo G Malla.....	108
Anexo H Soporte lateral.....	109
Anexo I Balinera	110
Anexo J Rodillo 1	111
Anexo K Rodillo 2.....	112

Resumen

Los avances tecnológicos han contribuido enormemente con el fortalecimiento de procesos en diferentes ámbitos sociales, tales como: laboral, empresarial, de entretenimiento, de la salud, de las comunicaciones, entre otros. En tal sentido, han impulsado el bienestar del ser humano a todos los niveles, logrando rapidez en la información, conectividad global, acceso al aprendizaje, simplificación de tareas que antes demandaban mucho tiempo, entre otros.

Además, en la industria, la implementación de tecnologías como las bandas transportadoras ha sido fundamental para optimizar la producción y distribución de productos e insumos, agilizando los procesos y reduciendo los tiempos de entrega. Dichas innovaciones no solo han beneficiado a las empresas en términos de eficiencia y rentabilidad, sino que también han mejorado las condiciones laborales al minimizar la carga física y monótona para los trabajadores. Por ende, se han generado cambios significativos en el estilo y calidad de vida, proporcionando más tiempo libre y recursos para dedicar a actividades de ocio, familiares o de desarrollo personal.

En consecuencia, haciendo uso de los beneficios de los avances industriales, el presente proyecto, denominado “Prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura interna de arepas en el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalita”, permitirá ganar tiempo en tareas operativas, mejorar la calidad de los productos, reducir esfuerzos en mano de obra, minimizar los riesgos laborales que implica llevar a cabo el trabajo manual, aumentando así la confiabilidad del producto ofrecido.

Los resultados obtenidos con la implementación del prototipo han sido satisfactorios, evidenciando una mejora notable en la medición de temperatura y eficiencia operativa en el proceso de horneado de las arepas. En resumen, el proyecto ha demostrado ser una innovación tecnológica efectiva que no solo optimiza el proceso de producción, sino que también contribuye significativamente a la calidad del producto. El diseño realizado garantiza un transporte eficiente y una medición precisa de la temperatura a través del mecanismo implementado, lo cual es crucial para el control del proceso de horneado.

1. Resumen de la propuesta

1.1 Descripción del problema

La empresa “Arepas Manizalitas” ubicada en la ciudad de Pasto, cuenta aproximadamente con 30 años de experiencia y produce diariamente una tonelada de arepas de buena calidad, muy apreciadas por la población pastusa. Sin embargo, su proceso de fabricación, en su mayoría manual, presenta desafíos significativos. Uno de estos desafíos radica en la ausencia de un sistema y mecanismo para medir la temperatura interna de las arepas durante el horneado.

En ese orden de ideas, en la empresa, se pueden presentar riesgos laborales, demora en la producción, ineficacia en el control de calidad, inexactitud en los reportes ante el INVIMA, situaciones que ocasionalmente podrían poner en riesgo la estabilidad del establecimiento comercial.

En respuesta a estos desafíos, se plantea el proyecto "Prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura interna de arepas durante el proceso de horneado en Arepas Manizalitas". Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un prototipo que aborde las necesidades específicas de la empresa, mejorando su eficiencia operativa.

La implementación de una banda transportadora, según las investigaciones del Belting Lab (2023), ofrece una solución eficaz para el transporte continuo de productos durante el proceso de fabricación. Este sistema, compuesto por una estructura flexible y continua, se mueve de manera constante, facilitando el movimiento de las arepas a lo largo de la línea de producción.

Al integrar un mecanismo de medición de temperatura en esta banda transportadora, se proporcionará al operario una herramienta precisa para tomar la temperatura interna de las arepas durante el horneado. Esto no solo mejorará la precisión en el control de calidad, sino que también reducirá los riesgos laborales asociados con la manipulación manual de los productos.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cómo diseñar y desarrollar un prototipo de banda transportadora que integre un sistema de medición de temperatura para el transporte y supervisión de las arepas durante el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas, con el fin de mejorar la eficiencia, calidad y control del proceso de producción?

1.2 Justificación

La adopción de tecnología en el ámbito industrial no solo es una tendencia, sino una necesidad dominante para las empresas que desean mantenerse a la vanguardia y ser competitivas en un mercado de elaboración y fabricación de productos alimenticios que están en constante evolución. En este sentido, el proyecto de desarrollo de un prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura interna de arepas durante el horneado en Arepas Manizalitas, no solo representa una oportunidad para modernizar los procesos de producción, sino que también responde a una serie de necesidades específicas y desafíos que la empresa enfrenta actualmente.

Hoy en día la mayoría de procesos de fabricación de dicha empresa, se realizan de forma manual, el horno que se emplea para la cocción no está equipado con una tecnología automatizada que permita al operador tomar la temperatura del producto de manera eficiente. En ese orden de ideas, en la empresa, se puede presentar demora en la producción, ineficacia en el control de calidad e inexactitud en los reportes ante el INVIMA; además de riesgos laborales.

El desarrollo de este prototipo no solo permitirá a Arepas Manizalitas mejorar la eficiencia y precisión en el proceso de horneado, sino que también abrirá nuevas oportunidades para la innovación y diferenciación en su oferta de productos. Al contar con un sistema de medición de temperatura integrado en la banda transportadora, la empresa podrá monitorear y controlar de manera precisa el proceso de temperatura, garantizando así la consistencia en la calidad de sus productos y cumpliendo con las normativas sanitarias vigentes.

Además, la implementación de esta tecnología permitirá a Arepas Manizalitas recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento de su proceso de producción, lo que le brindará una mayor visibilidad y capacidad de análisis para identificar áreas de mejora y optimización en su cadena de suministro y operaciones.

En resumen, este proyecto no solo tiene el potencial de mejorar significativamente la competitividad y rentabilidad de Arepas Manizalitas en el mercado, sino que también sienta las bases para su crecimiento sostenible y su capacidad para adaptarse a las demandas cambiantes de la industria alimentaria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de banda transportadora incorporando un sistema de medición de temperatura para el transporte y la supervisión de las arepas durante el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el sistema de monitoreo y distribución de temperatura en la etapa de horneado dentro del proceso de producción de arepas para definir las especificaciones de desempeño del prototipo.
- Diseñar el sistema de monitoreo y visualización de temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado con base en las especificaciones definidas previamente.
- Construir los sistemas diseñados para el monitoreo y visualización de la temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado a manera de prototipo.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo implementado en condiciones de prueba en un entorno de laboratorio.

1.4 Marco referencial

Tabla 1

Recopilación de proyectos

Nombre del proyecto	Problema	Objetivos	Propuesta de solución
<p>El Mouallem Munoz, C. A., Paez Noy, J., & Torres Castillo, P. N. (2011). Análisis de requerimientos y estudio del proceso de cocción en una fábrica de arepas.</p> <p>Corporación Universitaria Minuto de Dios Facultad de Ingeniería Departamento de Informática, Redes y Electrónica. 2011</p>	<p>La fábrica de arepas “Los Andes” (Boyacá), carece de automatización en los procesos de fabricación de arepas, situación que dificulta los procesos, el rendimiento y las labores de los trabajadores.</p>	<p>General: Analizar los requerimientos y diseñar un prototipo para el proceso de la cocción de las arepas.</p> <p>Específicos: Realizar un estudio de los principales trabajos a nivel nacional e internacional que se implementaron con el fin de controlar la temperatura para la cocción de arepas. Delimitar los requerimientos y variables de control en un proceso de Cocción de arepas. Diseñar un prototipo que ilustre el proceso de cocción de las arepas.</p>	<p>Se pretende entonces la aplicación de sistemas electrónicos, sistemas de control en lazo cerrado que cumplan o que puedan satisfacer los requerimientos del proyecto, en desempeño y calidad, en las áreas de control de velocidad y control de temperatura, además del trabajo mecánico y de diseño, de acuerdo al análisis realizado de los requerimientos y sus</p>

			respectivos alcances.
Vargas Martínez, H. G., & Escobar Cruz, W. (2011). Diseño de un prototipo eléctrico-mecánico para moldeo de arepas. Corporación Universitaria Minuto de Dios Facultad de Ingeniería Control Automático Industrial Programa de Tecnología en Electrónica. 2011.	Realización manual de los distintos procedimientos de la fabricación de arepas, lo que trae como consecuencia escasa producción de arepas y problemas de salud en los trabajadores.	<p>General: Diseñar e implementar un prototipo electro-mecánico para moldeo de arepas.</p> <p>Específicos: Análisis del proceso de moldeo de arepas. Diseño e implementación del prototipo para el moldeo de arepas. Elaborar pruebas de funcionamiento del prototipo.</p>	Programa de diseño llamado Ketchup, que facilito el implementar la máquina adecuada para automatizar el moldeo de arepas.
Cortes, L. C. (2013). Propuesta de mejoramiento del proceso productivo y del sistema de control de inventarios en la empresa productos y arepas de mi tierra LTDA. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Industrial. 2013	Presenta varios problemas en algunas de las operaciones de manufactura llevadas a cabo y también en el proceso que se tiene para el control de inventarios, en donde es inexistente y no establecido.	<p>General: Diseñar una propuesta de mejoramiento para el proceso productivo de la referencia de arepa tipo pincho soportado en un sistema de inventarios con información confiable y en tiempo real con el fin de disminuir la pérdida de clientes en la empresa Productos y Arepas de Mi Tierra Ltda.</p> <p>Específicos: Identificar los procedimientos y/ o actividades críticas y de mayor impacto en el proceso productivo de arepas tipo pincho de la empresa Productos y Arepas de Mi Tierra, con el fin de encontrar las posibles</p>	Mejoramiento del proceso productivo y sistema de control.

causas y enfocar el rediseño del proceso y soluciones en las mismas.

Rediseñar el sistema de control de inventarios con el objetivo de transformarlo en un sistema de apoyo que brinde información oportuna y real, llevando a cabo los controles adecuados para el proceso de fabricación de la área tipo pincho en la empresa arepas Productos y Arepas de Mi Tierra Ltda., y que a su vez, pueda contribuir a la toma de decisiones.

En los proyectos analizados sobre la optimización de los procesos de fabricación de arepas, se destaca la falta de un mecanismo para medir la temperatura durante la cocción o fabricación. La temperatura es un factor crítico en la calidad del producto final y su control es esencial para garantizar resultados consistentes. Además, es importante señalar la relevancia de las bandas transportadoras en estos procesos, aunque no se aborda específicamente en los proyectos revisados, las bandas transportadoras desempeñan un papel crucial en la optimización de la producción. Permiten un flujo constante y uniforme de los productos a lo largo de diferentes etapas del proceso, desde la preparación de la masa hasta la cocción y empaquetado. Su implementación contribuiría aún más a la eficiencia y consistencia en la fabricación de arepas. En resumen, la integración de sensores de temperatura y el uso de bandas transportadoras son aspectos clave para mejorar los procesos de fabricación de arepas y garantizar resultados óptimos de manera continua.

En el proyecto de Análisis de Requerimientos y Estudio del Proceso de Cocción se propone mejorar el proceso de cocción mediante sistemas electrónicos y de control, pero no se menciona un mecanismo para medir la temperatura automáticamente.

En el proyecto de Diseño de un Prototipo Eléctrico-Mecánico para Moldeo de Arepas se automatiza el proceso de moldeo, pero no se aborda el control de temperatura durante la cocción.

En el proyecto de Propuesta de Mejoramiento del Proceso Productivo y del Sistema de Control de Inventarios se buscan mejoras en el proceso productivo, pero no se menciona la implementación de un sistema automatizado para medir la temperatura durante la cocción.

1.4.1 Marco de antecedentes

1.4.1.1 Bases y criterios de búsqueda. A partir de la revisión bibliográfica realizada por búsqueda sistemática en bases de datos de Scopus y aplicando el siguiente filtro de búsqueda en title, keywords y abstract ("temperature" AND "measurement" AND "food" AND "conveyor"), además también se filtró la búsqueda en años 2014-2021.

Tabla 2

Criterios de búsqueda en la base de datos de Scopus

**Criterios de "temperature" AND "measurement" AND "food" AND "conveyor",
búsqueda**

Periodo de búsqueda 2002-

Número de 11

documentos

encontrados sin filtros

Idioma Ingles

Filtro por área temática Ingeniería

Agroindustria

Tipo de documentos Artículos

Número de documentos 2

encontrados con filtros

Descripción de los estudios.

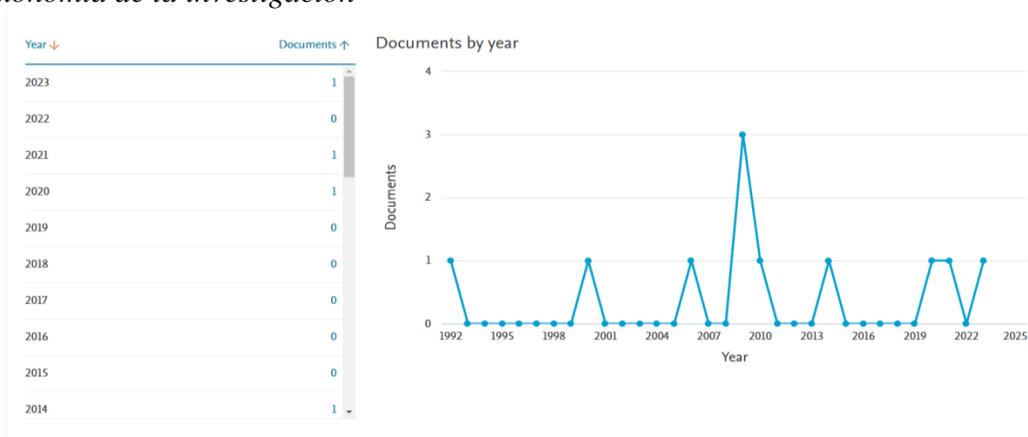
Tabla 3

Artículos 2014-2021

Número	Autores y año	Número de Citaciones	Área temática
1	Stewart, J., Matthews, M., Glasco, M. 2006	2	Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 6205,62050N
2	Chaitiemwong, N., Hazeleger, W.C., Beumer, R.R 2010	38	Revista Internacional de Microbiología de Alimentos 142(1-2), Pp. 260 y 263
2	Bayón, R.M., González Suárez, V.M., Martín, F.M., Lopera Ronda, J.M., Álvarez Antón, J.C 2014	3	Sensors (Switzerland) 14(8), pp. 14712-14731

Figura 1

Taxonomía de la investigación



Fuente: Página principal de la base de datos de Scopus.

Nota: Número de estudios encontrados dentro del periodo 1992 - 2021

En el artículo: Final Cook temperature monitoring, “Los alimentos completamente cocidos listos para comer representan uno de los mercados de más rápido crecimiento en las industrias” El medir la temperatura de los diversos alimentos en sus procesos de cocción supone varios problemas, ya que, se implementa en el área de producción y de versatilidad, donde no hay un proceso estándar o base para todo la industria alimenticia de productos completamente cocidos. Para dar solución a estas dificultades, se utilizó una cámara micro-bolómetro calibrada de 320x240 que permite monitorear la temperatura de productos avícolas empanizados y formados en una línea de producción completamente cocinada durante un período de un año.

El estudio realizado permitió la instalación y operación del sistema, de igual manera, el desarrollo de algoritmos utilizados para identificar el producto en una cinta transportadora desordenada y se compararon las mediciones de la sonda de inserción de la tecnología del horno teniendo en cuenta el monitoreo sin contacto.

Figura 2

Artículo: Survival of Listeria monocytogenes on a conveyor belt material with or without antimicrobial additives

The screenshot shows a Scopus article page for "Final cook temperature monitoring". The article is a conference paper from the "Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering", Volume 6205, 2006. The authors listed are Stewart, John*, Matthews, Michael^a, and Glasco, Marc^b. The article has 2 citations in Scopus (38th percentile) and 6 views. The page includes navigation links like "Download", "Print", "Save to PDF", "Save to list", and "Create bibliography". On the right, there is a "Cited by 2 documents" section listing two related articles: "Near-infrared (NIR) interance system for non-contact monitoring of the temperature profile of baked liver pâté" and "Online quality assessment of processed meats".

Fuente: Survival of Listeria monocytogenes on a conveyor belt material with or without antimicrobial additives

Se evidencia en el artículo: Survival of Listeria monocytogenes on a conveyor belt material with or without antimicrobial additives, se encuentra la investigación de la supervivencia de Listeria

monocytogenes, bacteria que se desarrolla en la banda transportadora de alimentos cárnicos, pescados y verduras donde se califica las temperaturas (10, 25 y 37 °C), en las cuales este tipo de microorganismos sobreviven a pesar de pasar por limpiezas y selecciones de calidad.

Como resultado se encontró que las bajas temperaturas, en este de caso 10°C y la humedad de la superficie (banda transportadora) era la que originaba la proliferación de estas bacterias perjudiciales.

Figura 3

Artículo: *A wireless portable high temperature data monitor for tunnel ovens*



Fuente: wireless portable high temperature data monitor for tunnel ovens

En este artículo: *A wireless portable high temperature data monitor for tunnel ovens*, se observa la practicidad de los hornos en forma de túnel en la industria de las galletas y pasteles, explicando la importancia del monitoreo térmico en los hornos y el innovador, no distorsionante y de bajo costo proyecto llamado “eBiscuit”.

Gracias a su tamaño, formato y ubicación en la cinta transportadora de estanterías metálicas en el horno, se puede de medir temperaturas alrededor de los 200 °C las galletas o pasteles que se encuentran preparando. Se presenta una investigación y comparación de varios materiales aislantes térmicos que se pueden utilizar para evitar exceder las condiciones operativas máximas de temperaturas de 80°C.

Figura 4*Monitor de datos portátil inalámbrico de alta temperatura para hornos de túnel*

The screenshot shows a Scopus document page. At the top, there are navigation options: '< Back to results | 1 of 1', 'Download', 'Print', 'Save to PDF', 'Save to list', and 'Create bibliography'. The document title is 'A wireless portable high temperature data monitor for tunnel ovens' from the journal 'Sensors (Switzerland)'. The authors listed are Bayón, Ricardo Mayo; González Suárez, Víctor M.; Martín, Felipe Mateos; Lopera Ronda, Juan M.; and Álvarez Antón, Juan C. The document has a 35th percentile citation score, an FWCI of 0.12, and 12 views. On the right, a 'Cited by 3 documents' section lists three citing documents: 'Real Time Monitoring of High Temperature of Remote Places Using Wireless Sensor Network Without use of any Peripheral Hardware', 'Wireless monitoring and predictive system for thermocouples with real time cold junction compensation and wireless sensor networks', and 'Xpertrack: Precision autonomous measuring device developed for real time shipments tracker'.

Tabla 4*Crterios de búsqueda en la base de datos de Scopus*

Crterios de “temperatura” AND “sensors” AND “due” búsqueda	
Periodo de búsqueda	2014-2023
Número de documentos encontrados sin filtros	11914
Idioma	Ingles
Filtro por área temática	Ingeniería
Tipo de documentos	Artículos
Número de documentos encontrados con filtros	2

Descripción de los estudios.**Tabla 5***Secondary document.*

Número	Autores y año	Número de Citaciones	Área temática
1	Dharani Shivakumar, P. Gayathri, M. Muthukumar, S. Menaga	2	Commum. System

Measurement of Temperature and Humidity Using DHT11 Sensor

El sensor DHT11 detecta los cambios de temperatura y humedad teniendo una calidad buena y estable, muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

La temperatura y la humedad son factores que afectan factores físicos, químicos, y biológicos; el poder medir estos factores en la agricultura nos permite tener una forma más eficiente de cuidar las plantas como regarlas y favorecer su crecimiento.

Figura 5*Búsqueda sistemática en Google Academy*

[Página](#) [Exportar](#) [Ver citado por](#) [Crear bibliografía](#)
Ordenar por [Fecha \(más reciente\)](#)

	Titulo del documento	Autores	Fuente	Año	Citas
<input type="checkbox"/>	Artículo	Shivakumar, D. , Gayathri, P. , Muthukumar, M. , Menaga, S.	j adv. común Sistema ,	2023	2
<input type="checkbox"/>	1 Medición de temperatura y humedad usando el sensor DHT11				

A partir de la revisión bibliográfica realizada por búsqueda sistemática en Google Academy, se encuentran los siguientes trabajos de grado:

Tabla 6

Criterios de búsqueda en la base de datos de Google Academy

Criterios de búsqueda	
Periodo de búsqueda	2011-2016
Idioma	Español
Filtro por área temática	Ingeniería

Descripción de los estudios.

Tabla 7

Proyectos más relevantes

Numero	Nombre del proyecto	Año
1	Análisis de requerimientos y estudio del proceso de cocción en una fábrica de arepas.	2011
2	Diseño de un prototipo eléctrico-mecánico para moldeo de arepas.	2011
3	Propuesta de mejoramiento del proceso productivo y del sistema de control de inventarios en la empresa productos y arepas de mi tierra Ltda.	2013
4	Diseño del sistema de gestión de inocuidad de los alimentos del establecimiento comercial “Las arepas de la abuela Josefina” ubicado en la ciudad de Bogotá	2016

Según El Mouallem Muñoz, C. A., Páez Noy, J., & Torres Castillo, P. N. (2011), en el proyecto denominado Análisis de requerimientos y estudio del proceso de cocción en una fábrica de arepas “Los Andes” (Boyacá), identifican un problema en dicha fábrica: el establecimiento carece de automatización en los procesos de fabricación de arepas, situación que dificulta el rendimiento y las labores de los trabajadores. Se planteó una propuesta de solución que incluye la aplicación de sistemas electrónicos, sistemas de control en lazo cerrado que cumplan o que puedan satisfacer los requerimientos del proyecto, en desempeño y calidad, en las áreas de control de velocidad y control de temperatura; además del trabajo mecánico y de diseño, de acuerdo con el análisis realizado de los requerimientos y sus respectivos alcances.

En el proyecto, Diseño de un prototipo eléctrico-mecánico para moldeo de arepas, se analizó la realización manual de los distintos procedimientos de la fabricación de arepas, lo que trae como consecuencia escasa producción de arepas y problemas de salud en los trabajadores. Como propuesta de solución se diseñó e implementó un prototipo electro-mecánico para moldeo de arepas y se obtuvo como resultado un programa de diseño llamado Ketchup, que facilitó implementar la máquina adecuada para automatizar el moldeo de arepas a la vez que permitió agilizar y mejorar la producción del producto.

En la propuesta de mejoramiento del proceso productivo y del sistema de control de inventarios en la empresa productos y arepas de mi tierra Ltda., se plantean mejoras al proceso productivo y sistema de control, ya que, la empresa tiene problemas en algunas de las operaciones de manufactura llevadas a cabo y también en el proceso que se tiene para el control de inventarios, en donde este es inexistente y no establecido.

Para el proyecto, Diseño del sistema de gestión de inocuidad de los alimentos del establecimiento comercial “Las arepas de la abuela Josefina”, ubicado en la ciudad de Bogotá, se requiere de un sistema integral que incluya las buenas prácticas de manufactura, formatos correspondientes y el análisis de riesgos y puntos críticos de control. La solución planteada consiste en crear un sistema de inocuidad de alimentos para mejorar y contribuir a la empresa.

Tabla 8*Criterios de búsqueda en la base de datos de Google Academy*

Criterios de búsqueda	
Periodo de búsqueda	2022
Idioma	Español
Filtro por área temática	Ingeniería

Descripción de los estudios.**Tabla 9***Estudios*

Numero	Nombre	Año
1	Evaluación y Propuesta de mejora para la futura implementación de Buenas prácticas de manufactura (BPM) para una empresa productora de arepas en el municipio de Funza Cundinamarca.	2022-06-03
2	The arepa: a laboratory (multimedia report)	2022 -09-16

Evaluación y Propuesta de mejora para la futura implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para una empresa productora de arepas en el municipio de Funza Cundinamarca: Se plantea la implementación de las BPM, para garantizar la calidad de su producto, generando un valor agregado a este mismo, pero no hay claridad al plantear ni se puede determinar el problema a solucionar, únicamente se plantean mejoras a la empresa.

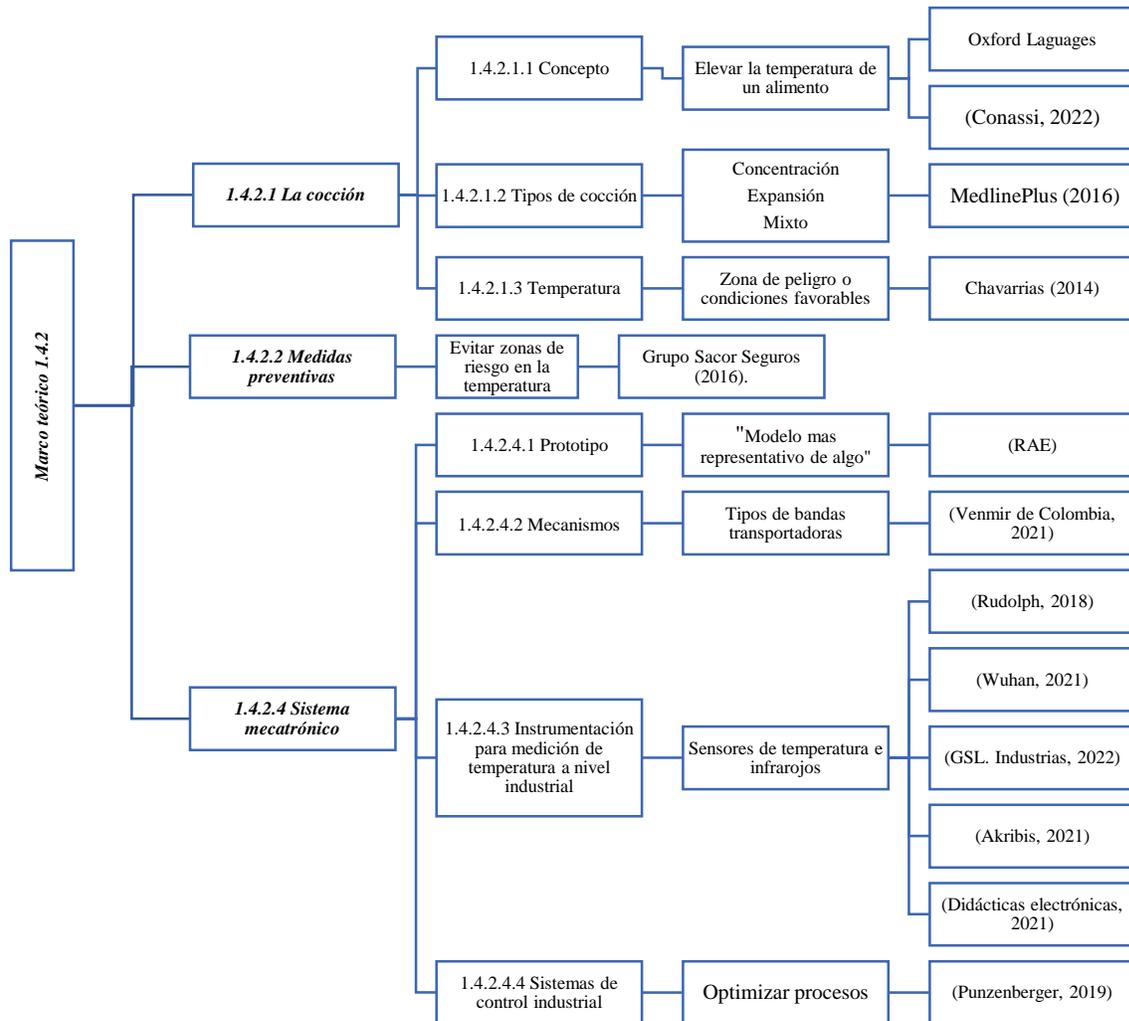
The arepa: a laboratory (multimedia report): Las arepas de maíz son representantes de la industria de alimentos por su alto consumo y diversidad de producción, desde talleres artesanales hasta

grandes empresas, siendo buena fuente de empleo para los colombianos pero estas se ven afectada por la presencia del hongo del maíz (*Aspergillus*), que produce compuestos químicos tóxicos, Los organismos de control como Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), realizan esfuerzos para implementar planes de monitoreo de la aflatoxina, pero estos requieren mayores recursos para realizar muestreos que recolecten una gran cantidad de muestras de maíz y productos derivados.

1.4.2 Marco teórico y conceptual

Figura 6

Taxonomía de la investigación



1.4.2.1 La cocción.

1.4.2.1.1 Concepto de cocción. La cocción según el diccionario Oxford Languages, es un procedimiento que consiste en elevar la temperatura de un alimento, que modifica sus propiedades originales de modo que lo hace más fácil de digerir (Cambridge University Press & Assessment, 2023).

Teniendo en cuenta la definición de cocción, al remontarse en la antigüedad los humanos se alimentaban de la pesca, la caza y la recolección de frutos silvestres y los consumían de forma cruda, con el paso del tiempo descubrieron el fuego que servía de protección y abrigo. De manera accidental al caer un pedazo de carne sobre el fuego la comieron y observaron que era más blanda, de mejor sabor, entonces empezaron a cocer sus alimentos; procesos de cocción que con el correr del tiempo se han ido perfeccionando con base en nuevas experiencias adquiridas por los antepasados. Los procesos de cocción son importantes, porque al cocinar se eliminan compuestos tóxicos; es una forma de conservar los alimentos y poder disminuir o aumentar su poder antioxidante mediante la cocción. (Conasi, 2022)

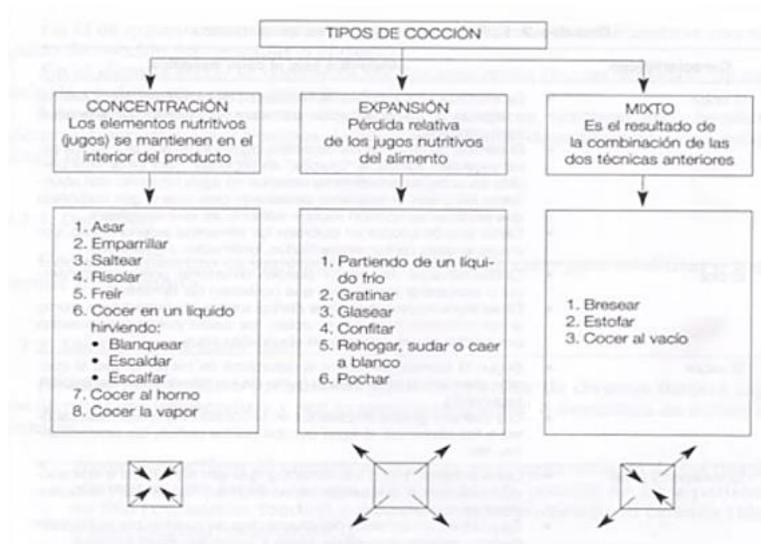
Es conveniente también mencionar que la conservación de los alimentos se puede nombrar a bajas temperaturas, de allí la importancia de la refrigeración y congelación que impide la descomposición de los alimentos.

1.4.2.1.2 Tipos de cocción. La cocción de los alimentos cambia las propiedades de los mismos, en cuanto a su forma, color y sabor y hace posible la conservación de ellos en buen estado por más tiempo. Para el presente proyecto el método utilizado es el de concentración, por cuanto la cocción de las arepas se realiza mediante el horneado en el que se conservan las propiedades de los ingredientes utilizados y dan un gusto agradable al paladar. En este caso hay que tener en cuenta el estado de cocción de las arepas, para evitar riesgos en consumidores, cabe enunciar a MedlinePlus (2016), que cuando se calienta o fríe los alimentos de forma excesiva, se transforma los nutrientes y se aumenta las cantidades de dióxido de carbono, que contienen y toxinas que pasan directamente al organismo al ingerirlos.

Existen diferentes tipos de cocción de alimentos como se indica en la Figura 8.

Figura 7

Tipos de cocción



Fuente: Métodos de cocción. <https://youtu.be/KW3sUY52Tus>

1.4.2.1.3 Temperatura. La temperatura se puede definir como el aumento de grado térmico de un producto, sirve para controlar el desarrollo de microorganismos y bacterias. Según el autor (Chavarrias, 2014):

Entre 5°C y 65°C es la zona considerada de peligro para los alimentos. Se considera que en este rango se cumplen las condiciones favorables para que virus, bacterias y hongos se desarrollen con facilidad en los alimentos. Por debajo de 5°C, su crecimiento es más lento; por encima de 65°C, las bacterias se eliminan. Debe tenerse en cuenta que bacterias como Salmonella, E. coli O157:H7 y Campylobacter tienen una temperatura óptima de crecimiento de unos 37°C. Se calcula que, si un alimento se mantiene en esta zona de dos a cuatro horas, el riesgo de intoxicación aumenta. (p.18)

1.4.2.2 Medidas preventivas. Las medidas preventivas que se pueden tomar son:

- Evitar los contactos con ollas, hornos, sartenes o líquidos calientes.
- Utilizar guantes de cocina, manoplas o repasadores para tomar contacto con el horno, recipientes o alimentos que se encuentren en su interior.

Cuando el elemento esté caliente, solamente tomar contacto con aquellos provistos de elementos de agarre aislante (mangos, asas) en buen estado. (Grupo Sacor Seguros, 2016). Por tanto, para la presente investigación, es pertinente mencionar que las quemaduras de los operarios pueden llegar a suceder al medir la temperatura directamente en este producto (arepa).

1.4.2.3 Sistema mecatrónico. Este sistema comprende la parte mecánica y sistemas de control.

1.4.2.3.1 Prototipo. Según la Real Academia Española, un prototipo es el “Modelo más representativo de algo” (RAE, 2022).

La realización del prototipo parte de un problema o una necesidad, se crean las ideas o una representación aparente, pero concreta de parte o la totalidad de una representación de negocio o sobre un producto o servicio. Hoy en el mundo existen infinidad de prototipos que se constituyen en máquinas que favorecen el desarrollo de distintas actividades de la vida cotidiana, de la producción, del transporte, de la medicina, entre otros. Los prototipos pueden ser de lo más sencillo a lo más sofisticado, para ser utilizados a nivel local, global e interplanetario. Los prototipos pueden ser validados a través de pruebas de usabilidad y aceptación. En el caso de los proyectos universitarios, estos se realizan cumpliendo procesos, en el aula, laboratorios, bibliotecas, en la casa, es decir, en distintos escenarios en donde surjan las ideas y se faciliten los procesos de experimentación, entre estudiantes, docentes y comunidades que se comprometen en estos proyectos. Los prototipos son utilizados en la industria, en el comercio, pero también tienen proyección social de gran alcance, porque facilitan las actividades de la vida a personas que los necesitan. Por ejemplo una silla de ruedas, prótesis, asesores, bastones, etc.

1.4.2.3.2 Mecanismos. Dentro de los mecanismos se encuentran diferentes tipos de bandas transportadoras, como son:

Modular: banda que tiene piezas de plástico entrelazadas, se les puede hacer fácil mantenimiento.

Plana: banda que está conformada por un sistema de poleas, uso interno y del sector industrial. Para la realización del presente prototipo se empleó la banda de rodillos.

De rodillos: esta banda se caracteriza porque en su composición incluye varios rodillos y es de carácter versátil y ágil, lo que facilita el transporte de los productos. Esta banda tiene, entre otras, las siguientes ventajas:

- A. Es de fácil limpieza y ensamblaje.
- B. Menor consumo energético.
- C. Bajo nivel de ruido.
- D. Alta eficiencia. (Venmir de Colombia, 2021)

1.4.2.3.3 Instrumentación para medición de temperatura a nivel industrial. Existen diferentes instrumentos para la medición de temperatura, algunos lo hacen en contacto con el producto y otros a distancia. En la fábrica “Arepas Manizalitas”, se utilizan los medidores de temperatura de forma manual y lo que se busca con el prototipo diseñado, es facilitar la medición, el transporte del producto para así evitar accidentes laborales, además de optimizar la producción.

En la empresa mencionada se utilizan los siguientes medidores de temperatura:

Medidor de temperatura digital. El medidor de temperatura digital de mano, se utiliza en alimentos y su manejo es sencillo.

Características:

- Rango de medición: -40... +250 °C

- Tiempo de respuesta: 2 segundos. (Rudolph, 2018)

Cámara térmica T120 Series. Se utiliza para medir temperatura externa de la fábrica de producción.

Características:

- Botones de buen agarre.
- Diseño ergonómico.
- Batería de 8 horas.
- Interfaz USB Tipo-C. (Wuhan, 2021)

Existen diversos instrumentos para medir la temperatura, para tal efecto, se mencionan los que se consideran más importantes dentro de la industria.

RTD: sensor de temperatura resistivo, se usa para detectar y medir cambios de temperatura.

Características:

- Margen de temperatura amplio y alta sensibilidad.
- Exactitud de medida.
- Costo elevado.
- Frágil ante vibración o golpe. (GSL. Industrias, 2022)

Sensor basado en semiconductores: se usa para control de cambios de temperatura, se coloca en circuitos integrados.

Características:

- Respuesta lineal y lenta. (Akrabis, 2021)

Termocuplas: sensor muy utilizado a nivel industrial para la medición de temperatura.

Características:

- Economía, amplio rango de temperatura.
- Voltaje de salida
- Y sensibilidad al ruido eléctrico,
- Salida no lineal. (Didácticas electrónicas, 2021)

Dispositivo de medición de temperatura por infrarrojo: no requieren contacto directo.

Características:

Menor precisión.

1.4.2.3.4 Sistemas de control industrial. Los sistemas de control pueden ser sencillos o complejos y la automatización de estos ayuda a optimizar procesos, reducir tiempos, minimizar errores y costos. Existen diferentes tipos:

Controlador lógico programable (PLC): sirve para automatizar procesos industriales, permite conexión a una HMI.

Interfaz humano-máquina: es una interfaz gráfica que sirve para coordinar procesos e interactuar con ellos, muestra información en tiempo real.

Sistema de mantenimiento remoto: sistema para acceder a distancia, monitorizar y detectar irregularidades.

Dispositivos electrónicos inteligentes: controlador integrado e inteligente que recopila datos.

Historial de datos: datos recolectados para exportar a otro sistema.

Unidad terminal maestra (MTU) o servidor SCADA: recoge y almacena datos, envía información a RTU.

Unidad terminal remota: microprocesador que funciona como controlador de supervisión y se comunica con MTU. (Punzenberger, 2019)

1.4.3 Marco legal

La entidad encargada de la vigilancia y control de la fabricación de alimentos es el INVIMA (2013):

Es una institución nacional en materia sanitaria y ejecuta las políticas formuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de los medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos médico-quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva. Se necesita esta autorización sanitaria para poder fabricar, embazar, comercializar eh importar un producto para el consumo humano. (p.1)

Mediante la resolución 2674 del Ministerio de Salud y Protección Social, expedido en julio 22 de 2013, establece entre otras, las siguientes disposiciones relacionadas con la fabricación de alimentos en el país:

Artículo 1°. **Objeto.** La presente resolución tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas.

Esta resolución establece disposiciones relacionadas con la fabricación y conservación de alimentos con el fin de proteger la salud de los consumidores:

Mantener el alimento caliente a temperaturas mayores de 60°C (140°F) para evitar el crecimiento de microorganismos perjudiciales para la salud de los consumidores.

Los procesos de fabricación deben ser continuos para garantizar la buena higiene de los productos. Es así como la resolución 2674 del Ministro de Salud y Protección Social, afirma que la recepción de materias primas debe realizarse en condiciones que eviten su contaminación, alteración y daños físicos y deben estar debidamente identificadas de conformidad con la Resolución 5109 de 2005 o las normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan, y para el caso de los insumos, deben cumplir con las resoluciones 1506 de 2011 y/o la 683 de 2012, según corresponda, o las normas que las modifiquen, adicionen o sustituyan.

La planta física debe ser adecuada a la fabricación de los alimentos respectivos, garantizando condiciones adecuadas con materiales resistentes para garantizar higiene y adecuada producción de los alimentos.

En cuanto a la capacitación del personal directivo y trabajadores de la fábrica se debe garantizar un buen manejo de las operaciones de producción y el mantenimiento, distribución, conservación de los alimentos, el INVIMA, procederá a adoptar las medidas y a iniciar los procesos sancionatorios que correspondan, así como a dar aviso a otras autoridades, si fuera el caso y hacen pertinente la revisión de las normas sanitarias.

1.5 Metodología

1.5.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de la presente investigación del proyecto se emplea una metodología aplicada, con un diseño experimental. El objetivo principal es desarrollar un prototipo de banda transportadora incorporando un sistema de medición de temperatura para el transporte y la supervisión de la temperatura de arepas durante el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas, con el fin de mejorar la calidad del producto y agilizar el transporte.

1.5.2 Línea y sublínea de investigación

En Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mariana, se tiene la línea de diseño y desarrollo mecatrónico y cuenta con diferentes áreas de investigación; el presente proyecto se enfoca en procesos productivos y el diseño de esta investigación es de tipo experimental.

La implementación de una banda transportadora con sistema de medición de temperatura durante el horneado de las arepas en la empresa Arepas Manizalitas se presenta como una estrategia clave para mejorar optimizar el tiempo de producción, sin perder la calidad del producto, reducir costos y mitigar riesgos asociados a la mano de obra.

1.5.3 Hipótesis

1.5.3.1 Hipótesis de investigación. La implementación de un prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura para el transporte y supervisión de arepas durante el proceso de horneado, basado en sistemas mecatrónicos, contribuirá al cumplimiento de los requisitos y especificaciones técnicas exigidas por el INVIMA.

1.5.3.2 Hipótesis alternativa. La implementación de un prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura para el transporte y supervisión de arepas durante el proceso de horneado, basado en sistemas mecatrónicos, podría contribuir al cumplimiento de algunos requisitos y especificaciones técnicas exigidas por el INVIMA.

1.5.3.3 Hipótesis nula. La implementación de un prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura para el transporte y supervisión de arepas durante el proceso de horneado, desde el enfoque mecatrónico, no permitirá contribuir al cumplimiento de los requisitos y especificaciones técnicas exigidas por el INVIMA.

1.5.4 Descripción metodológica

Tabla 10

Plan de acción para el proyecto

Plan de acción

Objetivo general

Desarrollar un prototipo de banda transportadora incorporando un sistema de medición de temperatura para el transporte y la supervisión de las arepas durante el proceso de horneado en la empresa Arepas Manizalitas.

Objetivos específicos	Actividades	Tiempo
<p>1. Analizar el sistema de monitoreo y distribución de temperatura en la etapa de horneado dentro del proceso de producción de arepas para definir las especificaciones del prototipo.</p>	<p>1.1 Realizar una visita a la planta para adquirir información precisa, acerca del proceso de producción de arepas.</p> <p>1.2 Medir temperatura en diferentes zonas de interés en la planta actual.</p> <p>1.3 Determinar las especificaciones de desempeño del sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto de arepas mediante la observación directa e indagación con los expertos de la planta.</p> <p>1.4 Consultar las normas de INVIMA y relacionarlas con el proceso de producción de arepas.</p>	6 semanas
<p>2. Diseñar el sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado con base en las especificaciones definidas previamente.</p>	<p>2.1 Generar ideas sobre posibles soluciones de medición y almacenamiento de datos de temperatura del producto.</p> <p>2.2 Realizar un análisis técnico de diseños potencialmente factibles. Selección del mejor diseño posible para un posterior diseño detallado.</p> <p>2.3 Realizar el diseño detallado del prototipo.</p>	7 semanas

3. Construir los sistemas diseñados para el monitoreo y visualización de la temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado a manera de prototipo.	3.1 Adquirir los materiales necesarios para la construcción del diseño establecido. 3.2 Construir las estructuras de soporte de los sistemas de medición de temperatura del producto. 3.3 Construir el sistema eléctrico y electrónico para el prototipo. 3.4 Implementar los sistemas de visualización, adquisición y almacenamiento de datos.	10 semanas
4. Evaluar el funcionamiento del prototipo implementado en condiciones de prueba en un entorno de laboratorio.	4.1 Analizar la efectividad del funcionamiento de los sistemas implementados, destacando las ventajas del prototipo. 4.2 Realizar el manual de usuario.	5 semanas

1.5.4.1 Descripción por fases.

Fase 1. Analizar el sistema de monitoreo y distribución de temperatura en la etapa de horneado dentro del proceso de producción de arepas para definir las especificaciones del prototipo a realizar, para esto se propone hacer una visita a la planta para adquirir información precisa acerca del proceso de producción de arepas, posteriormente se medirá la temperatura en diferentes zonas de interés en la planta actual para determinar las especificaciones de desempeño del sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto, finalmente se consultaran las normas del INVIMA relacionadas con el proceso de producción de arepas.

Fase 2. Diseñar el prototipo con el sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado con base en las especificaciones definidas previamente, se generarán ideas sobre posibles soluciones de medición y almacenamiento de datos de temperatura en el producto, luego se realizará un análisis técnico de diseños potencialmente factibles para escoger el mejor, por último, se elaborará el diseño de detallado del prototipo.

Fase 3. Construir el prototipo con los sistemas diseñados para el monitoreo y visualización de la temperatura del producto a la salida de la etapa de horneado a manera de prototipo, se adquirirán los materiales necesarios para la construcción de los diseños establecidos, después se construirán las estructuras de soporte de los sistemas de medición de temperatura del producto, el sistema eléctrico como también electrónico para el prototipo, por último, se implementarán los sistemas de visualización, adquisición y almacenamiento de datos.

Fase 4. Evaluar el desempeño del prototipo realizado, se analizará la efectividad del funcionamiento de los sistemas implementados con el prototipo, finalmente se realizara un manual de usuario.

1.5.5 Validez de investigación

Se utiliza para validar la hipótesis de investigación. El diseño de esta investigación es experimental, la línea de esta investigación es tipo aplicada y se enfoca en procesos productivos.

Interna: se realizarán pruebas con 2 arepas de diferentes tamaños, se hará una comparación entre la temperatura interna que mide el prototipo y la medición de la temperatura interna de forma manual con un dispositivo externo (termocupla multímetro).

Externa: pruebas con el producto, se hará comparación con las temperaturas reales medidas en la planta de producción.

Variables independientes: son aquellas que se pueden modificar directamente, como temperatura interna y velocidad de la banda transportadora. En este caso las arepas no tienen la misma temperatura ni el mismo peso, por tanto, dependen de las variables dependientes.

Variables dependientes: estas variables ya vienen preestablecidas por la empresa, tamaño y grosor del producto (arepas).

2. Presentación de resultados

2.1 Resultados de acuerdo con los objetivos

2.1.1 Resultado del objetivo 1

Resultado de la visita a la planta para adquirir información precisa, acerca del proceso de producción de arepas.

Se realizó la visita a la planta de producción, en compañía del asesor y co-asesor del proyecto, se realizó un registro fotográfico del todo el proceso de producción, el cual se observa en las siguientes Figuras 8, 9, 10 y 11.

Procesos de producción

Figura 8

Proceso de producción del producto



En la Figura 8, se encuentra el tablero de producción del día con diferentes tipos de arepas de acuerdo con el peso, tamaño y la banda tipo de rodillos que permite transportar el producto dentro del proceso de horneado.

Figura 9

Maíz cocido y en reposo



En la Figura 9, se observa que para la elaboración del producto es necesario que el maíz cocido este previamente cocido, luego se somete a reposo, para su posterior enfriado.

Figura 10

Máquina para su posterior molido



En la Figura 10, se evidencia que cuando el maíz está totalmente frío, se procede a moler para la elaboración de arepas en moldes de diferentes tamaños: pequeña/delgada, grande/gruesa, grande/delgada, pequeña/gruesa.

Figura 11

Moldeado de arepas



En la Figura 11 se indica el proceso de moldeado de arepas de manera manual.

Temperatura proceso de producción

Se realiza la medición de temperatura del proceso de producción, el cual se analiza en las Figuras: 13,14, 15 y 16, mediante la cámara térmica Guide T-120.

Figura 12

Maíz en sus diferentes procesos



Maíz cocido

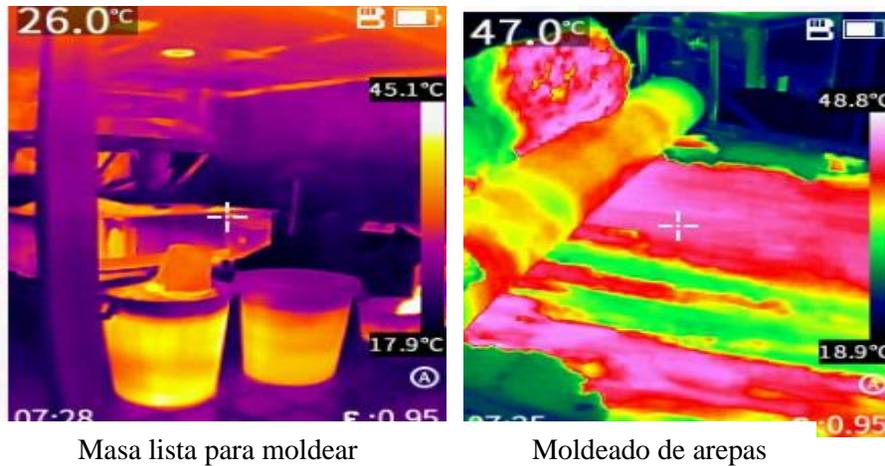
Maíz molido

Rodillo maíz

En la Figura 12, al medir la temperatura externa, se tiene que: el maíz cocido y en reposo se encuentra a 35°C, el maíz molido al salir del proceso a 32°C y el rodillo del maíz para moldear la masa a 48°C.

Figura 13

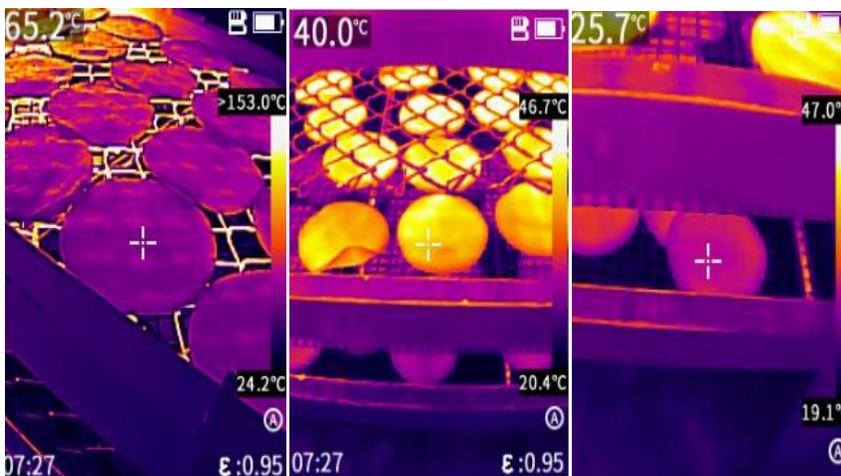
Masa lista para moldear y masa moldeada



En la Figura 13, se contempla que la masa lista para moldear está a una temperatura de 26°C, mientras que la masa moldeada se encuentra a una temperatura mayor de 47°C.

Figura 14

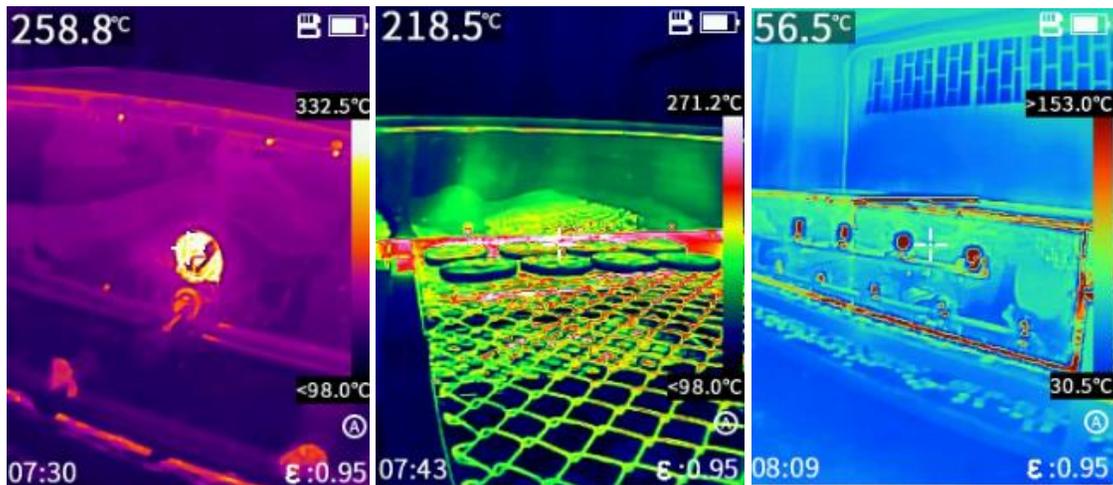
Temperatura por nivel de banda



En la Figura 14, la temperatura externa de la banda de primer nivel es de 65°C, la banda de segundo nivel es igual a 40°C y la banda tercer nivel tiene 25°C.

Figura 15

Temperatura dentro, fuera y en la boquilla del horno



Boquilla del horno

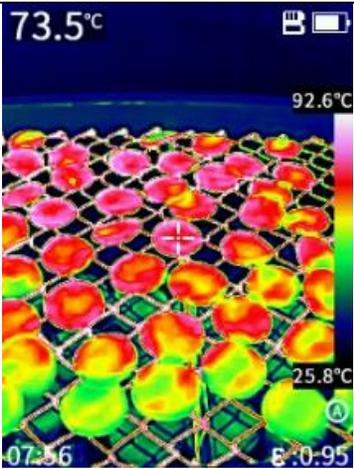
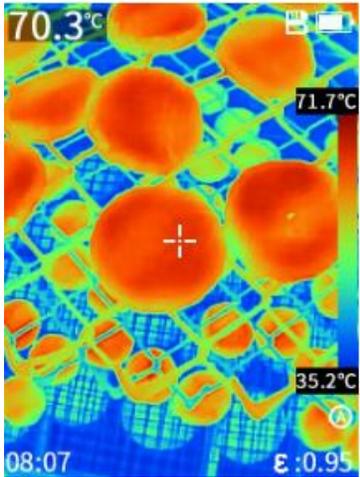
Temperatura dentro del horno

Temperatura fuera del horno

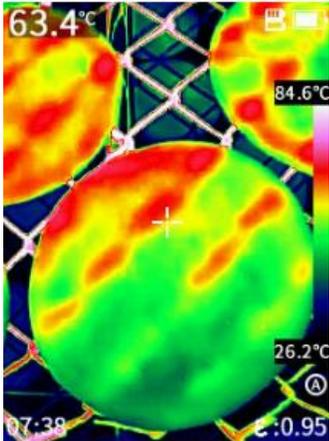
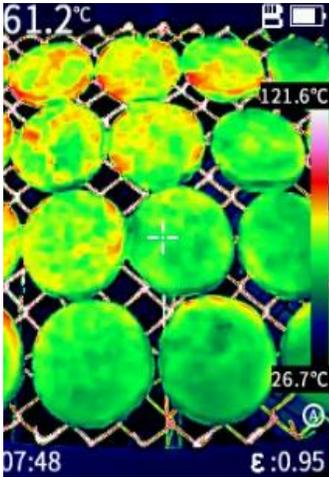
En la Figura 15, se detalla la temperatura dentro del horno de gas (258.8°C) y fuera de éste (56°C), como también en la boquilla (218.5°C).

Tabla 11

Tipo, tamaño y temperatura (interna/externa) del producto

Tipo	Tamaño arepas		Temperatura arepas	
	Diámetro (Cm)	Grosor (Cm)	Interna (°C)	Externa (°C)
Pequeña/ Delgada	6	0,5	50,6	 <p>73,5</p>
Pequeña/ Gruesa	6	1	51,3	 <p>70,4</p>

Continuación Tabla 11.

Tipo	Tamaño arepas	Temperatura arepas			
		Diámetro (cm)	Grosor (cm)	Interna (°C)	Externa (°C)
Grande/ Delgada	13		0,5	50,21	63,4
					
Grande/ Gruesa	13		1,5	55	61,2
					

En la Tabla 11, se observa el tipo, tamaño y temperatura (interna/externa) de las arepas, con el fin de conocer el producto con el cual se trabajará el diseño del prototipo para tomar la temperatura interna.

Resultado de medición de temperatura en diferentes zonas de interés en la planta actual.**Tabla 12***Temperatura en diferentes zonas de interés planta actual*

Tipo	Tamaño		Temperatura		Tiempo horneado producto banda superior
	Diámetro	Grosor	Interna	Externa	
Peq/del	6 cm	1/2 cm	50,6°C	73,5°C	3min /16 seg aprx
Peq/gru	6 cm	1 cm	51,3°C	79,4 ° C	3 min /18 seg aprx
Gra/del	13 cm	1/2 cm	50,21° C	86.7° C	3 min /25 seg aprx
Gra/gru	13 cm	1,5 cm	55° C	70.1° C	3 min /27 seg aprx

Temperatura del horno	268,7° C
Temperatura 1er nivel banda	65,2° C
Temperatura 2do nivel banda	50,3°C
Temperatura 3er nivel banda	34,6°C

En la tabla 12, se obtiene y se organiza la temperatura en diferentes zonas de interés en la planta actual, como también el tipo de producto, tamaño, grosor y tiempo de horneado del producto en la banda superior, todos estos datos son necesarios para establecer una comparación y verificación con el prototipo planteado.

Resultado de las especificaciones de desempeño del sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto de arepas mediante la observación directa e indagación con los expertos de la planta.

Como se observa en la Tabla 12, uno de los procesos iniciales que se realiza en la producción de arepas es la cocción del maíz a más de 60°C, luego se procede al lavado del maíz con agua potable, una vez limpio este producto pasa al proceso de cocción que dura de 3 a 4 horas a una temperatura de 180°C, en seguida, se adiciona 250 gramos /700 kilos de masa de ácido sórbico; se continua con el proceso de molienda del maíz, una vez listo se amasa y se corta en moldes para hornear durante 3 minutos, en esta fase (horneado) es donde se empleará el sistema de automatización que

permitirá la medición de temperatura interna del producto para generar un reporte al INVIMA, fortaleciendo el proceso de producción y la calidad del producto.

Figura 16

Diagrama flujo empresa

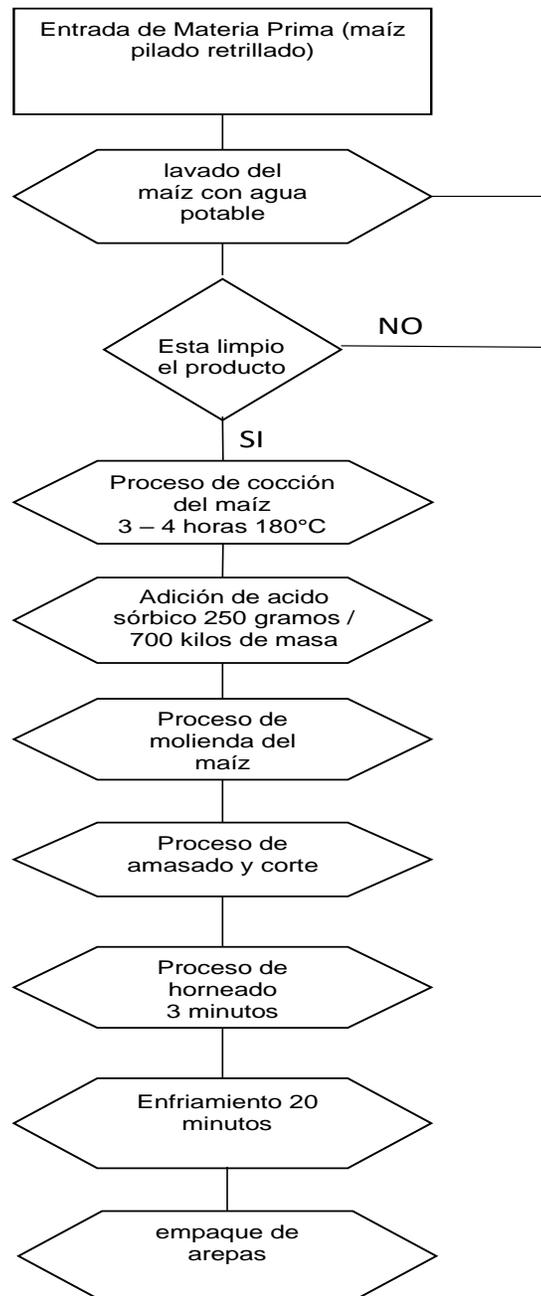


Tabla 13*Especificaciones de desempeño en la etapa de horneado*

Especificaciones de desempeño en la etapa de horneado					
Tamaño producto	Rangos de temperatura Grados centígrados (°C)		Tiempo horneado de producto banda superior	Diámetro de	Grosor producto
	Temperatura Interna	Temperatura Externa			
Peq/del	50,6°C	73,5°C	3min /16 seg aprx	6 cm	1/2 cm
Peq/del	51,3°C	79,4 ° C	3min /18 seg aprx	6 cm	1 cm
Peq/gru	50,21° C	86.7° C	3 min /25 seg aprx	13 cm	1/2 cm
Gra/gru	55° C	70.1° C	3min /27 seg aprx	12 cm	1,5 cm
Almacenamiento datos de temperatura					
Cada hora de forma manual					

En la tabla 13, se determinan las especificaciones de desempeño del sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto (arepas) mediante la observación directa e indagación con los expertos de la planta. El almacenamiento de temperatura interna del producto que se realiza en dicha empresa se hace de forma manual, dichos datos son necesarios para plantear soluciones.

Tabla 14

Diferentes pruebas de temperatura realizadas en horno eléctrico

Tamaño del producto (arepa) similar al de la empresa	Temperatura del horno	Temperatura producto
Arepa Grande/Gruesa – 13cm	230°	78°C
		
Arepa Pequeña/Gruesa -6cm	230°	72°C
		
Arepa Grande/Delgada -13cm	230°	54°C
		

Continuación Tabla 14 *Diferentes pruebas de temperatura realizadas en horno eléctrico*

Arepas Pequeña/Delgada – 6cm	230°	60°C
------------------------------	------	------



The image shows a red digital multimeter with a black dial and a blue LCD screen displaying '60'. The multimeter is placed on a granite countertop next to a white plate containing several round, golden-brown arepas. One arepa has a small hole in the center, and a thin metal probe is inserted into it. The multimeter's temperature measurement function is selected, and the probe is connected to the appropriate terminals.

Horno eléctrico a 230°



En la Tabla 14, se puede observar diferentes pruebas realizadas con horno eléctrico, en un rango de 230°, las arepas tipo delgada tienen menor temperatura, mientras que el producto tipo grueso tiene mayor rango de temperatura. Para realizar la prueba interna se procedió a tomar la temperatura con el termopar del multímetro, para posteriormente, hallar la relación de esta temperatura con el prototipo final.

2.1.1.1. Resultado. El resultado de las normas de INVIMA y la relación con el proceso de producción de arepas, donde se tiene en cuenta la resolución 2674 del Ministro de Salud y Protección Social, emitida en julio de 2013, establece reglas sanitarias para quienes trabajan con alimentos. Su fin es proteger la salud pública mediante normativas para la fabricación, procesamiento, almacenamiento y venta de alimentos. Un punto clave es mantener los alimentos calientes a más de 60°C para evitar la proliferación de microorganismos dañinos.

En conclusión, esta resolución establece las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para establecimientos que se dedican a la producción, procesamiento y almacenamiento de alimentos. En el caso de las arepas, estas normas serán aplicables a los establecimientos donde se producen y procesan las arepas, asegurando condiciones de salubridad adecuadas, manejo de ingredientes y materias primas, control de calidad y temperatura, entre otros aspectos.

2.1.2 Resultado del objetivo 2

Resultado de ideas sobre posibles soluciones de medición y almacenamiento de datos de temperatura del producto.

Posibles soluciones de medición y almacenamiento de datos de temperatura del producto.

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que permiten medir y registrar la temperatura de un producto. Algunos sensores comunes incluyen:

Como se observa en la figura 17, las termocuplas son sensores económicos con un amplio rango de temperatura. Son adecuados para aplicaciones industriales, pero su sensibilidad al ruido eléctrico y la no linealidad de su salida pueden requerir correcciones. (Suarez, 2019)

Figura 17

Termocuplas

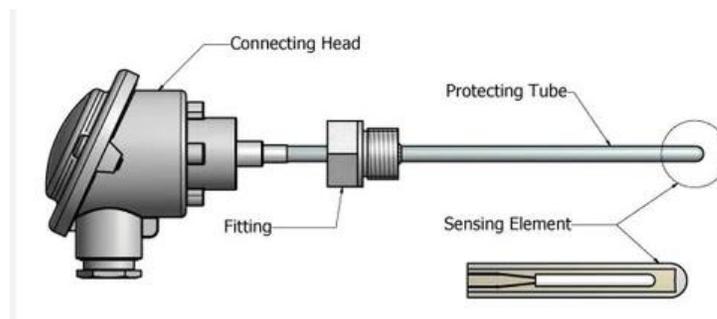


Fuente: I + D Eléctrica. Termocupla tipo K-3M. <https://goo.su/j0mrXKh>

Como se observa en la figura 18, el sensor de temperatura resistivo (RTD) es un sensor preciso con un amplio margen de temperatura y alta sensibilidad. Sin embargo, su costo es más elevado en comparación con otros sensores. (Logicbus, 2023)

Figura 18

RTD

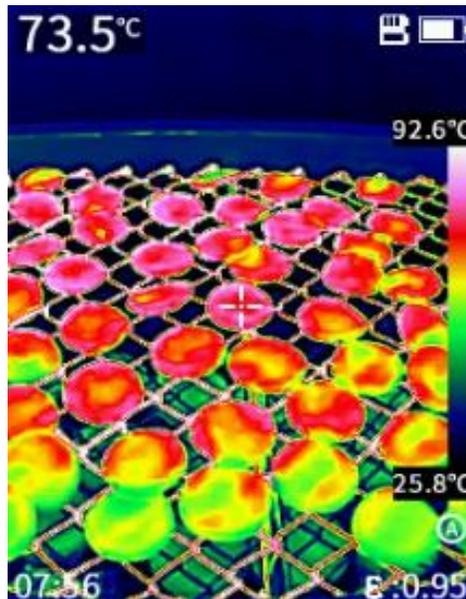


Fuente: GSL Industrias. RTD sensor. <https://onx.la/781e8>

Como se observa en la figura 19, las cámaras térmicas permiten observar el calor en los objetos y proporcionan imágenes térmicas. Son ideales para la inspección visual de temperaturas en superficies extensas. (Grekkmon, 2019)

Figura 19

Cámara térmica



Fuente: Fabrica empresa arepas Manizalitas

Almacenamiento de datos en desarrollo web

El almacenamiento de datos de temperatura permite el seguimiento y la trazabilidad de los productos. Algunas soluciones de almacenamiento de datos incluyen:

Almacenamiento en caché

Memcached: es un sistema de almacenamiento en caché de memoria distribuida, que se utiliza para almacenar datos en memoria RAM y acelerar el acceso a datos frecuentemente utilizados. Vergara, A. (2015).

Almacenamiento de sesiones

Redis: a menudo se utiliza para almacenar datos de sesión en aplicaciones web. Es una base de datos en memoria que puede utilizarse para almacenar datos temporales, como sesiones de usuario. (Red global de regiones de AWS, 2023)

Almacenamiento de archivos

Amazon S3: es un servicio de almacenamiento en la nube de Amazon que permite almacenar y recuperar archivos de manera escalable y segura. (Red global de regiones de AWS, 2023)

Google Cloud Storage: similar a Amazon S3, proporciona almacenamiento de objetos en la nube con capacidades de escalabilidad y redundancia. (Trafaniuc, 2023)

Almacenamiento de bases de datos en tiempo real

Firestore Realtime Database: Una base de datos en tiempo real en la nube que permite sincronizar datos en tiempo real entre clientes y servidores. (Dufetel, 2023)

Almacenamiento en blockchain

Ethereum: utilizado para aplicaciones descentralizadas (dApps) que almacenan datos en la cadena de bloques Ethereum. (IG Group, 2023)

IPFS (InterPlanetary File System): una red peer-to-peer que permite el almacenamiento y distribución descentralizada de archivos. (Zárate, 2023)

Sistemas de almacenamiento en la nube: las soluciones basadas en la nube, como Google Drive u OneDrive, permiten almacenar grandes cantidades de datos y facilitan el acceso y la colaboración en tiempo real. Son especialmente útiles para el monitoreo remoto. (Collins, Obispo, 2023)

Sistemas de control: para garantizar un control preciso de la temperatura de los productos, se utilizan sistemas de control como:

Controladores Lógicos Programables (PLC): los PLC son dispositivos ampliamente utilizados en la industria para la automatización de procesos. Permiten el control en tiempo real y la ejecución de acciones programadas. (Amidata S.A.U., 2023)

Figura 20

Controladores lógicos programables - PLC

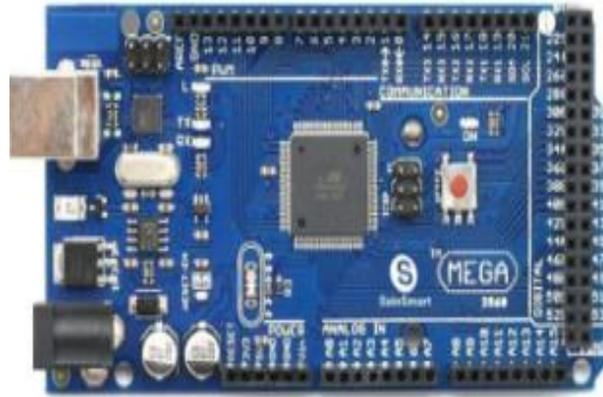


Fuente: Amidata S.A.U. (2023) <https://onx.la/b01cf>

Microcontroladores: los microcontroladores como Arduino son versátiles y rentables. Se utilizan para controlar dispositivos y recopilar datos de sensores.

Figura 21

Arduino



Fuente: Amidata S.A.U. (2023). <https://onx.la/95272>

Para Fernández, Y., (2022) define un Arduino como:

Un Arduino es un integrado, que permite controlar dispositivos, como también interactuar con ellos, tiene varios pines con los cuales se puede trabajar permitiendo conectar componentes electrónicos, gracias a esta placa se pueden programar diferentes sistemas que ejecutan acciones. Existen diferentes tipos de Arduino, los más usados son: Arduino MEGA, Arduino UNO y Arduino NANO, algunas placas tienen mayor número de entradas y salidas. (Fernández, Y., 2022, Párr. 2).

Software y lenguajes de programación

Software

XAMPP: XAMPP es un paquete de software que proporciona un entorno de servidor web que incluye Apache, MySQL, PHP y Perl. Se utiliza para configurar servidores web en entornos de desarrollo y pruebas. (Peña, 2022)

Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)

Visual Studio: Visual Studio es un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) ampliamente utilizado para programar y desarrollar aplicaciones, incluyendo aplicaciones web. Ofrece herramientas de desarrollo, depuración y administración de proyectos. (Flores, F., 2022)

Lenguajes de Programación para Frontend

HTML (HyperText Markup Language): HTML es un lenguaje de marcado utilizado para crear la estructura y el contenido de las páginas web. Define elementos y etiquetas para presentar información en un navegador. (Moz://a, 2022)

CSS (Cascading Style Sheets): CSS es un lenguaje de hojas de estilo utilizado para dar formato y diseño a las páginas web. Permite controlar la apariencia y el diseño de los elementos HTML. (Santos, D. 2022)

Lenguajes de Programación para Backend

PHP: PHP es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en el desarrollo web backend. Permite la creación de aplicaciones dinámicas, la gestión de bases de datos y la interacción con el servidor web. (Grupo PHP, 2022).

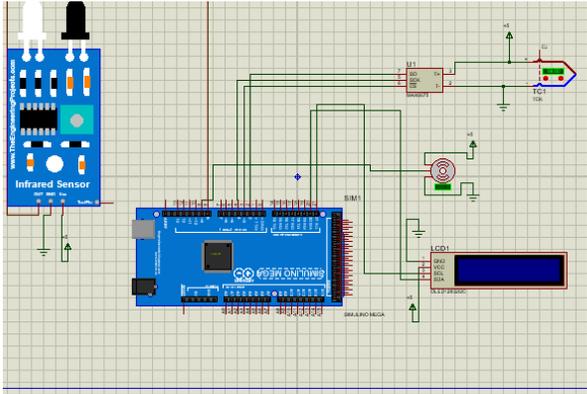
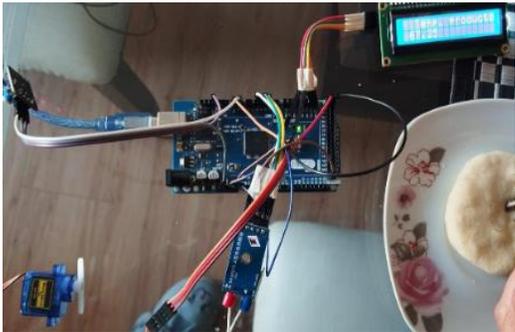
JavaScript: JavaScript es un lenguaje de programación utilizado en el lado del cliente y, cada vez más, en el lado del servidor (Node.js). Se utiliza para crear interactividad en las páginas web y comunicarse con el servidor. (JavaScript es ECMAScript (2022).

Gestor de base de datos

MySQL: MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales ampliamente utilizado en aplicaciones web. Permite el almacenamiento y recuperación de datos, es esencial para aplicaciones que requieren persistencia de datos. (Robledano, A. 2019)

Tabla 15

Sistema medición de temperatura y visualización de datos

Diseño de sistema de medición de temperatura y visualización de datos en LCD	Desempeño
 <p>The diagram illustrates the electrical connections for the temperature measurement system. An Arduino Mega is connected to an Infrared Sensor (KY032) via its digital pins. A MAX6675 module is connected to the Arduino's analog pins and a thermocouple. A servo motor is connected to the Arduino's digital pins and a power source. An LCD display is connected to the Arduino via I2C pins.</p>	<p>Sistema que permite medir la temperatura interna del producto (arepas) sin necesidad de hacerlo manualmente, con más exactitud en las medidas tomadas. El sistema consta de una placa de Arduino Mega, donde se hacen las conexiones de los sensores y el servomotor. Se utiliza un sensor evasor de obstáculos KY032, para que detecte el producto. Si el sensor detecta el producto, posteriormente el micro servomotor, el cual tiene un torque de 1,8 kg/cm, se encarga de hacer bajar la termocupla tipo K, la cual funciona con el módulo MAX6675 el cual permite medir la temperatura interna; finalmente se utiliza el módulo I2C para manejar la pantalla de una manera más fácil y observar la temperatura en la LCD.</p>
 <p>A photograph showing the physical implementation of the system. The Arduino Mega is connected to the Infrared Sensor, MAX6675 module, servo motor, and LCD display. The setup is placed on a wooden surface next to a plate of arepas.</p>	

Resultado del análisis técnico de diseños potencialmente factibles. Selección del mejor diseño posible para un posterior diseño detallado.

Diseño en SolidWorks: se utilizaron medidas reales para crear varios diseños CAD en SolidWorks, incluyendo uno basado en medidas reales y otros considerando ajustes para reducir costos.

Prototipo a escala: a partir del diseño con ajustes de costos, se desarrolló un prototipo a escala que simula el proceso de horneado. Este prototipo permite representar el proceso de manera más económica.

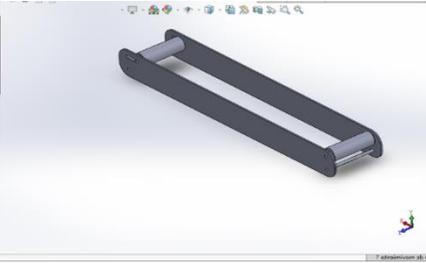
Detalles de la banda transportadora: la banda tiene 40 cm de ancho y 15 cm de altura. Se usaron ángulos de hierro de 2 pulgadas por 1/8 de pulgada para el armazón principal. Se incluyeron rodillos laterales, soportes de varilla roscada y un pasador para ajustar la tensión de la malla.

Estructura del horno: construido sobre una base de ángulo de hierro de 3/4 por 1/8 de pulgada, con dimensiones de 40 cm de largo, 39 cm de ancho y 15 cm de alto. Incorpora un sistema de flautas para la distribución de gas, utilizando quemadores de tubería galvanizada conectada mediante un sistema de válvulas y accesorios.

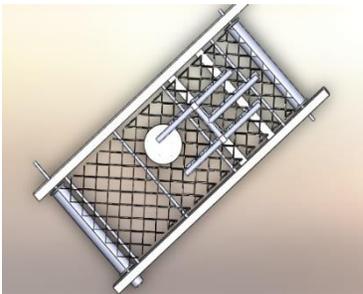
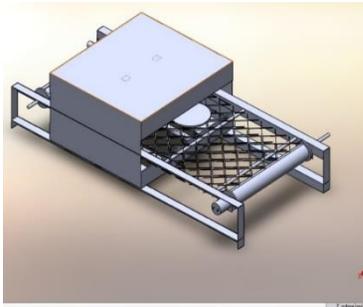
Implementación del sistema de medición de temperatura: se añadirá una base en la banda transportadora para alojar el sistema de medición. Esta base tendrá dimensiones de 12 cm de largo, 39 cm de ancho y 15 cm de alto, proporcionando soporte para el circuito.

Tabla 16

Análisis técnico de diseños potencialmente factibles

Diseño banda transportadora del producto	Especificación	Desempeño	Costos
<p>1 Diseño de banda basado en medidas de la empresa</p> 	<p>Diseño de banda realizado con medidas reales de la empresa.</p>	<p>Banda: Transporta el producto (arepa).</p> <p>Horno: Hornea las arepas con gas.</p> <p>Flautas: Transporta el gas, a través de todo horno.</p>	<p>Los costos superan la capacidad de estándares económicos.</p>
<p>2 Diseño banda</p> 	<p>Diseño de banda realizado con medidas a nivel de prototipo.</p>	<p>Banda: Transporta el producto (arepa) pero sus dimensiones son muy grandes, por lo tanto, hay más gastos de material.</p>	<p>Exceso de medidas laterales y por ende más material y costos.</p>

3 Diseño prototipo de banda transportadora



Diseño de banda detallado, realizado con medidas adecuadas y material necesario.

Banda: Transporta el producto. Costos apropiados, con medidas acordes y material económico.

Soportes de banda y pasador: Ayudan a equilibrar y tensar la malla.

Material: Angulo metálico de hierro.

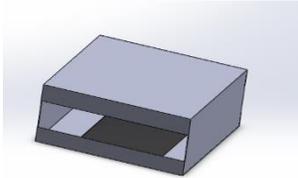
Rodillo: Permiten el movimiento de la banda con ayuda del motor.

Material: Metálico.

Flautas:

Permiten transportar gas por el horno para que el producto salga pre-cocido.

Material: Hierro.



Horno: Conformado por flautas para gas.

Material: Aluminio, que permita el calor.

2.1.3 Resultado del diseño detallado del prototipo

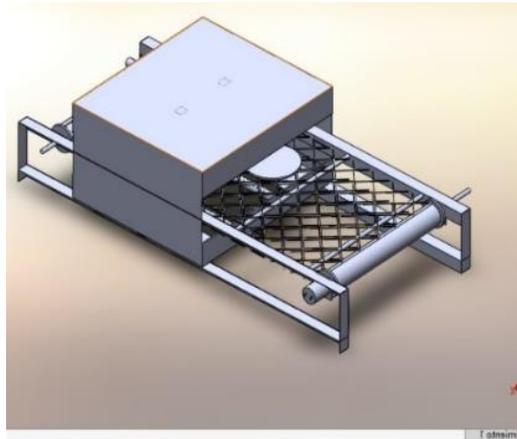
Se optó por el tercer diseño para el prototipo de banda transportadora, debido a su integralidad y adecuación a los requisitos del proyecto. Este prototipo permite el transporte del producto sin necesidad de intervención humana, al mismo tiempo que posibilita la medición de la temperatura durante la etapa de horneado. Esta elección se fundamenta en las características identificadas en el diseño que favorecen su operatividad y adaptabilidad a las necesidades específicas de la empresa.

El tercer diseño fue seleccionado para el prototipo de la banda transportadora debido a los factores y características identificados que favorecen su operación y adaptabilidad a la situación de la empresa. Este prototipo ofrece una solución integral al facilitar el transporte del producto sin requerir la intervención de un operario, al mismo tiempo que incorpora la capacidad de medir la temperatura durante la etapa de horneado, lo que contribuye significativamente a la eficiencia y calidad del proceso. La banda transportadora desplaza el producto para permitir la medición de temperatura de forma eficiente. La banda se construyó con 6m de ángulo, tiene una anchura de 40 cm y una altura de 15 cm, con un armazón construido a partir de ángulos de hierro de 2 pulgadas por 1/8 de pulgada, la malla usada es de 1.90 de largo * 24 de ancho. Se incorporaron dos rodillos laterales de 50cm con tubo galvanizado de 2in*1/8 de grueso, equipados con ejes de 12mm y arandelas de 9cm en cada extremo para evitar desviaciones de la malla. Adicionalmente, se reforzó la estructura con soportes de varilla roscada de 1/2 pulgada para proporcionar mayor estabilidad. En uno de los extremos del rodillo se instaló un pasador para la tensión adecuada de la malla. La transmisión de fuerza del motor al rodillo se logra mediante un prisionero.

El horno, construido sobre una base de ángulo de hierro de 3/4 por 1/8 de pulgada, tiene dimensiones de 40 cm de largo, 39 cm de ancho y 15 cm de alto, cubierto con acero inoxidable de 2m de lámina calibre #22. Este incluye un sistema de flautas para la distribución de gas, con quemadores de tubería galvanizada de 30cm de longitud. Las flautas se conectan mediante un sistema de válvulas con accesorios y 4 codos galvanizados, llave para controlar la salida de gas. Además, se añadirá una base en la banda transportadora para implementar el sistema de medición, con dimensiones de 12 cm de largo, 39 cm de ancho y 15 cm de alto.

Figura 22

Prototipo banda transportadora diseñada en SolidWorks



2.1.3.1 Cálculos banda transportadora

Para calcular la banda transportadora simple, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud de la banda (L): Es la distancia total que debe recorrer la banda transportadora.
- Ancho de la banda (W): Es la distancia perpendicular al movimiento de la banda transportadora.
- Velocidad de la banda (V): Es la velocidad lineal a la que se mueve la banda transportadora.
- Tensión de la banda (T): Es la fuerza necesaria para mover la banda transportadora.
- Coeficiente de fricción (μ): Es la medida de la resistencia a la fricción entre la banda transportadora y la superficie sobre la que se mueve.

$$L = 1\text{m}$$

$$W = 40\text{cm} \longrightarrow 0,4\text{ m}$$

$$N = 1\text{m}$$

$$T = ?$$

$$\mu = 0.5 \text{ coeficiente de fricción.}$$

Con estos parámetros, se pueden realizar los siguientes cálculos:

1. Capacidad de carga de la banda transportadora (Q): Es la cantidad máxima de material que puede transportar la banda transportadora en un período de tiempo determinado.

$$Q = W \times V \times \rho \times f$$

Donde W es el ancho de banda, V es la velocidad de la banda, ρ es la densidad de la arepa y f es el factor de llenado, el cual es el porcentaje de la sección transversal de la banda ocupada por el material transportado.

2.1.3.2 Capacidad de carga

$$Q = W \times V \times \rho \text{ (arepa)} \times f \text{ (\% factor de llenado)}$$

$$Q = (0.4\text{m}) \times (0.0055\text{m/s}) \times (0.06\text{kg/m}^3) \times (0.5)$$

$$Q = 0.000066\text{kg/s} \times 3.600\text{s/1h} = 0.23\text{kg/h}$$

2. Tensión de la banda (T): Es la fuerza necesaria para mover la banda transportadora. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$T = (m) (g) (L) / V$$

Donde m es la masa de las arepas, g es la aceleración de gravedad y L es la longitud de la banda.

Tensión

$$\text{Masa arepas: } (20\text{g} \times 5) = 100\text{g} \rightarrow 0,1 \text{ g}$$

$$T = (m) (g) (L) / V = \frac{((0.1\text{kg}) (9.8\text{m/s}^2)) (1\text{m})}{0.005\text{m/s}} = 178,18\text{N}$$

3. Torque requerido por el motor (T): Es la energía requerida para mover la banda transportadora a la velocidad y tensión requeridas. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$T = (\text{Tensión}) (r)$$

Donde tensión se expresa en Newton y r es el radio del rodillo.

2.1.3.3 Torque requerido motor

$$T = (T) (r)$$

$$T = (178,18N) (0,003m)$$

$$T = 0,53 \text{ N.m}$$

$$\text{Rodillo} = 6\text{cm}$$

$$\text{radio} = 3\text{cm} = 0,003\text{m}$$

El motorreductor elegido es aproximado. 0,17kg/m \rightarrow 1.66 N.m

Con base en los cálculos previos para determinar la idoneidad del motorreductor, se ha seleccionado el motor alemán Faulhaber 23421012cr. Este motorreductor posee un torque de 17 kg, un diámetro de 30mm y un eje de 35mm. Ofrece una velocidad de 120rpm y una potencia de 17W. Este motor opera con una alimentación de 12V y presenta una caja reductora fabricada en metal.

Es fundamental tener en cuenta que estos cálculos sirven como guía, pero existen otros factores que pueden incidir en el desempeño de la banda transportadora. Elementos como la resistencia a la rodadura, la longitud y tensión de la banda, el tipo de material que se transporta, así como el perfil de la superficie de la banda, también ejercen influencia sobre su rendimiento. (Zayas, et.al, 2022).

Figura 23

Motorreductor



Fuente: electrotekmega (2014). Motor Reductor Faulhaber.

2.1.4 Resultado de adquisición de materiales necesarios para la construcción del diseño establecido

Tabla 17

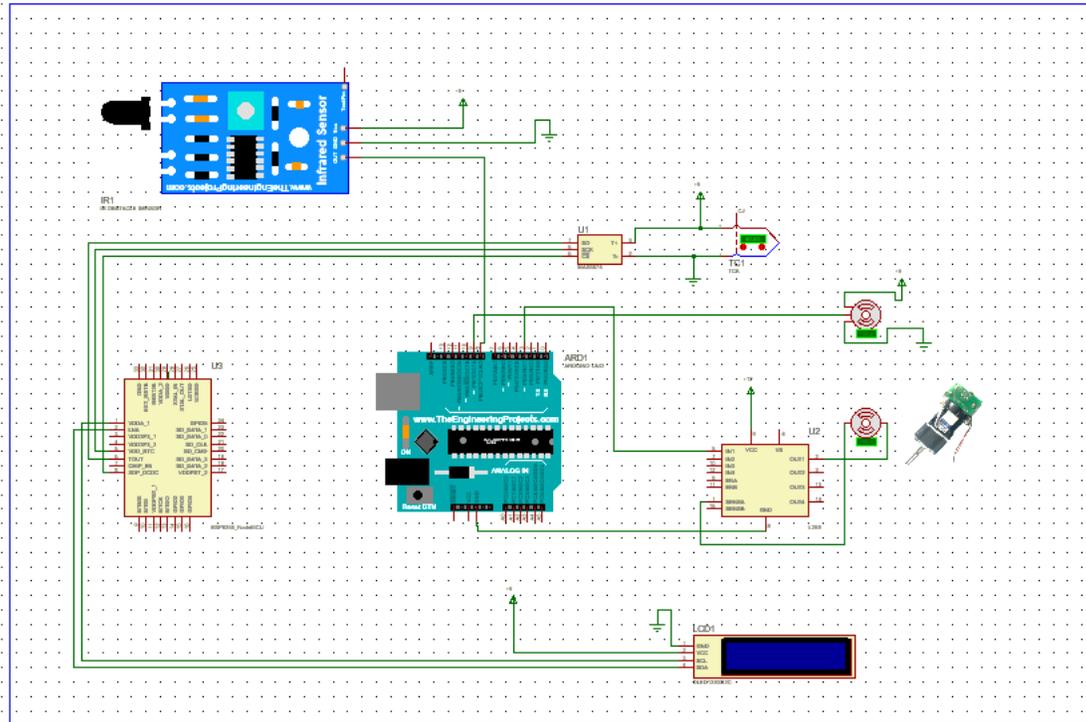
Materiales para la construcción del prototipo

Materiales	Medidas	Cantidad
Varilla roscada	½ in	2
Ángulo de hierro para la base	2in * 1/8 grosor 1m de largo	
Ángulo de hierro para el horno	¾ * 1/8 grosor	
Rodillos	26 cm ancho Eje: 12mm	
Accesorios galvanizados	3/8 de grosor	
Niplex (Tubos rocados)	3/8 de grosor	
Malla – alambre galvanizado	3mm	
Arduino UNO , ESP8266		1
Cables Jumper		20
Sensor temperatura		1
Sensor de obstáculos		1
Fuente		1
Motorreductor		1
Computador		1

2.1.4.1 Conexiones sistema electrónico

Figura 24

Circuito de banda transportadora con sistema de medición de temperatura



El Arduino UNO y el ESP8266 están interconectados mediante una serie de conexiones para facilitar una comunicación eficiente entre ambos dispositivos. En este sistema, el Arduino UNO desempeña un papel crucial, ya que no solo suministra el voltaje necesario a varios componentes del circuito, sino que también se encarga de controlar con precisión el funcionamiento del microservomotor y del sensor de obstáculos.

Por otro lado, el ESP8266, con su capacidad de conectividad Wi-Fi, se integra en el sistema para añadir funcionalidades avanzadas. En particular, se aprovecha su capacidad para integrar el módulo MAX6675, lo que permite realizar mediciones precisas de temperatura. Además, el ESP8266 se convierte en el medio de comunicación para enviar estos datos de temperatura a una página web, donde pueden ser monitorizados y analizados de forma remota.

En cuanto al control del motorreductor Faulhaber, se emplea el controlador Driver LN298, una elección que permite una gestión fina y precisa de la velocidad y los intervalos de tiempo de este componente esencial en el sistema. Este controlador añade una capa adicional de control y eficiencia al sistema, asegurando un funcionamiento óptimo del motorreductor en todas las condiciones. Las conexiones específicas son las siguientes:

Tabla 18*Conexiones específicas*

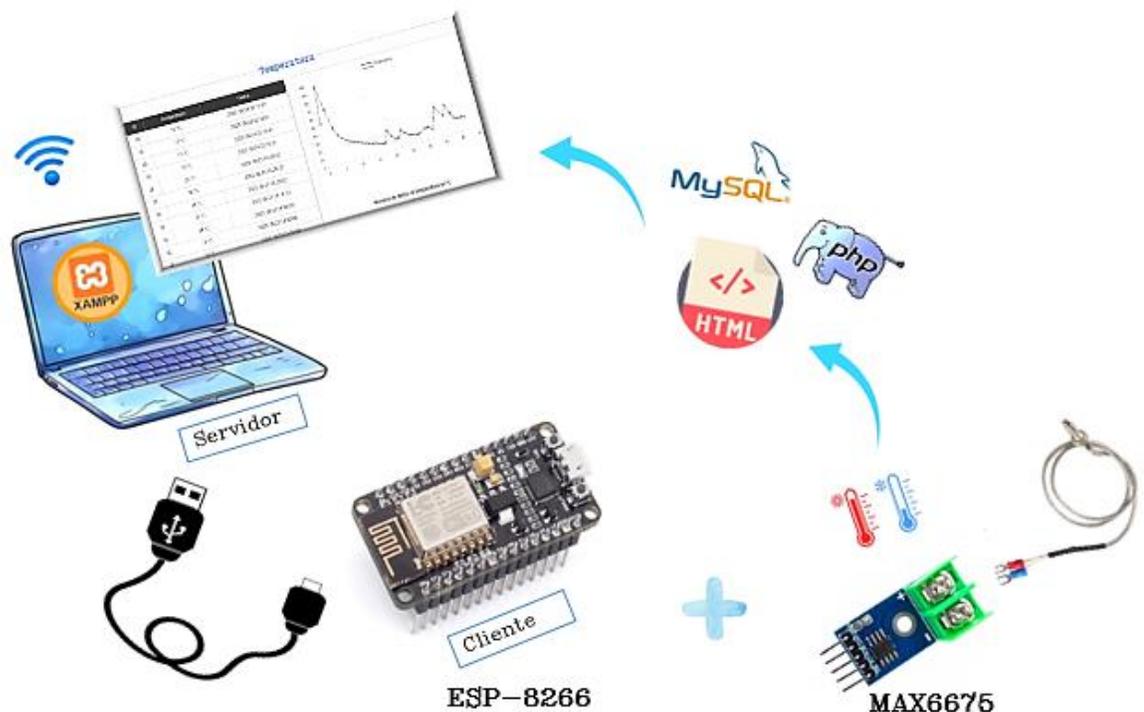
Dispositivo	Conexiones
LCD I2C	Conexión GND (Tierra) del LCD al GND del Arduino UNO. Conexión de 5V del LCD a fuente de alimentación.
Módulo MAX6675	GND conectado al GND en el ESP8266. VCC conectado a la fuente de alimentación de 3V en el ESP8266. SCK conectado a D5 en el ESP8266. CS conectado a D8 en el ESP8266. SO conectado a D6 en el ESP8266.
Microservomotor	GND conectado al GND en el ESP8266. VCC conectado a la fuente de alimentación del Arduino UNO. OUT del microservomotor conectado al PIN 9.
Sensor de obstáculos KY	GND del sensor conectado al GND en el Arduino UNO. El pin de 5V del sensor conectado a la fuente de alimentación en el Arduino UNO. OUT del sensor conectado al PIN 8 en el Arduino UNO.

2.1.4.2 Sistema de visualización, adquisición y almacenamiento de datos

En el sistema planteado inicialmente, fue necesario hacer algunos cambios respecto a la programación para que se pueda enviar, almacenar y visualizar datos en tiempo real.

Figura 25

Sistema de visualización, adquisición y almacenamiento de datos



Se utilizó la placa ESP8266 como controlador para la medición de temperatura mediante el módulo MAX6675 y el termopar tipo K. Esto posibilitó la captura de datos, los cuales fueron visualizados en un display LCD. Posteriormente, se tuvieron en cuenta las capacidades del ESP8266 para conectarlo a la red y permitir la interacción con una interfaz gráfica. Dicha interfaz, no solo muestra los datos en tiempo real, sino que también los almacena en una base de datos.

Para la implementación de esta funcionalidad, se configuró un servidor local utilizando XAMPP. La interfaz gráfica se diseñó como una aplicación web utilizando código PHP, el cual se

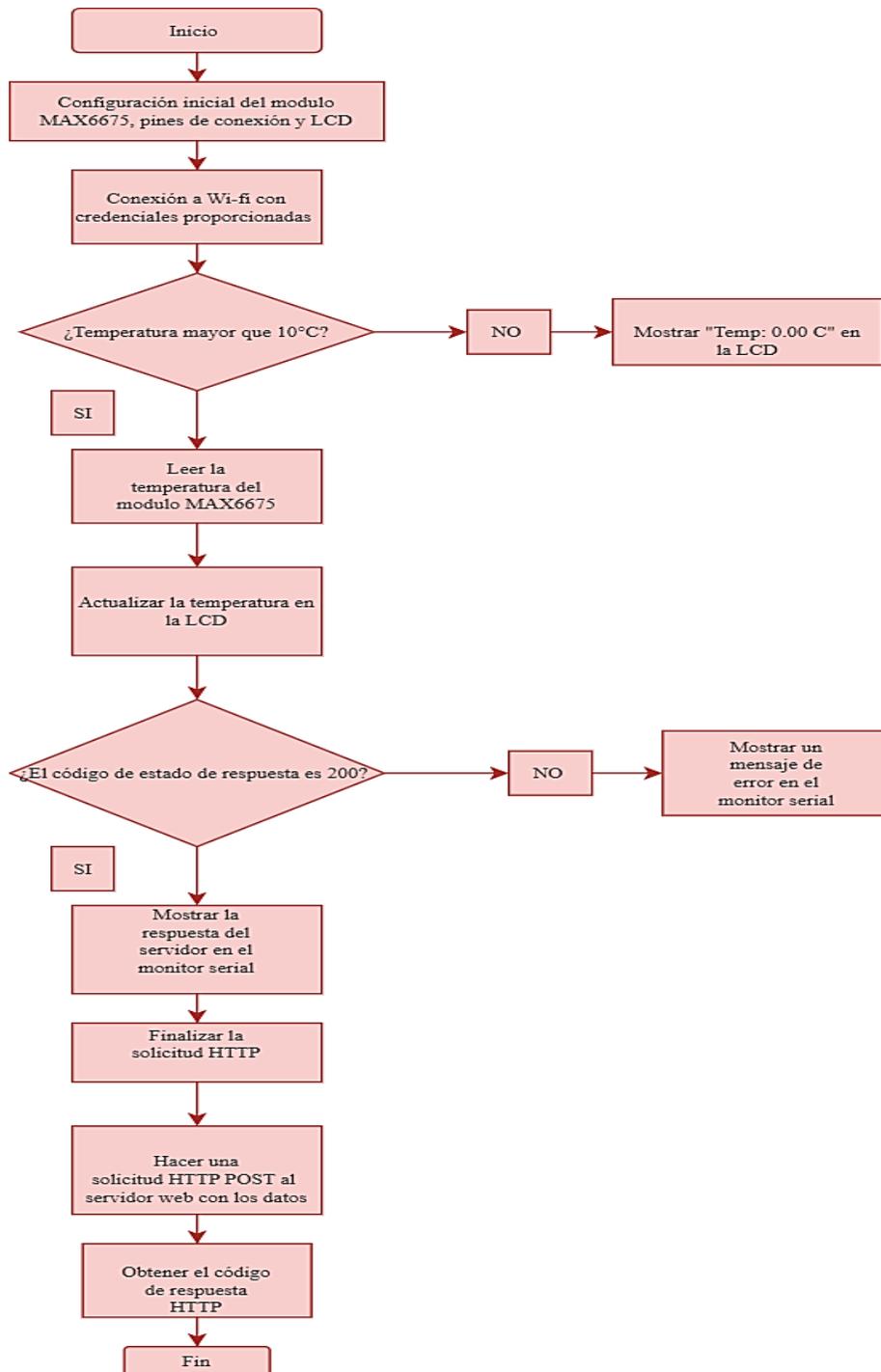
inicializa con Apache. A través de esta interfaz, se estableció la comunicación con el código previamente cargado en el ESP, utilizando el método POST para la carga de datos en MySQL.

Finalmente, los datos almacenados se presentan de manera estructurada en un archivo `index.html`, mostrando información como el ID, temperatura, fecha y hora de almacenamiento. Este enfoque integral asegura la adquisición, almacenamiento y visualización eficientes de los datos de temperatura en un entorno controlado.

El Diagrama de flujo ESP8266- Modulo MAX6675, como se indica en la figura 26, representa la secuencia de acciones que se realiza en un bucle continuo. El código realizado es un programa para la placa ESP8266 que permite tomar la temperatura a través del módulo MAX6675, actualiza la pantalla LCD y realiza una solicitud HTTP POST cuando la temperatura es mayor que 10°C. Además, muestra mensajes de estado en el monitor serial.

Figura 26

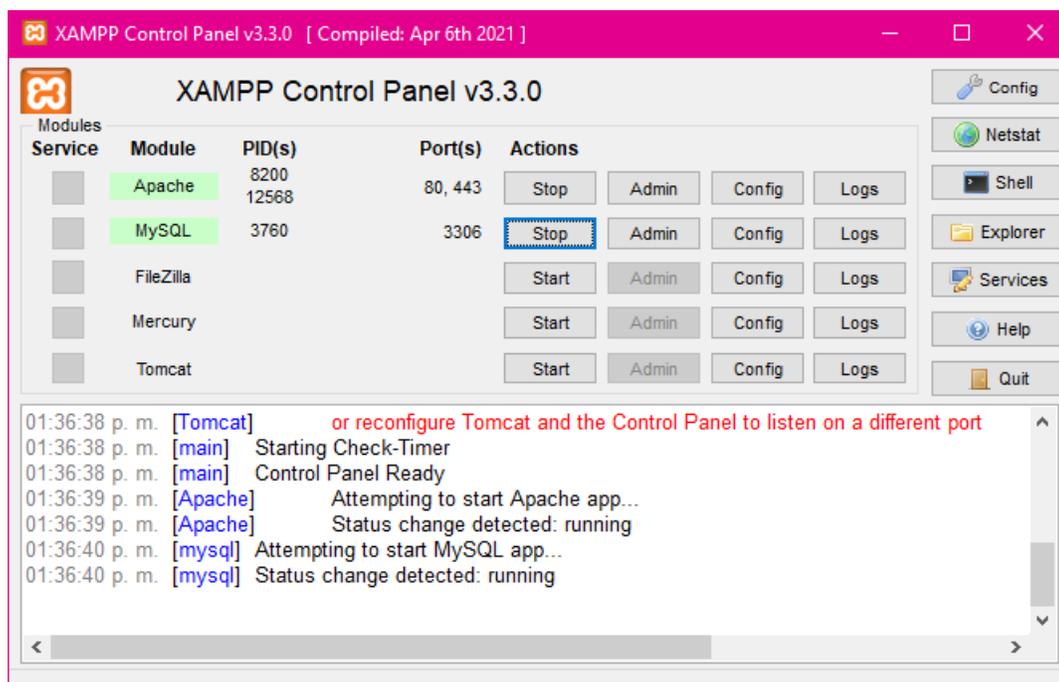
Diagrama ESP8266, Modulo MAX6675- Arduino



En la Figura 27, se puede detallar el uso del servidor web local XAMPP, el cual incluye el servidor web Apache y la base de datos MySQL. A través de Apache, el ordenador se transforma en un servidor web que posibilita la visualización de la página, mientras que MySQL se emplea para almacenar la información mediante el método POST. Este método facilita la carga de datos, específicamente la temperatura en este contexto.

Figura 27

XAMPP

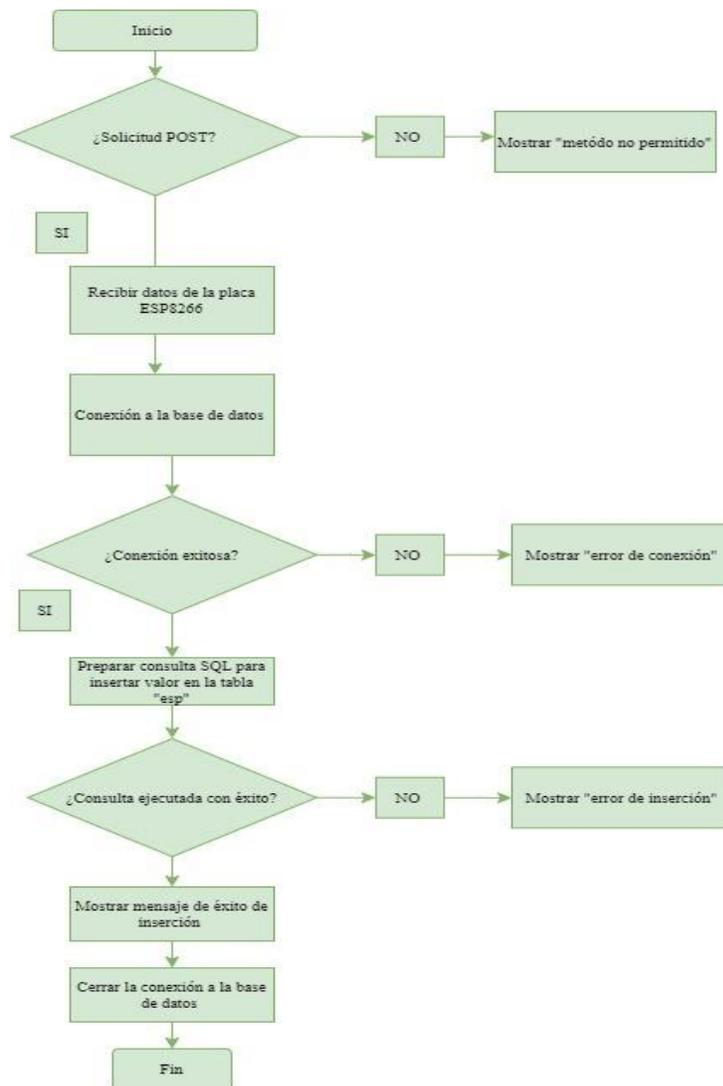


2.1.4.3 ESP-POST

En la figura 28, se indica el diagrama de flujo ESP8266-POST, el código PHP está diseñado para recibir el valor del dispositivo ESP8266 a través de una solicitud POST, conectarse a una base de datos MySQL y luego realizar una inserción del valor en una tabla específica. Después de realizar la operación, se cierra la conexión a la base de datos. El código PHP gestiona solicitudes no permitidas, mostrando un mensaje claro si no se utiliza el método POST.

Figura 28

Diagrama ESP8266-POST - PHP



2.1.4.4 Consulta ESP

En el Diagrama de flujo consulta ESP8266, se evidencia en la Figura 29, se observa el script realizado en PHP, el cual se conecta a una base de datos MySQL, realiza una consulta para obtener datos de una tabla llamada "esp" y devuelve esos datos en formato JSON. Este script se enfoca en la recuperación de datos existentes, permite obtener y almacenar información. Este tipo de enfoque en aplicaciones web se usa para permitir que un cliente (un dispositivo IoT) consuma fácilmente los datos.

Figura 29

Diagrama consulta ESP8266 – PHP

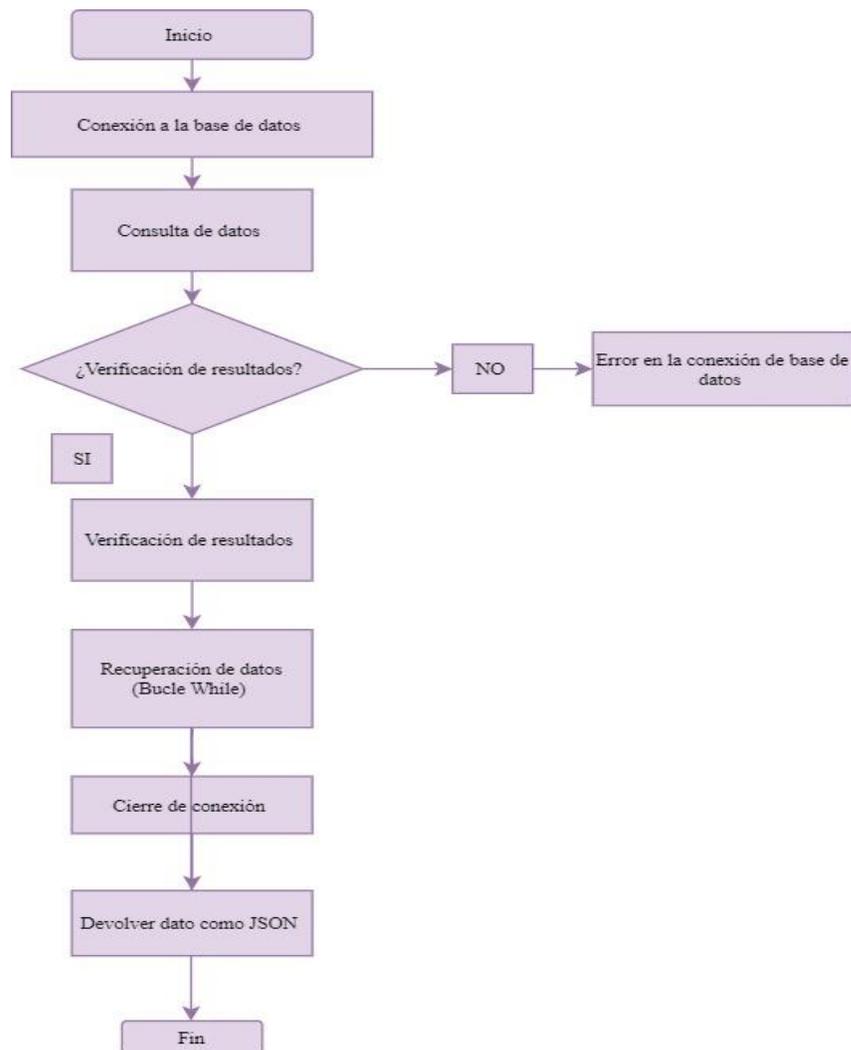


Figura 30

Base de datos y resultado

Base de datos: esp8266, Tabla: esp, Propósito: Volcado de datos

id	valor	fecha
1	53	2023-10-19 19:34:10
2	98	2023-10-19 19:34:20
3	69	2023-10-19 19:34:30
4	45	2023-10-19 19:34:40
5	35	2023-10-19 19:34:51
6	30	2023-10-19 19:35:01
7	26	2023-10-19 19:35:11
8	24	2023-10-19 19:35:21
9	22	2023-10-19 19:35:31
10	21	2023-10-19 19:35:41
11	19	2023-10-19 19:35:51
12	17	2023-10-19 19:36:02
13	16	2023-10-19 19:36:12
14	14	2023-10-19 19:36:22
15	14	2023-10-19 19:36:32
16	12	2023-10-19 19:36:42
17	11	2023-10-19 19:36:52
18	11	2023-10-19 19:37:02
19	25	2023-10-23 13:45:08
20	17	2023-10-23 13:45:18
21	12	2023-10-23 13:45:28
22	13	2023-10-23 13:45:38
23	21	2023-10-23 13:45:48
24	16	2023-10-23 13:45:59
25	13	2023-10-23 13:46:09
26	12	2023-10-23 13:46:19
27	11	2023-10-23 13:46:29
28	11	2023-10-23 13:46:39
30	15	2023-10-23 13:59:46
31	16	2023-10-23 13:59:56
32	12	2023-10-23 14:00:06
33	24	2023-10-23 14:09:29
34	37	2023-10-23 14:14:53
36	24	2023-10-23 14:28:02
37	36	2023-10-23 14:28:12
38	25	2023-10-23 14:28:22
39	19	2023-10-24 22:16:31
40	17	2023-10-24 22:16:41
41	17	2023-10-24 22:16:51
42	16	2023-10-24 22:17:01

En la Figura 30, se observa el Muestreo de datos a través de la base de datos MySQL, aquí se almacenan los datos enviados del ESP a través del método POST. También se puede apreciar un volcado sobre algunos datos recolectados.

2.1.4.5 Página Web

En las Figuras 31 y 32 se explica el código de la página web que muestra datos de temperatura en una tabla y un gráfico actualizado cada 5 segundos. Utiliza HTML para la estructura, CSS para el estilo, y JavaScript con la biblioteca Chart.js para crear y actualizar dinámicamente el gráfico. La función actualizarDatos obtiene datos de un servidor ('consulta.php'), actualiza la tabla y el gráfico, y se llama periódicamente.

2.1.4.6 HTML y JavaScript

Figura 31

Diagrama HTML y JavaScript

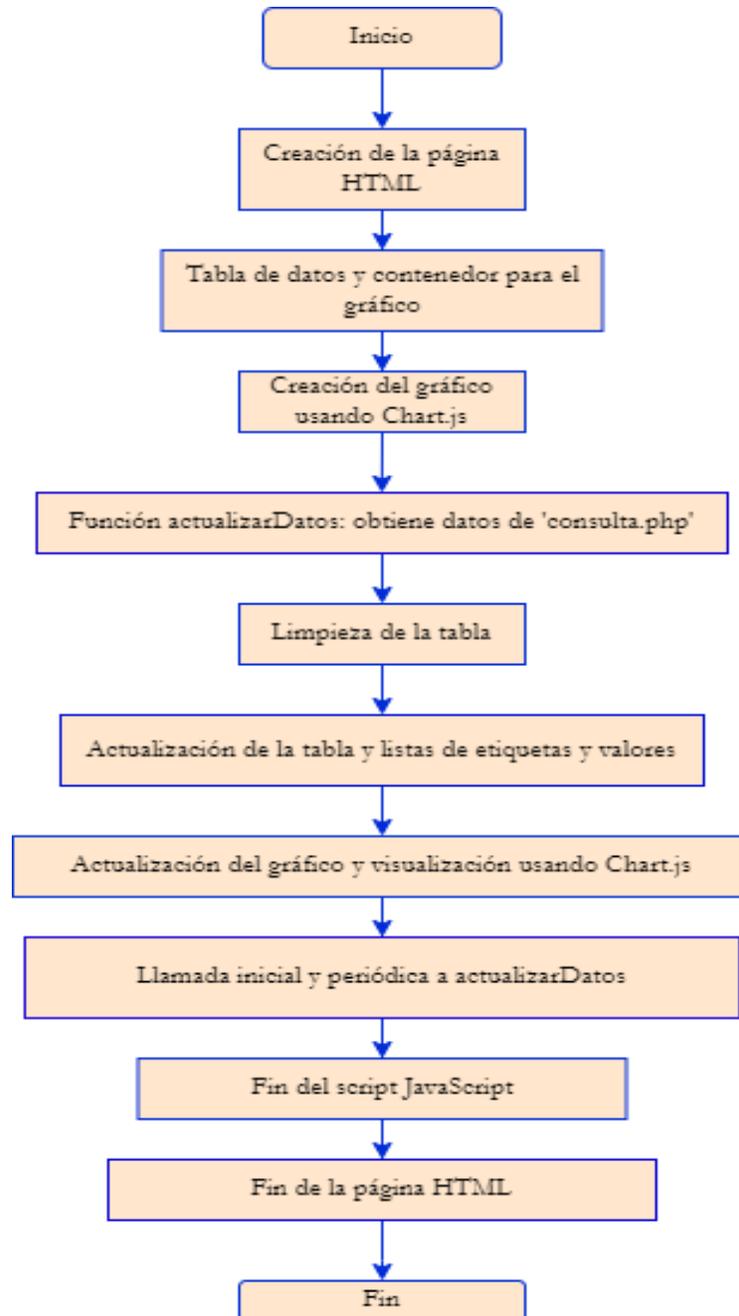


Figura 32

Diagrama CSS

Para estilos de presentación (a través del archivo "styles.css").

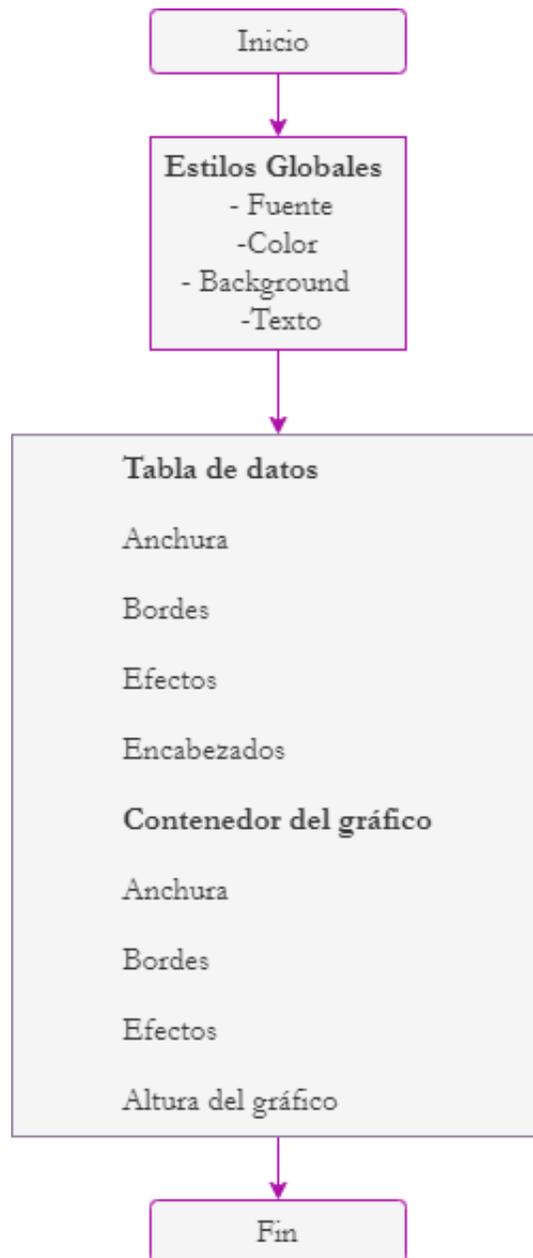
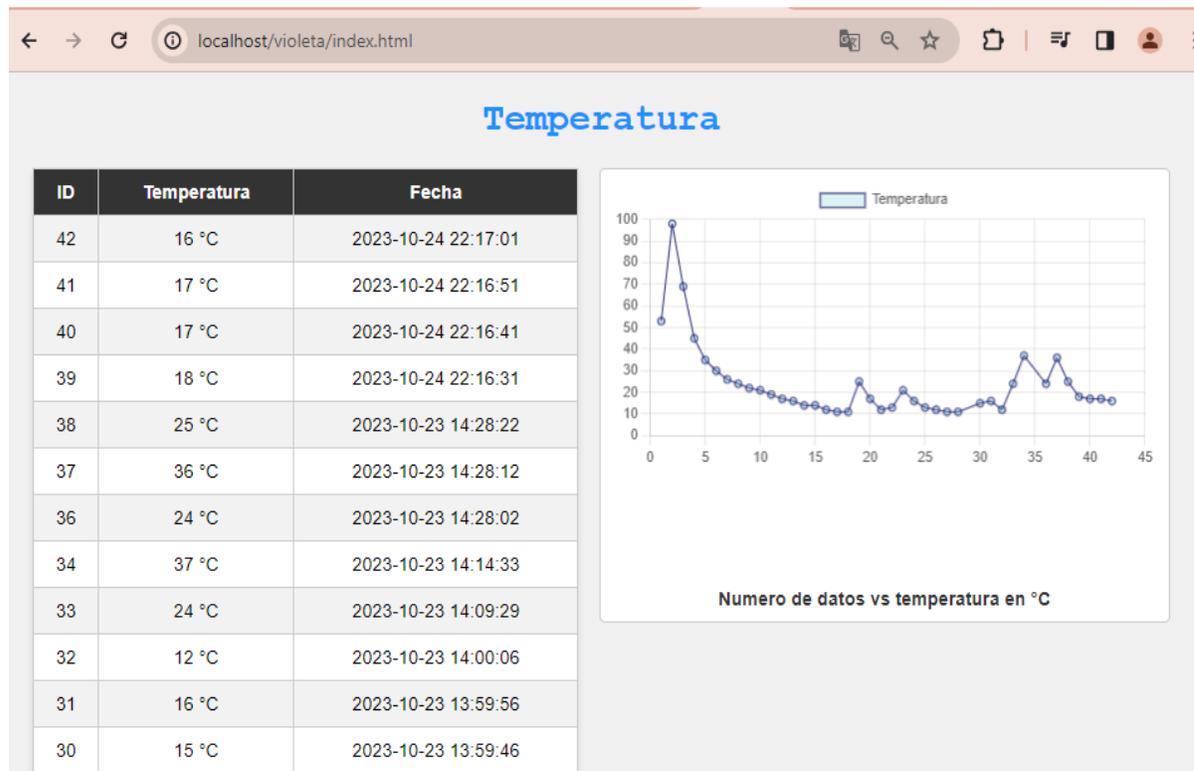


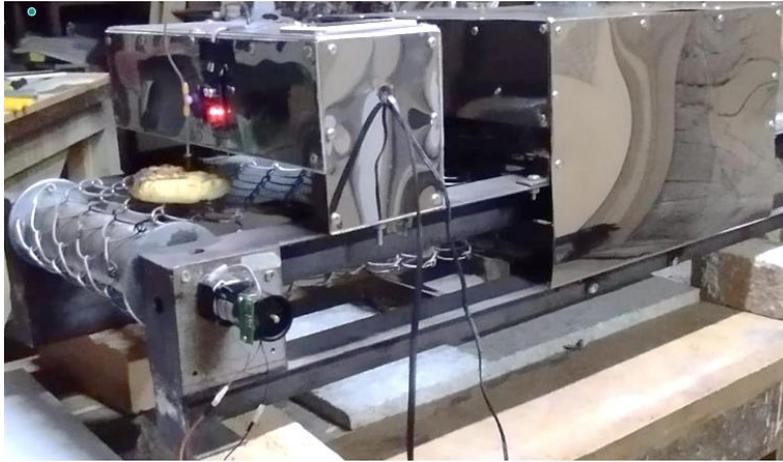
Figura 33*Página web temperatura*

En la página web, se puede observar detalladamente el proceso de muestreo de datos, lo cual es fundamental para garantizar la fiabilidad de la información recopilada. Uno de los aspectos destacados que se pueden encontrar en la página es la fecha de la muestra de temperatura y el gráfico.

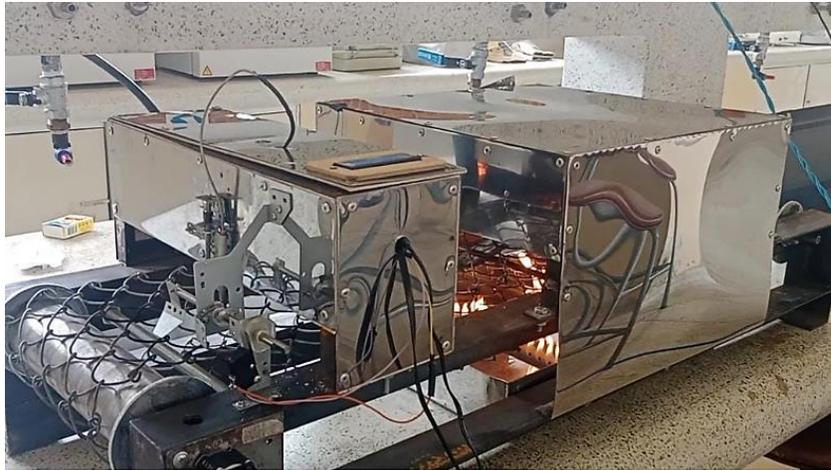
La página web no solo presenta los datos de temperatura, sino que también ofrece una visión detallada del proceso detrás de estos datos. Esto ayuda a los usuarios a entender mejor la información presentada y a utilizarla de manera efectiva para sus necesidades específicas.

Figura 34

Prototipo inicial



Prototipo final



Se desarrolló un prototipo completo de banda transportadora con un sistema de medición de temperatura, esta banda transportadora fue diseñada para optimizar el transporte y el control durante el proceso de horneado de productos. Esta solución combina la eficiencia en el transporte con la capacidad de controlar la temperatura interna durante el horneado.

La banda transportadora, construida con un armazón robusto de ángulos de hierro y equipada con una malla adecuada para el desplazamiento de productos, se complementa con un sistema de rodillos laterales para prevenir desviaciones. Además, se añadió una base para implementar el sistema de medición de temperatura.

Para la medición de temperatura, se emplea un Arduino UNO y un ESP8266, conectados entre sí y a tierra. El Arduino UNO suministra voltaje a los componentes del circuito y gestiona el funcionamiento del microservomotor y del sistema mecánico, el cual permite que la termocupla baje y mida la temperatura cuando el producto (arepa) active un actuador diseñado específicamente para reemplazar el sensor de obstáculos KY, porque no era muy preciso. Esto proporciona un mayor control y precisión en el momento de la medición de temperatura. Por su parte, el ESP8266 integra el módulo MAX6675 para la medición de temperatura y envía estos datos a una página web.

La placa ESP8266, se utilizó como controlador para la medición de temperatura mediante el módulo MAX6675 y el termopar tipo K, permitiendo la captura de datos que se visualizan en un display LCD. Posteriormente, se aprovechan las capacidades del ESP8266 para conectarlo a la red y permitir la interacción con una interfaz gráfica, la cual no solo muestra los datos en tiempo real, sino que también los almacena en una base de datos.

La implementación de esta funcionalidad incluyó la configuración de un servidor local utilizando XAMPP. La interfaz gráfica se diseñó como una aplicación web en PHP, que se inicializa con Apache. A través de esta interfaz, se establece la comunicación con el ESP8266 mediante el método POST para la carga de datos en MySQL.

Finalmente, los datos almacenados se presentan de manera estructurada en un archivo HTML, mostrando información relevante como el ID, temperatura, fecha y hora de almacenamiento. Este enfoque integral asegura la adquisición, almacenamiento y visualización eficientes de los datos de temperatura en un entorno controlado.

2.1.5 Resultado de analizar la efectividad del funcionamiento de los sistemas implementados, destacando las ventajas del prototipo.

Tabla 19

Prueba de comparación de temperatura interna de arepa grande/gruesa

Pruebas de temperatura con termocupla de multímetro	Pruebas de temperatura con el prototipo
 <p data-bbox="646 982 716 1014">78°C</p> <p data-bbox="537 1094 824 1125">Temperatura interna:</p> <p data-bbox="639 1146 727 1178">51,3°C</p> <p data-bbox="631 1199 735 1230">55,21C°</p>	<p data-bbox="1127 926 1196 957">40°C</p>

El análisis comparativo de las mediciones de temperatura revela algunas diferencias entre los métodos empleados. En el caso de las arepas Gruesas pequeñas/delgadas, la temperatura interna medida osciló entre 51°C y 55°C, mientras que con el prototipo esta en 40°C. Sin embargo, al utilizar una termocupla conectada a un multímetro, se registró una temperatura notablemente más alta, alcanzando los 78°C.

Tabla 20

Prueba de comparación externa

Temperatura	Pruebas de temperatura con el producto de la empresa
51,3°C	43°C
55,21C°	

Se realizaron pruebas en la planta de producción y con el producto de la empresa utilizando el prototipo. En el caso de las arepas tipo gruesa, las mediciones directas en la planta oscilan entre 51°C y 55°C, mientras que tanto el producto de la empresa como el prototipo indican una temperatura interna de 43°C.

El desarrollo de este prototipo de banda representa un avance significativo en la industria alimentaria, especialmente en la producción de arepas, al optimizar el transporte del producto y garantizar la calidad además de la implementación de un sistema de medición de temperatura interna. El adecuado y eficiente del transporte de las arepas es muy importante puesto que permite asegurar una cocción uniforme y segura, generando un producto final de alta calidad que cumple con los estándares de seguridad alimentaria y las expectativas de los consumidores. Al reducir la intervención manual, se minimizan los errores humanos, mejorando la eficiencia del proceso y aumentando la productividad al optimizar recursos y tiempo.

Además, la implementación de tecnologías como esta puede tener beneficios económicos a largo plazo. Si bien la inversión inicial en el desarrollo e implementación del prototipo puede ser considerable, los ahorros resultantes debido a una mayor eficiencia, reducción de desperdicios y mejora en la calidad del producto pueden resultar en un retorno de la inversión significativo a lo largo del tiempo.

Para respaldar estos avances, se han recopilado datos técnicos relevantes, como los rangos de temperatura interna y externa de las arepas en diferentes tamaños y grosores, así como los tiempos de horneado en la banda superior:

- Pequeñas/Delgadas: Temperatura interna: 50,6°C, Temperatura externa: 73,5°C, Tiempo de horneado aproximado: 3 minutos / 16 segundos.
- Pequeñas/Gruesas: Temperatura interna: 51,3°C, Temperatura externa: 79,4°C, Tiempo de horneado aproximado: 3 minutos / 18 segundos.
- Grandes/Delgadas: Temperatura interna: 50,21°C, Temperatura externa: 86,7°C, Tiempo de horneado aproximado: 3 minutos / 25 segundos.
- Grandes/Gruesas: Temperatura interna: 55°C, Temperatura externa: 70,1°C, Tiempo de horneado aproximado: 3 minutos / 27 segundo

Esto proporciona una base sólida para el análisis de desempeño del prototipo. Además, se han establecido especificaciones de desempeño para el sistema de monitoreo y almacenamiento de datos de temperatura del producto durante la etapa de horneado, lo que refuerza aún más la eficacia y la calidad del proceso de producción de arepas.

El diseño de la banda transportadora se ha concebido meticulosamente y con precisión para garantizar un funcionamiento óptimo y una integración fluida con el proceso de producción de arepas.

Para asegurar la estabilidad y el desplazamiento suave del producto, la banda transportadora se diseñó con un ángulo de 6 metros de longitud, una anchura de 40 cm y una altura de 15 cm. El marco se fabricó utilizando ángulos de hierro de 2 pulgadas por 1/8 de pulgada, proporcionando una estructura resistente y duradera. Además, la malla utilizada en la banda tiene dimensiones de 1.90 metros de largo por 24 centímetros de ancho, garantizando una superficie de transporte adecuada para las arepas.

Para evitar desviaciones de la malla y asegurar un desplazamiento uniforme del producto, se incorporaron dos rodillos laterales de 50 cm de longitud. Estos rodillos están equipados con tubos galvanizados de 2 pulgadas por 1/8 de pulgada de grosor y montados en ejes de 12 mm. Además, se añadieron arandelas de 9 cm en cada extremo para proporcionar estabilidad adicional y prevenir cualquier desalineación.

La estructura de la banda transportadora se reforzó aún más con soportes de varilla roscada de 1/2 pulgada, que se distribuyen estratégicamente para garantizar una base sólida y resistente. Además, se instaló un pasador en uno de los extremos del rodillo para permitir ajustes de tensión de la malla, asegurando un funcionamiento óptimo en todo momento.

La transmisión de fuerza del motor al rodillo se logra de manera eficiente mediante un prisionero, proporcionando un movimiento uniforme y constante de la banda transportadora. Este diseño meticuloso y bien pensado garantiza que la banda transportadora funcione de manera confiable y eficiente, contribuyendo así al éxito del proceso de producción de arepas.

En resumen, este prototipo no solo representa un avance tecnológico en la medición de la temperatura interna de las arepas, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad del producto, la eficiencia del proceso de producción y potencialmente en la rentabilidad a largo plazo para la empresa alimentaria.

2.1.6 Resultado de manual de usuario

Manual de Usuario: Banda transportadora con sistema de medición de temperatura

1. Introducción

Este manual proporciona instrucciones detalladas para el uso adecuado del prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura, diseñado para optimizar el proceso de horneado en la empresa.

Contenido:

2. Descripción del prototipo

El prototipo de banda transportadora consta de los siguientes componentes principales:

Banda transportadora: Construida con una longitud de 6 metros, una anchura de 40 cm y una altura de 15 cm. El armazón está fabricado con ángulos de hierro de 2 pulgadas por 1/8 de pulgada, y la malla utilizada tiene dimensiones de 1.90 de largo * 24 de ancho. Incorpora dos rodillos laterales de 50 cm con tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro y 1/8 de pulgada de grosor. Se añadieron soportes de varilla roscada de 1/2 pulgada para mayor estabilidad, y un pasador para la tensión adecuada de la malla. La transmisión de fuerza del motor al rodillo se realiza mediante un prisionero.

Horno: Construido sobre una base de ángulo de hierro de 3/4 por 1/8 de pulgada, con dimensiones de 40 cm de largo, 39 cm de ancho y 15 cm de alto. Está cubierto con lámina de acero inoxidable calibre #22. Incluye un sistema de flautas para la distribución de gas, con quemadores de tubería galvanizada de 30 cm de longitud.

Sistema de medición de temperatura: Utiliza la placa ESP8266 como controlador, junto con el módulo MAX6675 y el termopar tipo K para la captura de datos de temperatura. Los datos son visualizados en un display LCD y también pueden ser accesados a través de una interfaz gráfica

en una aplicación web. La conexión a la red y la interacción con la interfaz se logran mediante el ESP8266.

3. Instrucciones de uso

3.1 Encendido del prototipo

- Conectar el prototipo a una fuente de energía eléctrica adecuada.
- Encender el sistema eléctrico del prototipo

3.2 Operación de la banda transportadora

- Verificar que la banda transportadora esté libre de obstrucciones y que el producto a transportar esté colocado en la posición inicial.
- Asegurarse de que el motor esté conectado y funcionando correctamente.
- Iniciar la operación de la banda transportadora utilizando el control de encendido.

3.3 Uso del horno

- Verificar que el horno esté correctamente ensamblado y que los quemadores estén encendidos.
- Colocar los productos a hornear en la banda transportadora y asegurarse de que estén posicionados adecuadamente para el proceso de horneado.

3.4 Medición de temperatura

- Acceder a la interfaz gráfica desde un dispositivo con conexión a la red local.
- Visualizar los datos de temperatura en tiempo real y asegurarse de que se encuentren dentro de los parámetros deseados.
- Realizar ajustes en la temperatura del horno según sea necesario, utilizando la interfaz gráfica para controlar la salida de gas.

4. Mantenimiento y cuidado

- Realizar inspecciones periódicas de la banda transportadora para detectar desgastes o daños en la estructura.
- Limpiar regularmente el horno y la banda transportadora para evitar acumulación de residuos que puedan afectar su funcionamiento.

5. Apagado del prototipo

- Detener la operación de la banda transportadora utilizando el control de apagado.
- Apagar el sistema eléctrico del prototipo.
- Desconectar el prototipo de la fuente de energía eléctrica.

Este manual proporciona una guía básica para el uso y mantenimiento del prototipo de banda transportadora con sistema de medición de temperatura. Se recomienda seguir estas instrucciones para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del equipo.

Conclusiones

Se construyó una banda transportadora con una base de ángulo de hierro, tubos maquinados para estabilidad y una base sólida para el horno con quemadores. El sistema resultante es estable y funcional permitiendo medir la temperatura, como también facilitando el transporte del producto.

Se realizaron diferentes diseños en Solidworks para elegir el tercer diseño basado en medidas proporcionales a nivel de prototipo. Este modelo preciso y detallado permitió simular el comportamiento de la banda, validando conceptos y facilitando ajustes antes de la fabricación física. Este enfoque fue crucial para identificar y corregir problemas de diseño, reduciendo así costos y tiempos en la fase de producción.

Los cálculos realizados para determinar el toque adecuado del motor han permitido identificar las especificaciones óptimas para el funcionamiento eficiente de la banda transportadora. A partir de los datos obtenidos, se ha concluido que el motor debe operar con un toque de 1.66 Nm para garantizar un desempeño óptimo en las condiciones evaluadas.

Recomendaciones

El desarrollo e implementación de una banda transportadora con sistema de medición de temperatura para la producción de arepas ha sido un proceso complejo y enriquecedor. Basado en los hallazgos y conclusiones obtenidos a lo largo de este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas:

Exploración de tecnologías emergentes: se recomienda explorar tecnologías emergentes que puedan mejorar aún más la eficiencia y precisión del sistema de monitoreo de temperatura. Por ejemplo, la integración de sensores avanzados o el uso de algoritmos de control más sofisticados podrían permitir una mejor gestión del proceso de horneado.

Evaluación de impacto económico: sería beneficioso realizar un análisis detallado del impacto económico del sistema de monitoreo de temperatura en la producción de arepas. Esto incluiría la evaluación de costos y beneficios, así como el cálculo del retorno de la inversión para determinar la viabilidad financiera de la implementación a gran escala.

Implementación en contextos industriales: se sugiere explorar la aplicación del sistema de monitoreo de temperatura en otros contextos industriales fuera de la producción de arepas. Esto podría incluir industrias alimentarias similares o sectores donde el control preciso de la temperatura sea crucial para la calidad del producto.

Consideración del tamaño de la banda y materiales: es esencial evaluar tanto el tamaño como los materiales de la banda transportadora, especialmente en entornos de producción de alimentos. Aunque en este prototipo se ha utilizado hierro por su disponibilidad, en aplicaciones comerciales se deben emplear materiales certificados para uso en la industria alimentaria, como acero inoxidable o plásticos de grado alimentario. Además, el tamaño de la banda puede influir en la distribución del calor durante el horneado. Se recomienda realizar estudios adicionales para comprender cómo estos factores afectan la temperatura y la calidad del producto final.

Referencias bibliográficas

- Akribis. (2021). Los sensores de temperatura más usados en la industria <https://www.akribis.info/web/los-sensores-de-temperatura-mas-usados-en-la-industria/>
- Amidata S.A.U. (2023). Controladores, PLCs y Autómatas. <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-plc>
- Amazon RDS (2019). MySQL. <https://aws.amazon.com/es/rds/mysql/>
- Belting Lab (2023). Tipos de Bandas Transportadoras y sus aplicaciones. <https://beltinglab.com/noticias>
- Brendon (2019). La importancia de los prototipos <https://blog.opinno.io/es/blog/la-importancia-de-los-prototipos>
- Conasi. (2022). Pros y contras de cocinar los alimentos <https://www.conasi.eu/blog/colaboradores-especiales/macrobioica-aida-lirola/pros-contras-cocinar-los-alimentos/#:~:text=Ventajas%20de%20cocinar%20los%20alimentos,%2C%20conservas%2C%20escabeches%2C%20esterilizaci%C3%B3n.>
- Collins, K., Obispo, C., (2023) ¿Qué es el almacenamiento en la nube? <https://aws.amazon.com/es/what-is/cloud-storage/>
- Chavarias. (2014). El control de la temperatura en los alimentos <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-control-de-la-temperatura-en-los-alimentos.html>
- Didácticas electrónicas. (2021). Termocupla tipo K-3M <https://goo.su/j0mrxKh>

Dufétel (2023). Firebase Realtime Datanase. <https://firebase.google.com/products/realtime-database?hl=es-419>

Electrotekmega (2014). Motor Reductor Faulhaber. <https://electrotekmega.com/producto/motor-reductor-faulhaber/>

Exol (2017). ¿Qué es la automatización industrial?, párr. 2. Grupo Sacor Seguros (2016). Quemaduras.

<https://files.gruposancorseguros.com/Archivos/2220/quemaduras.pdf><http://www.exsol.com.ar/automatizacion-industrial/>

Espitia Garzón, M. I., & Hurtado Alba, S. M. Evaluación y propuesta de mejora para la implementación de Buenas prácticas de manufactura (BPM) para una empresa productora de arepas en el municipio de Funza-Cundinamarca. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/60311>

Fernández, Y. (2022). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Flores, F., 2022). Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece. <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>

GSL. Industrias. (2022) ¿Qué es un RTD sensor? <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/rtd-sensor>

Grekkmon (2019). Qué es y cómo funciona una cámara térmica. <https://grekkom.com/que-es-y-como-funciona-una-camara-termica/>

Grupo PHP. (2022).¿Qué es PHP? <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>

Guadalupe (2023). ¿Qué es JavaScript? Descubre sus 5 principales usos | Coders Free
<https://codersfree.com/posts/que-es-javascript-principales-usos>

IG Group, (2023). Ethereum. <https://www.ig.com/esp/mercados/ethereum/que-es-ether-y-como-funciona>

JavaScript es ECMAScript (2022). JavaScript.
<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>

Jesús (2022). PHP: ¿qué son? ¿Para qué sirven? ¿Cuántos hay? ¿Cuál es el mejor?
<https://www.dongee.com/tutoriales/frameworks-php-que-son-para-que-sirven-cuantos-hay-cual-es-el-mejor/>

Logicbus, (2023). Sensores de Temperatura RTD. <https://www.logicbus.com.mx/sensor-temperatura-RTD.php>

MedlinePlus (2016). Información de salud para usted. Quemaduras.
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000030.htm#:~:text=Las%20quemaduras%20habitualmente%20ocurren%20por,hospitalizaci%C3%B3n%20y%20causar%20la%20muerte>

Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 2674 de 2013. Diario Oficial No. 48.862 de 25 de julio de 2013.
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2674_2013.htm

Montilla, L. (2013). Propuesta de mejoramiento del proceso productivo y del sistema de control de inventarios en la empresa productos y arepas de mi tierra Ltda. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Industrial.

Mozilla, 2022. HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto

https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics

Mobile Apptypes with React-Native

<https://dev.to/kayis/mobile-app-prototypes-with-react-native> tipo

Mojica Cortés, A.D.P. La arepa: un laboratorio (reportaje multimedia).

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/62056>

Páez, C. Torres P. (2011). Análisis de requerimientos y estudio del proceso de cocción en una fábrica de arepas. Corporación Universitaria Minuto de Dios Facultad de Ingeniería Departamento de Informática, Redes y Electrónica.

Peña V. (2022). Características y ventajas de XAMPP. <https://norvicsoftware.com/que-es-xampp/>

Punzenberger (2019). Sistemas de control industrial.

<https://www.copadata.com/es/productos/platform-editorial-content/sistemas-de-control-industrial/>

Red global de regiones de AWS, (2023). RTD sensor. <https://aws.amazon.com/es/redis/>

Red global de regiones de AWS, (2023). ¿Qué es Amazon S3?

https://docs.aws.amazon.com/es_es/AmazonS3/latest/userguide/Welcome.html

Robledano (2019). Qué es MySQL: Características y ventajas. <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>

Rudolph, W (2018): ¿Qué es un medidor de temperatura? https://www.pce-instruments.com/colombia/instrumento-medida/medidor/medidor-de-temperatura-kat_70718.htm

Sachin A. (2020). Visual Studio Code. <https://blog.cloudanalog.com/10-features-of-vs-code-every-developer-should-know/>

Santos, D. (2022). Qué es CSS. Blog. <https://blog.hubspot.es/website/que-es-css>

Salud Madrid (2016). Dirección General De Salud Pública. Consejería de Sanidad ¿Cómo afecta la temperatura a la seguridad de los alimentos? <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/afecta-temperatura-seguridad-alimentos>

Sánchez Rengifo, P. A. (2017). Diseño del sistema de gestión de inocuidad de los alimentos del establecimiento comercial " Las arepas de la abuela Josefina" ubicado en la ciudad de Bogotá DC. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4297>

Suarez, M. (2019). ¿Qué es una termocupla y cómo funciona? <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/69-que-es-una-termocupla>

Trafaniuc, V. (2023). Descubre qué es Google Cloud Platform y sus ventajas. <https://maplink.global/blog/es/que-es-google-cloud/>

Vargas, H., Escobar W. (2011). Diseño de un prototipo eléctrico-mecánico para moldeo de arepas. Corporación Universitaria Minuto de Dios Facultad de Ingeniería Control Automático Industrial Programa de Tecnología en Electrónica.

Venmir, (2021). Características de las bandas transportadoras plásticas modular. <https://venmir.com/caracteristicas-de-las-bandas-transportadoras-plasticas-modular/>

Vergara, A. (2015). ¿Qué es y cómo se utiliza Memcached? Elastic Cloud0 Comentarios. <https://www.blog.facilcloud.com/noticias/que-es-y-como-se-utiliza-memcached/>

Wuhan Guide Sensmart Tech Co., Ltd. (2021): Cámara técnica.
<https://www.directindustry.es/prod/wuhan-guide-sensmart-tech-co-ltd/product-213873-2220725.html>

Zárate, (2023). Cómo funciona los IPFS
<https://coinmarketcap.com/academy/glossary/interplanetary-file-system-ipfs>

Zayas et.al. (2022). Diseño, fabricación y control del funcionamiento de un mecanismo de Cruz de Malta de cuatro detenciones. In Actas del XV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica CIBIM 2022 (pp. 1-8)

Anexos

Anexo A Evidencias fotográficas

Construcción de las estructuras de soporte de los sistemas de medición de temperatura del producto.

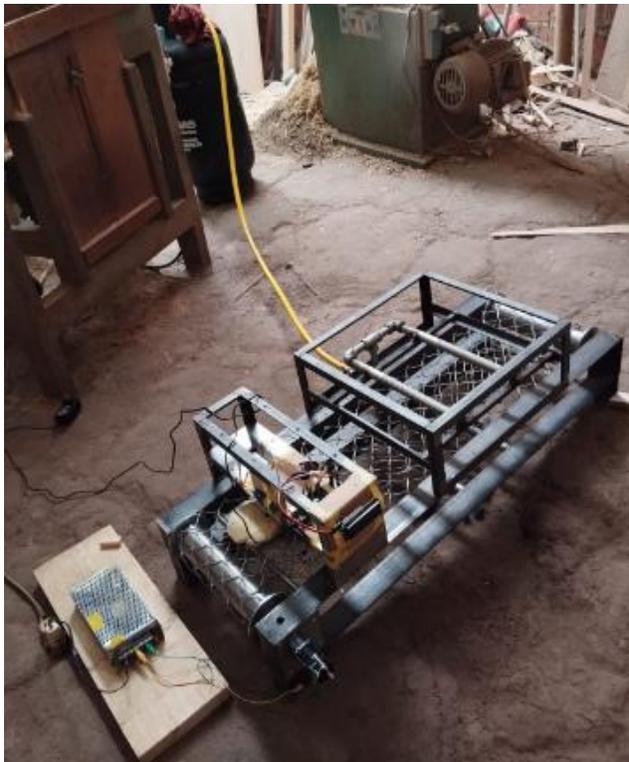




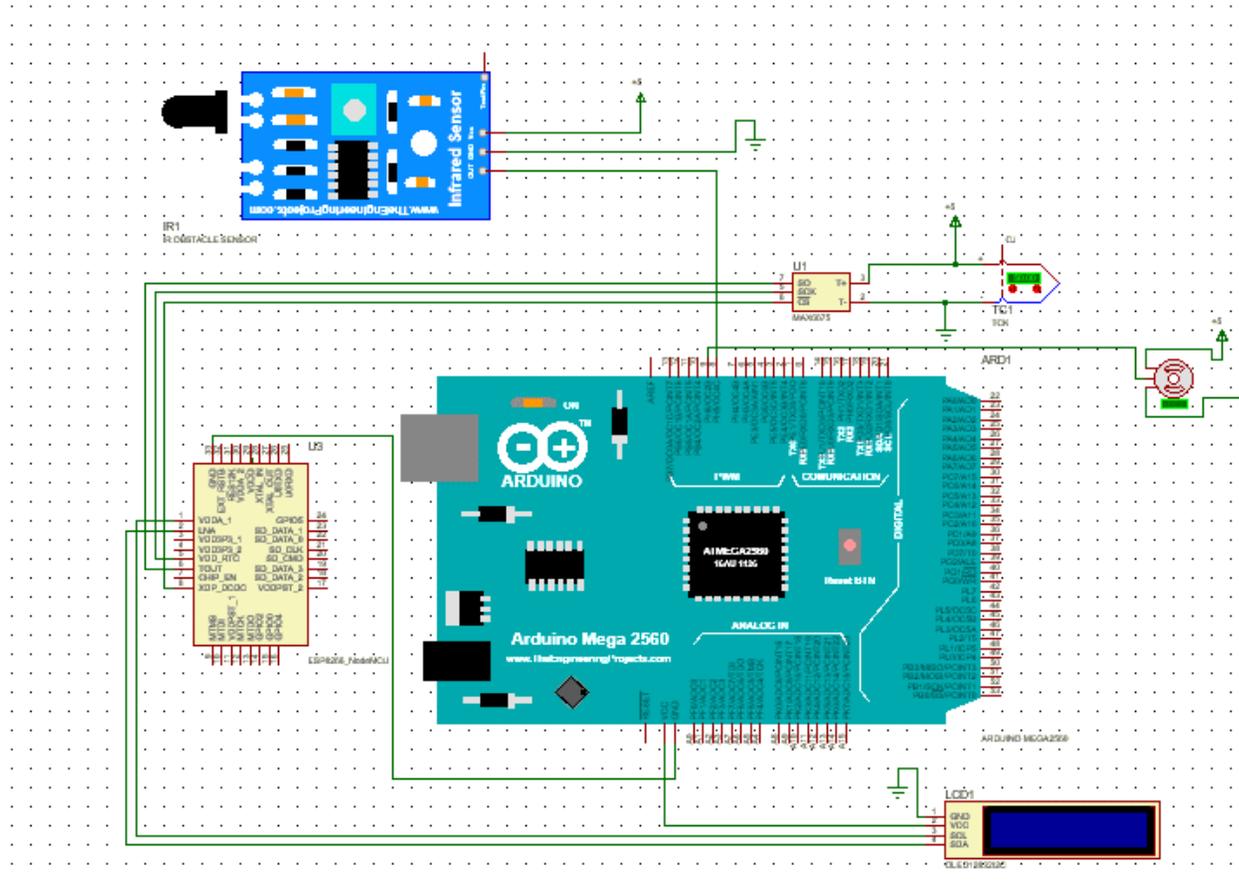
Aquí se está finalizando la construcción del prototipo para posteriormente hacer la implementación del sistema de medición en la etapa de horneado.



Implementación del sistema provisional de medición de temperatura.



Anexo B Plano del sistema



Anexo C Tabla motoreductor



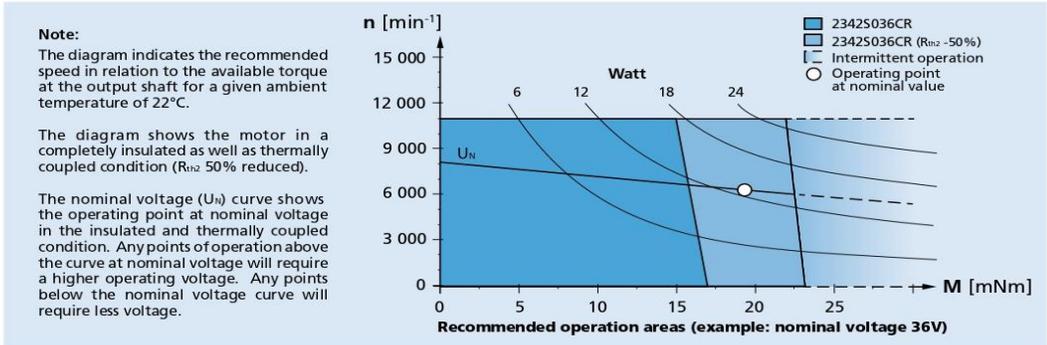
DC-Micromotors
Graphite Commutation

19 mNm
24 W

Series 2342 ... CR

Values at 22°C and nominal voltage	2342 S	006 CR	012 CR	018 CR	024 CR	036 CR	048 CR	
1 Nominal voltage	U_N	6	12	18	24	36	48	V
2 Terminal resistance	R	0,4	1,9	4,1	7,1	15,9	31,2	Ω
3 Efficiency, max.	η_{max}	81	80	81	81	81	81	%
4 No-load speed	n_0	9 000	8 100	8 000	8 500	8 100	8 000	min ⁻¹
5 No-load current, typ. (with shaft ϕ 3 mm)	I_0	0,17	0,075	0,048	0,038	0,024	0,017	A
6 Stall torque	M_{st}	87,2	80	86,5	85,4	91,4	84,4	mNm
7 Friction torque	M_f	0,98	1	0,99	0,99	0,99	0,95	mNm
8 Speed constant	k_n	1 650	713	462	366	231	170	min ⁻¹ /V
9 Back-EMF constant	k_E	0,604	1,4	2,16	2,73	4,34	5,87	mV/min ⁻¹
10 Torque constant	k_M	5,77	13,4	20,7	26,1	41,4	56,1	mNm/A
11 Current constant	k_I	0,173	0,075	0,048	0,038	0,024	0,018	A/mNm
12 Slope of n-M curve	$\Delta n / \Delta M$	103	101	92,5	99,5	88,6	94,8	min ⁻¹ /mNm
13 Rotor inductance	L	13,5	65	150	265	590	1 050	μ H
14 Mechanical time constant	τ_m	6	6	6	6	6	6	ms
15 Rotor inertia	J	5,6	5,7	6,2	5,8	6,5	6	gcm ²
16 Angular acceleration	α_{max}	160	140	140	150	140	140	$\cdot 10^3$ rad/s ²
17 Thermal resistance	R_{th1} / R_{th2}	3 / 15						K/W
18 Thermal time constant	τ_{w1} / τ_{w2}	6,5 / 490						s
19 Operating temperature range:								
- motor		-30 ... +100						°C
- winding, max. permissible		+125						°C
20 Shaft bearings		ball bearings, preloaded						
21 Shaft load max.:								
- with shaft diameter		3						mm
- radial at 3 000 min ⁻¹ (3 mm from bearing)		20						N
- axial at 3 000 min ⁻¹		2						N
- axial at standstill		20						N
22 Shaft play:								
- radial	\leq	0,015						mm
- axial	$=$	0						mm
23 Housing material		steel, black coated						
24 Mass		88						g
25 Direction of rotation		clockwise, viewed from the front face						
26 Speed up to	n_{max}	11 000						min ⁻¹
27 Number of pole pairs		1						
28 Magnet material		NdFeB						
Rated values for continuous operation								
29 Rated torque	M_N	14	17	18	17	19	18	mNm
30 Rated current (thermal limit)	I_N	2,9	1,5	1	0,78	0,53	0,38	A
31 Rated speed	n_N	7 140	6 090	6 040	6 470	6 160	5 910	min ⁻¹

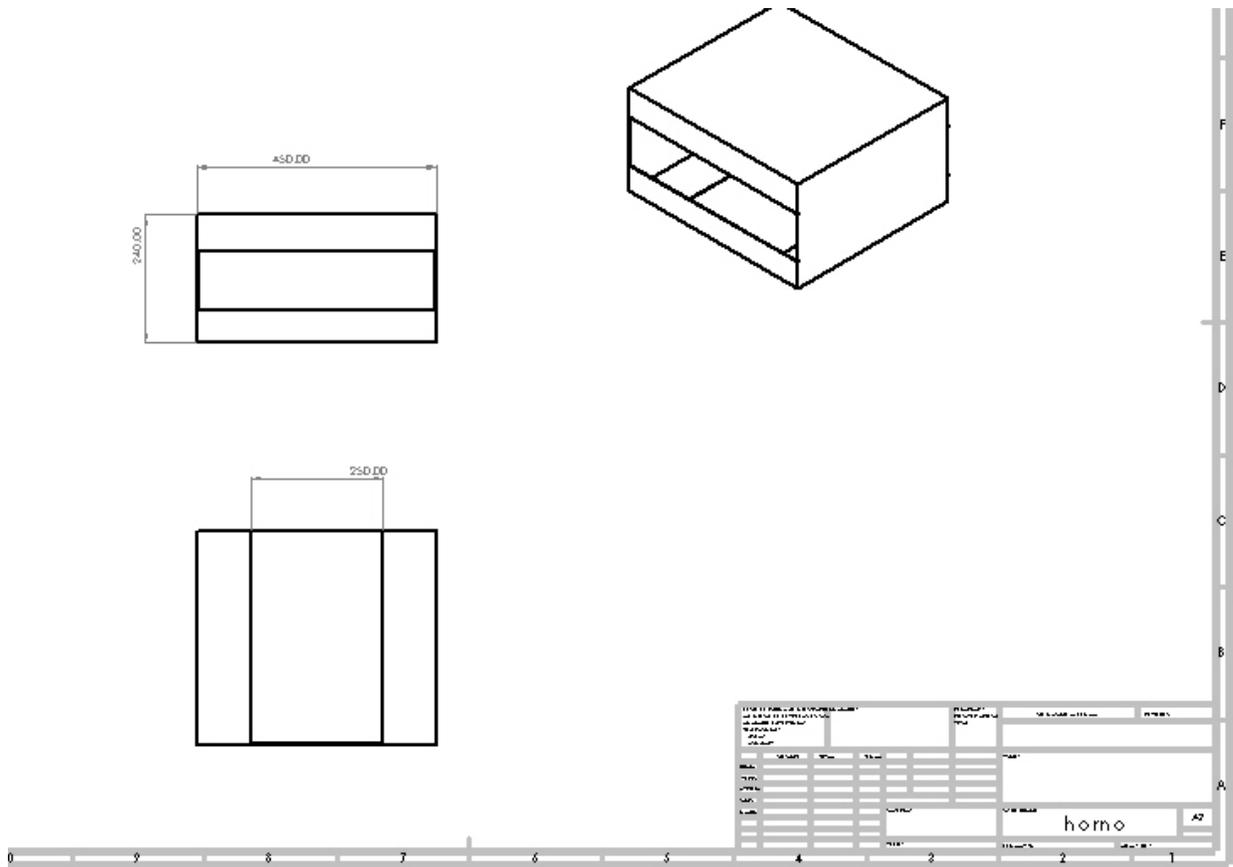
Note: Rated values are calculated with nominal voltage and at a 22°C ambient temperature. The R_{th2} value has been reduced by 25%.



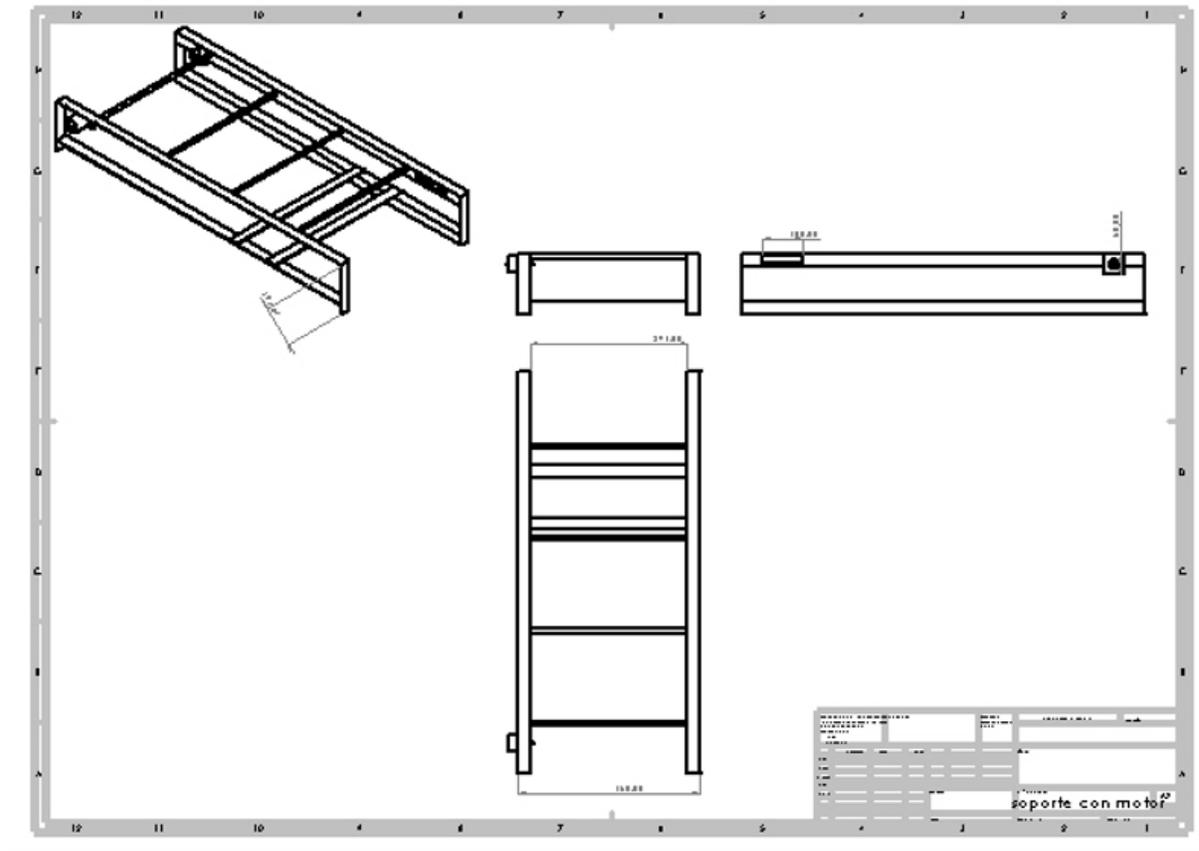
For notes on technical data and lifetime performance refer to "Technical Information".
Edition 2023 Mar. 29

© DR. FRITZ FAULHABER GMBH & CO. KG
Specifications subject to change without notice.
www.faulhaber.com

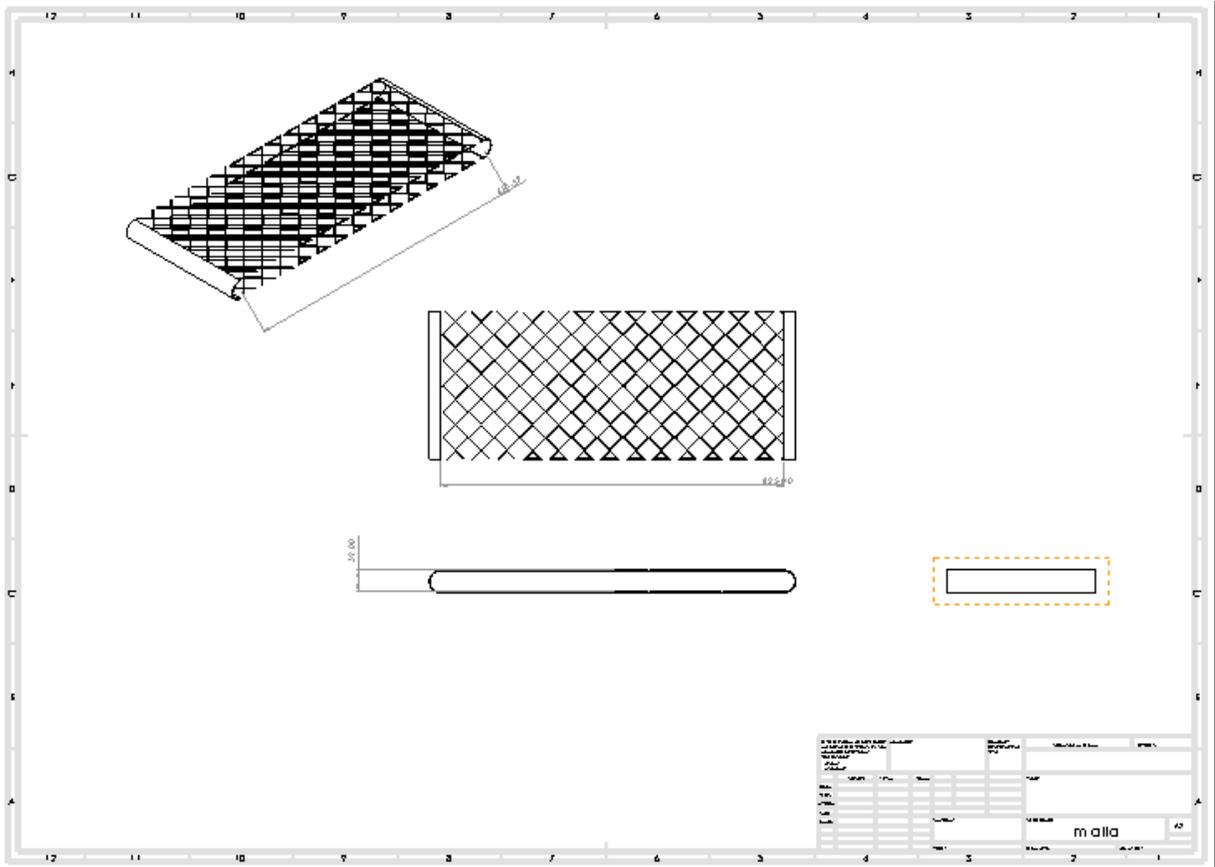
Anexo E Horno



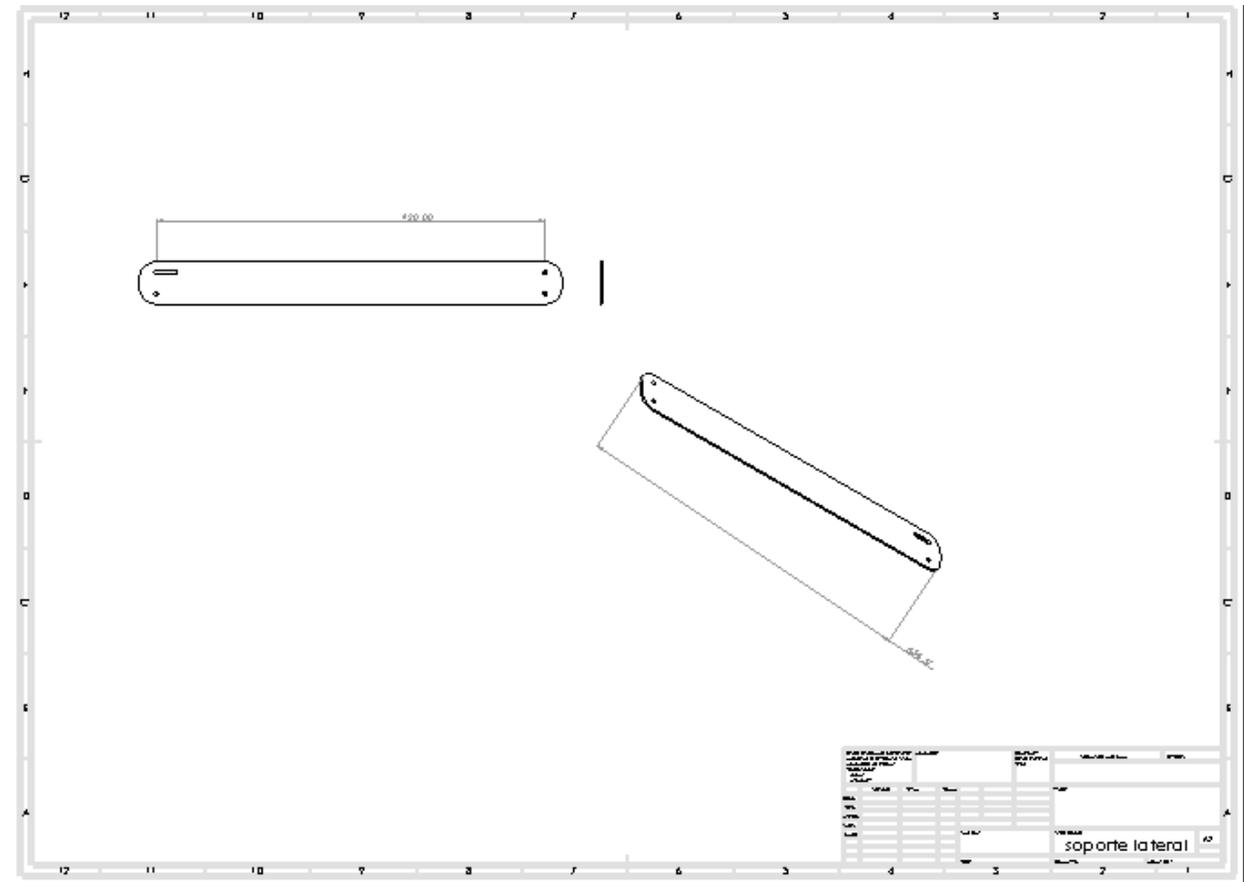
Anexo F Soporte banda



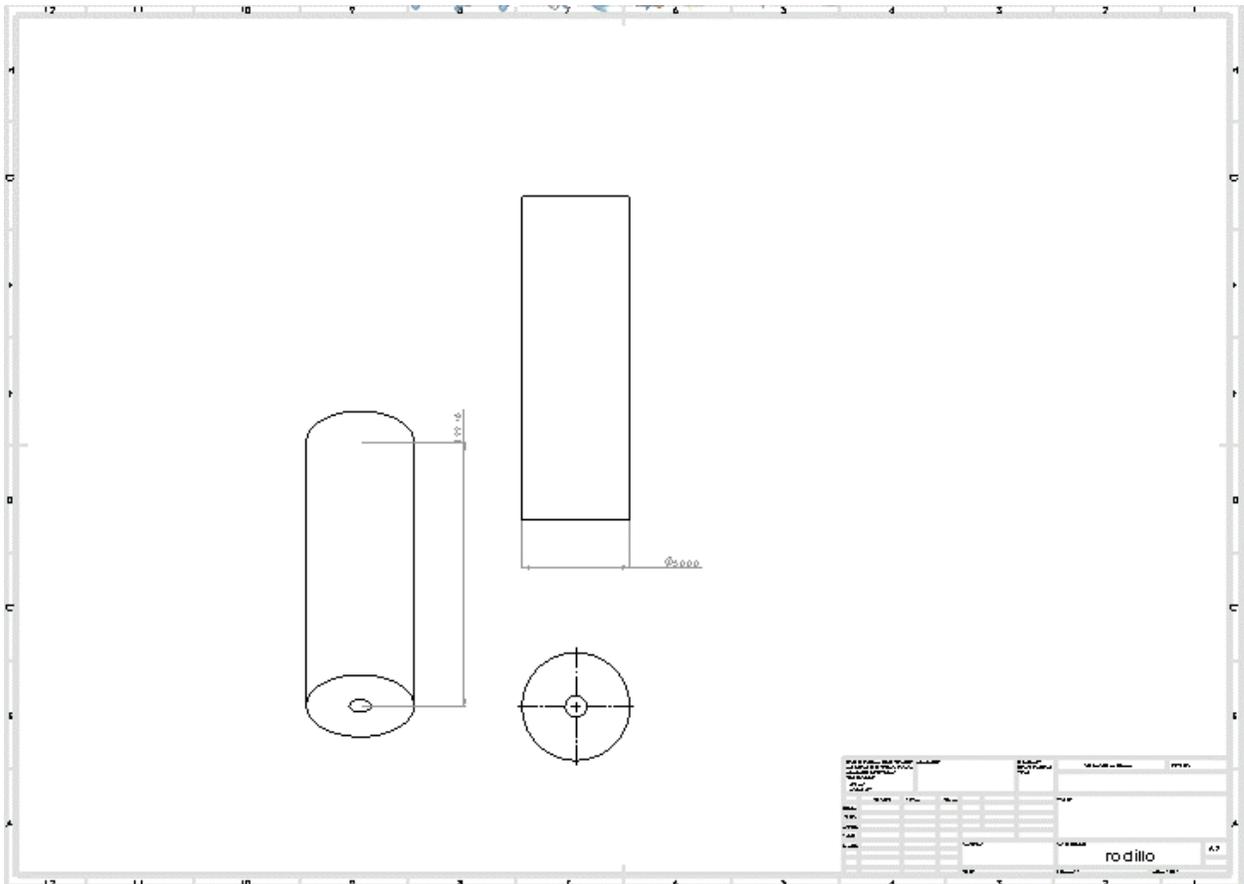
Anexo G Malla



Anexo H Soporte lateral



Anexo J Rodillo 1



Anexo K Rodillo 2

