UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Diseño del proceso de producción de una tortilla tipo taco a base de harina de trigo (*Triticum aestivum L*) en Molinos Miraflores S.A.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, previo la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Marco Vinicio Llambo Guapisaca

Tutor: Mg. Daniel Alfonso Cabrera Valle

Ambato – Ecuador

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Daniel Alfonso Cabrera Valle

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 07 de enero de 2025

Firmado electrónicamente por:
DANIEL ALFONSO
CABRERA VALLE

Mg. Daniel Alfonso Cabrera Valle

1802561595

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marco Vinicio Llambo Guapisaca, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Marco Vinicio Llambo Guapisaca

1805441662

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Marco Vinicio Llambo Guapisaca

1805441662

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Sistematización de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
ESTEBAN MAURICIO FUENTES PEREZ

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
LILIANA ALEXANDRA CERDA MEJIA

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

1804148086

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO ESMIRO CADENA CARRERA

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

1715602593

Ambato, 30 de enero de 2025

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a Dios a la Santísima virgen del Rosario de Baños, Santísima virgen de la Elevación y la Santísima virgen de Guadalupe que han sido mi guía espiritual durante mis 23 años, durante la etapa académica, por brindarme sabiduría, razón y fortaleza a seguir adelante a pesar de varios tropiezos y adversidades.

Dedico este trabajo a mi mamita María Nieves Guapisaca Capúz, a mi papito Francisco Llambo Chaluiza y a mi hermanito Juan Francisco Llambo Guapisaca, por esos mensajes de apoyo cada día, y por enseñarme el camino de la verdad, la razón, la humildad, el respeto, la empatía y la honestidad. Tengo esa algarabía de decir que los amo mucho y nunca los olvidare, porque en momentos difíciles y de adversidades ahí es donde más me han apoyado, pero nunca me han abandonado, por ver triunfar a un hijo guerrero.

Marco Vinicio Llambo Guapisaca

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Santísima madre del cielo por ser mi guía, sendero y luz espiritual que guía mi caminar, por darme la vida, la sabiduría y conocimiento durante mis días de existencia.

A mis padres, por dar lo que ellos un día no pudieron ser, pero ahora lo ven reflejado en la semilla que un día sembraron, y de hoy en adelante marca un inicio de cosechar los frutos, los amo tanto que no podré olvidar nunca lo han hecho por mí. Yo más que nadie soy admirante de ustedes, entiendo el dolor y sufrimiento que han pasado para que ustedes me den lo que hoy llego a tener, que a la vez es un orgullo para ustedes.

A mi único hermano que a pesar de varias adversidades siempre has estado para apoyarme en toda situación, pido que tu algún día cumplas con tus sueños, porque a pesar de tus pequeñas ideas pudiste guiarme te admiro y se grande.

A mi tutor ***Mg. Daniel Alfonso Cabrera Valle*** *por confiar en mí y por el apoyo incondicional que me ha brindado con su conocimiento que sin su apoyo no sería posible estar donde estoy.*

A la ***Universidad Técnica de Ambato****, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, por abrirme las puertas para formarme académica y personalmente.*

Al ***Ing. Alex Valencia****,* ***Ing Diego Salazar****,* ***Mg Alejandra Sanchez*** *y la* ***Doc. Liliana Cerda*** *por apoyarme con sus conocimientos y me pudo guiarme con la mayor paciencia del mundo para poder culminar este proceso propuesto un día, de todo corazón los agradezco.*

Agradezco la ***Empresa Molinos Miraflores S.A****. por abrirme las puertas y brindarme es apoyo incondicional para realizar mi trabajo y espero haber aportado un granito de conocimiento a lo propuesto. Agradecer al señor gerente de la empresa* ***Ing. Raúl Lara*** *y los Ingenieros* ***Gabriel Olmos****,* ***Luis Bombón****,* ***Lenin Ortiz****,* ***Andrés Tayo****,* ***Juan Ocaña****,* ***Adrián Camaná****,* ***Soraya Medina*** *y* ***Paul Ortiz*** *por brindarme el apoyo incondicional, con cada uno de sus conocimientos he podido culminar mis actividades, les gradezco un montón por ser parte de mi formación académica.*

A la ***Ing. Elizabeth Gómez*** *agradezco infinitamente por ser un apoyo incondicional en momentos difíciles, por ser como una segunda madre guiarme de sabiduría y conocimiento, sí, estoy agradecido por enseñarme valores, ética, respeto y a la vez enseñar a ser una persona de valor y existo, gracias por confiar con mí.*

Que Dios y la vida los recompense por la gratitud y empatía que han tenido hacia mí.

Marco Vinicio Llambo Guapisaca

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES xiv
ÍNDICE DE ANEXOS xv
RESUMEN EJECUTIVO xvi
ABSTRACT xvii
CAPÍTULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1. Antecedentes investigativos 1
1.1.1. Justificación 1
1.1.2. Descripción de la empresa 2
1.1.3. El trigo 3
1.1.3.1. Consumo del trigo 3
1.1.3.2. El trigo en el Ecuador 3
1.1.3.3. Variedades de trigo 3
1.1.4. Harina de trigo y su consumo 4
1.1.4.1. Refinación de harina 5
1.1.4.2. Tipos de harina de trigo 5
1.1.4.2.1. Harina panadera (extra e integral) 5
1.1.4.2.2. Harina especial 5
1.1.4.3. Valor nutricional de la harina 5

1.1.4.3.1. Proteínas 5
1.1.4.3.2. Almidón 5
1.1.4.4. Calidad y seguridad de la harina de trigo 6
1.1.4.5. Características reológicas de la harina de trigo 7
1.1.5. Origen de las tortillas 7
1.1.5.1. Tipos de tortillas 8
1.1.5.2. Consumo de las tortillas 8
1.1.5.3. Factores que influyen y carecen en la elaboración de las tortillas 8
1.1.6. Materia prima para la elaboración de la tortilla tipo taco 9
1.1.6.1. Harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) 9
1.1.6.2. Grasa 9
1.1.6.3. Sal yodada 10
1.1.6.4. Bicarbonato de sodio 10
1.1.6.5. Fosfato monocálcico anhidrido 10
1.1.6.6. Azúcar 10
1.1.6.7. Propionato de sodio 10
1.1.6.8. Agua 10
1.1.7. Diagrama de proceso 11
1.1.7.1. Balance de materia 11
1.1.7.2. Diagrama BFD (Block Flow Diagram) 11
1.1.7.3. Diagrama PFD (Process Flow Diagram) 11
1.2. Objetivos 11
1.2.1. Objetivo general 11
1.2.2. Objetivos específicos 11
CAPÍTULO II 12
METODOLOGÍA 12
2.1. Materiales 12
2.1.1. Materia pima 12
2.1.2. Reactivos de laboratorio 12

2.1.3. Materiales de laboratorio 12
2.1.4. Equipos de laboratorio 13
2.2. Métodos 13
2.2.1. Caracterizar la materia prima (harina de trigo) 13
2.2.1.1. Análisis mediante equipo NIR 13
2.2.1.2. Análisis de almidón dañado 14
2.2.1.3. Análisis de la actividad α-amilásica (Falling Number) 14
2.2.1.4. Análisis reológico 15
2.2.1.5. Elaboración de la tortilla tipo taco 16
2.2.2. Caracterizar el producto obtenido (tortilla tipo taco) mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. 18
2.2.2.1. Análisis proximal 18
2.2.2.1.1. Determinación de humedad 18
2.2.2.1.2. Determinación de cenizas 18
2.2.2.1.3. Determinación del contenido de grasa (hidrólisis) 19
2.2.2.1.4. Determinación de proteína 19
2.2.2.1.5. Determinación de fibra dietética total 19
2.2.2.1.6. Determinación de carbohidratos 20
2.2.2.2. Análisis físico. 20
2.2.2.2.1. Texturómetro (Extensibilidad de la tortilla tipo taco) 20
2.2.2.3. Análisis microbiológico 21
2.2.2.3.1. Mohos, levaduras y *Escherichia coli* 21
2.2.3. Diseñar el proceso para la producción de 400 kg/día para la tortilla tipo taco. 21
2.2.3.1. Cálculo de los balances de materia para la producción de 400 Kg/día de tortilla tipo taco 21
2.2.3.2. Balance de materia 21
2.2.3.3. Diagramas BFD y PFD 22
2.2.3.4. Diagrama BFD (Block Flow Diagram) 22
2.2.3.5. Diagrama PFD (Process Flow Diagram) 22
CAPÍTULO III 23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
3.1. Análisis físico químico de la harina de trigo 23
3.1.1. Humedad 23
3.1.2. Proteína 24
3.1.3. Cenizas 24
3.1.4. Gluten húmedo 25
3.1.5. Color 26
3.1.6. Falling Number 27
3.1.6. Almidón dañado 27
3.1.7. Mixolab 28
3.2. Análisis proximal de la tortilla tipo taco 31
3.2.1. Humedad de la tortilla tipo taco 31
3.2.2. Cenizas de la tortilla tipo taco 32
3.2.3. Grasa de la tortilla tipo taco 32
3.2.4. Proteína de la tortilla tipo taco 33
3.2.5. Fibra dietética de la tortilla tipo taco 33
3.2.6. Carbohidratos totales 34
3.2.7. Análisis físico 34
3.2.8. Análisis microbiológico 35
3.3. Diseñar el proceso para la producción de 400 kg/día de tortilla tipo taco 36
3.3.1. Balance de masa 36
3.3.2. Diagrama BFD 37
3.3.3. Diagrama PFD 39
CAPITULO IV 44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
Conclusiones 44
Recomendaciones 46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47
ANEXOS 56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la harina de trigo en 100 g 4

Tabla 2. Características reológicas de la harina de trigo 7

Tabla 3. Formulación de la tortilla tipo taco 16

Tabla 4. Contenido de humedad de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 23

Tabla 5. Contenido de proteína de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 24

Tabla 6. Contenido de cenizas de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 25

Tabla 7. Contenido de gluten húmedo de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 26

Tabla 8. Contenido de color de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 26

Tabla 9. Contenido de alfa-amilasas en la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) expresado en tiempo (s) 27

Tabla 10. Contenido de almidón dañado de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) 28

Tabla 11. Análisis reológico de la harina de trigo de pasaje R1F-R2-H1(2) 30

Tabla 12. Contenido de humedad de la tortilla tipo taco 31

Tabla 13. Contenido de cenizas de la tortilla tipo taco 32

Tabla 14. Contenido de grasa, proteína y fibra dietética de la tortilla tipo taco 34

Tabla 15. Tensión (fuerza máxima y elongación) 35

Tabla 16. Análisis microbiológico de mohos, levaduras y *Escherichia coli* en la tortilla tipo taco 36

Tabla 17. Códigos empleados en el diagrama PDF 41

Tabla 18. Resumen de los balances de producción de tortillas tipo taco para 400 kg/día 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras de A) Amilosa y B) Amilopectina 6

Figura 2. Peso de la muestra corregida por el contenido de humedad 15

Figura 3. Diagrama de procesos para la elaboración de la tortilla tipo taco. 17

Figura 5. Diagrama BFD (Block Flow Diagram) de la tortilla tipo taco 38

Figura 6. Diagrama PFD (Process Flow Diagram) de la tortilla tipo taco 40

Figura 7. Preparación del porta harinas 56

Figura 8. Analisis fisicoquimico de la harina con equipo NIR 56

Figura 9. Configuración del test Mixolab 56

Figura10. Análisis realógico de la masa 56

Figura 11. Análisis de almidón dañado 56

Figura 12. Análisis del índice de caída (α-amilasas) 56

Figura 13. Amasado de la harina 57

Figura 14. Reposo y determinación de la temperatura de la masa 57

Figura 15. Laminado de las tortilas tipo taco 57

Figura 16. Horneo de las tortillas tipo taco 57

Figura 17. Análisis de ceniza de la tortilla tipo taco 58

Figura 18. Análisis de humedad de la tortilla tipo taco 58

Figura 19. Análisis de fibra dietética de la tortilla tipo taco 58

Figura 20. Análisis de textura de la tortilla tipo taco 58

Figura 21. Siembra de mohos, levaduras y *Escherichia coli* 58

Figura 22. Análisis del crecimiento microbiano en las tortillas tipo taco 58

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1). Determinación de cenizas 18

(Ecuación 2). Determinación del contenido de grasa 19

(Ecuación 3). Determinación de fibra dietética total 20

(Ecuación 4). Determinación de carbohidratos 20

(Ecuación 5). Ley de la conservación de la materia 21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Equipos para el análisis y caracterización de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) .. 56

Anexo 2. Elaboración de la tortilla tipo taco..... 57

Anexo 3. Análisis y caracterización de la tortilla tipo taco..... 58

Anexo 4. Resultados del análisis de Mixolab 59

Anexo 5. Resultados de los análisis de proteínas, grasa y fibra dietética total 60

Anexo 6. Resultados del análisis de textura parámetros de tensión 61

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación, se centra en el diseño de un proceso productivo encaminado a la transformación de materias primas e innovación tecnológica. Se desarrolló una tortilla tipo taco, para ello se utilizó harina del pasaje R1F-R2-H1(2) de la empresa Molinos Miraflores S.A ubicada en Santa Rosa, Ambato. El trabajo investigativo incluyó la caracterización de la harina de trigo utilizada en la elaboración de tortillas, se consideró parámetros como humedad, contenido de proteínas, cenizas, gluten húmedo, color, índice de actividad enzimática, mediante falling number, almidón dañado y propiedades reológicas de la masa, evaluadas con el equipo Mixolab. La investigación se fundamentó en parámetros y normativas internacionales y adaptaciones internas de la empresa, con la finalidad de optimizar la producción y garantizar la inocuidad y calidad del producto. Los resultados mostraron buenas características nutricionales, destacando el contenido de proteínas y fibra dietética, esenciales en la alimentación. Los parámetros de textura revelaron un adecuado comportamiento de tensión de las tortillas, caracterizándolas como consistentes y elásticas. Se realizaron análisis microbiológicos que evidenciaron la ausencia de mohos, levaduras y *Escherichia coli* se debe a la presencia de propionato de calcio y buenas prácticas de manipulación. Finalmente se presentó el proceso de producción, incluyendo diagramas de flujo de bloques (BFD) y de flujo de procesos (PFD), así como los balances de masa. Este diseño permite a la empresa guiar de forma clara y eficiente cada una de las operaciones unitarias, garantizando la productividad y calidad del producto.

Palabras clave: Diseño de proceso, normativa internacional, falling number, Mixolab, balance de materia, BFD, PFD.

.

ABSTRACT

This research focuses on designing a production process for the transformation of raw materials through technological innovation. A taco-style tortilla was developed using flour sourced from the R1F-R2-H1(2) lot of Molinos Miraflores S.A., located in Santa Rosa, Ambato. The study included the comprehensive characterization of the wheat flour used in tortilla production. Key parameters evaluated were moisture content, protein levels, ash content, wet gluten, color, enzymatic activity index (via falling number), damaged starch, and the rheological properties of the dough, assessed with a Mixolab device. The research adhered to international standards while incorporating specific internal adaptations to optimize production processes and guarantee product safety and quality. The results highlighted favorable nutritional characteristics, notably the protein and dietary fiber content, which are essential for human health. Texture analysis indicated suitable tension behavior in the tortillas, confirming their consistency and elasticity. Microbiological testing revealed the absence of molds, yeasts, and *Escherichia coli*, attributed to the use of calcium propionate and strict adherence to good manufacturing practices. The study culminated in the detailed design of a complete production process, including block flow diagrams (BFD), process flow diagrams (PFD), and mass balances. This comprehensive framework enables the company to systematically guide each unit operation, ensuring optimal product quality and production efficiency.

Keywords: Process design, international standards, falling number, Mixolab, mass balance, BFD, PFD.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Justificación

En la industria alimentaria, la innovación es el ente importante para satisfacer las necesidades de los consumidores y mantener su competitividad **(Jondiko et al., 2016)**. La producción de tortillas tipo taco a partir de harina de trigo es un segmento que en la actualidad está teniendo gran acogida en los mercados. Actualmente, el consumo de este tipo de productos ha crecido notablemente, impulsado por la globalización y los cambios en la dieta **(Dizlek et al., 2022)**. Molinos Miraflores S.A., una empresa ambateña con larga trayectoria en la producción de harina de trigo que ofrece al mercado materia prima y derivados de calidad. Ha identificado una oportunidad para diversificar su oferta mercantil al diseñar un proceso de producción de tortillas tipo taco de harina de trigo, basándose en una formulación establecida en su laboratorio. La empresa planea producir 400 kg/día ya que tiene alta demanda de producción de harina. Busca optimizar su proceso para superar dificultades técnicas y ampliar su catálogo de productos con estándares de calidad competitivos.

El diseño de un proceso de producción eficaz incluye balances de energía, materia y diagramas de flujo, esenciales para garantizar la eficiencia operativa **(Glavic et al., 2021)**. Para Molinos Miraflores S.A., implementar este proceso es crucial no solo para mejorar su competitividad, sino también, para diversificar su portafolio. La harina de trigo, rica en proteínas y gluten, es fundamental en la producción de tortillas porque ofrece una textura suave y flexible que los consumidores prefieren **(Badaró et al., 2022).** Sin embargo, las variaciones en las propiedades de la harina y los métodos tradicionales han provocado inconsistencias en la calidad sensorial y textural del producto, lo que afecta su aceptación en el mercado y reduce su vida útil **(Zhang et al., 2022)**. Es necesario desarrollar un proceso optimizado que asegure la uniformidad y calidad del producto en cada lote. La incorporación de nuevas tecnologías y la optimización de parámetros como la absorción de agua, el tiempo de mezclado y las condiciones de cocción pueden mejorar significativamente el producto final **(Zhang et al., 2022)**. Esto permitirá a la empresa competir tanto en mercados nacionales como internacionales con un producto inocuo y de alta calidad.

Además, este proyecto abordará problemas técnicos, promoverá la sostenibilidad de la cadena de valor del trigo y motivará la investigación y desarrollo de productos derivados de la harina de trigo que puedan enfrentar competitividad en calidad y precio en el mercado. En base a los antecedentes, esta investigación se enfocará en diseñar un proceso de producción de tortillas tipo taco que expanda la cartera de productos de Molinos Miraflores S.A y genere nuevas oportunidades económicas para la empresa.

1.1.2. Descripción de la empresa

La empresa ambateña Molinos Miraflores S.A tiene larga trayectoria en la molienda de granos de trigo. Lidera en el mercado con más de 100 años, ofreciendo productos de panadería, pastelería y repostería con altos estándares de calidad e inocuidad. Actualmente la empresa ofrece harinas de trigo: harina panadera, harina integral y harina especial en diferentes presentaciones de 9 kg, 25 kg y 50 kg, además de sus derivados: afrecho en presentaciones de 40 kg y semita en presentaciones de 45 kg, cada uno de los productos cuenta con su ficha técnica. También, comercializa productos para panadería como grasa, levadura y azúcar en diferentes presentaciones, lo que ha permitido adentrarse en varias ciudades de país, haciendo que sea más competitivo en el mercado **(Molinos Miraflores, 2024)**.

Molinos Miraflores S.A se encuentra equipada con tecnología de calidad, lo que facilita satisfacer la demanda local y nacional. La empresa ambateña busca ampliar la cartera de producción con la elaboración de una tortilla tipo taco para lo cual, cuenta con equipos para lo producción de pan y derivados de panificación. Sin embargo, no dispone de equipos para la producción de tortillas tipo taco ni de un diseño de proceso implementado, que le facilite adentrarse en la comercialización de la tortilla tipo taco.

Actualmente la planta de procesamiento se encuentra ubicada en el cantón Ambato de la provincia Tungurahua, parroquia Santa Rosa entre Av. Tercera S/N y Av. Primera.

- **Misión**

  Proveemos alimentos que satisfacen los requerimientos de nuestros clientes, cumpliendo con altos estándares de eficiencia y calidad, respetando los valores y principios de la empresa.

- **Visión**

  Ser una empresa exitosa, con creciente participación en el mercado nacional, reconocida por sus clientes por la diversificación y calidad de sus productos y servicios.

- **Principios y valores**

  Ética en el negocio

  Respeto

  Lealtad

  Integridad

  Responsabilidad social

1.1.3. El trigo

El trigo (*Triticum* ssp) es uno de los cereales originarios del oeste de Asía, y se viene cultivando desde la antigüedad hace más de 6000 años. Es el más importantes dentro de la alimentación humana y hoy en día se cultiva ampliamente en todo el mundo. El trigo presenta entre 70 a 75 % de almidón y entre 8 a 14 % de proteínas importantes para la salud humana **(Yang et al., 2022)**. La calidad de trigo influye directamente en la elaboración de productos de repostería, sin embargo, existen factores que afectan la calidad del trigo en la producción de harina, como las malas prácticas de cultivos, efectos ambientales y variedades de trigo **(Cocchi et al., 2005)**.

1.1.3.1. Consumo del trigo

Según **Jeong et al. (2022)**, en los años 2021 y 2022, se estima que alcanzó un récord máximo de consumo de trigo, de alrededor de 770 millones de toneladas. El consumo del cereal está en auge en relación con el crecimiento de la población. Analistas indican que el consumo de los cereales para el año 2032 aumentará y tiende a un alto crecimiento. Se estimas que la comercialización de los cereales incrementará en un 11%, en el caso del trigo, tendrá un crecimiento del 43%, donde Rusia tendrá picos más altos de exportación con un 23%. Se indica que para ese año tendrá un crecimiento lento a diferencia de los años anteriores **(OECD/FAO, 2023)**.

1.1.3.2. El trigo en el Ecuador

Ecuador no cuenta como un país productor de trigo de calidad, además, no abastece la demanda nacional. Por lo tanto, requiere de importaciones de países como Canadá, Estados Unidos y Argentina. La importación de trigo en el país entre enero a octubre del año 2023 preciso con 1.137,120 toneladas métricas mayor a los años anteriores **(García et al., 2023)**. En el Ecuador el ministerio de agricultura obliga a las empresas ecuatorianas a consumir un porcentaje mínimo de trigo nacional que se cultiva en las zonas de Bolívar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Pichincha **(Molina et al., 2022)**. El consumo de trigo ecuatoriano por empresas molineras es mínimo, porque su composición nutricional es baja. Este es un indicador para obtener productos de bajo rendimiento, otro de los factores para no consumir grandes cantidades de esta materia prima son sus elevados costos.

1.1.3.3. Variedades de trigo

En la actualidad existen diferentes variedades de trigo que han sido adaptadas a las necesidades del consumo, cada uno de estos desempeñan un papel importante dentro de la calidad de la harina. Presentan características únicas que pueden afectar en el rendimiento, sabor y textura de los productos terminados. El trigo blando es utilizado para la producción de productos leudados químicamente como las galletas, pasteles, debido al bajo contenido de proteínas y gluten débil lo que permite obtener productos más delicados desde suaves hasta quebradizos **(Yang et al., 2022)**. El trigo duro es empleado para la producción de productos horneados leudados con levadura como los panes. Sin embargo, esta variedad

se puede utilizar para elaborar productos sin levadura como las pastas, porque el trigo presenta alto nivel de proteína, gluten fuerte, elasticidad y firmeza de la masa **(Jeong et al., 2022)**.

1.1.4. Harina de trigo y su consumo

La harina de trigo es un producto que se obtiene de la refinación del germen y del endospermo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) a una determinada humedad. Se extrae hasta un punto óptimo y como producto final se obtiene harina de color blanco y subproducto **(INEN 616, 2015; Pantoja et al., 2018)**. La harina de trigo es ampliamente usada en variedad de alimentos como panes, galletas, pastas, entre otros productos de panadería y repostería **(Jeong et al., 2022)**.

En el mundo, el consumo de harina de trigo ha incrementado paulatinamente. Según **Kanaş (2020)**, para el año 2024 alcanzó 411 millones de toneladas, debido a la tendencia, la creciente de la población, los cambios y formas de consumo de la manera tradicional a los modernos, lo que ha implicado un aumento en la ingesta diaria de alimentos instantáneos.

En la **tabla 1** se detalla la composición química de la harina de trigo.

Tabla 1.

Composición química de la harina de trigo en 100 g

Componentes	Cantidad	Unidades
Energía	336	kcal
Agua	14,5	g
Proteína	8,6	g
Grasa	1,5	g
Carbohidratos	70,7	g
Fibra	3,0	g
Cenizas	1,7	g
Calcio	36	mg
Fosforó	224	mg
Hierro	4,6	mg
Tiamina	0,30	mg
Rivoflavina	0,08	mg
Niacina	2,85	mg
Ácido ascórbico reducido	4,8	mg

Nota: Información obtenida de **Andrade (2021)**.

1.1.4.1. Refinación de harina

La refinación de la harina es un proceso donde se adquiere un grado de finura del endospermo a través de diferentes rodillos y tamices. Sin embargo, afecta significativamente la calidad nutricional durante el proceso de molturación. Durante este proceso, se elimina gran parte del salvado y el germen, lo que reduce el contenido de fibra, vitaminas y minerales. Dejando principalmente almidón y proteínas en la harina refinada. Aunque esto mejora la textura y el sabor de los productos, pero disminuye su valor nutricional **(Domínguez et al., 2019; Pantoja et al., 2018)**.

1.1.4.2. Tipos de harina de trigo

1.1.4.2.1. Harina panadera (extra e integral)

La harina (extra) alcanza un grado de extracción y granulometría fijo. La harina integral debe sobrepasar una extracción del 85 %, sin embargo, en ambos tipos se pueden dar realce a la calidad nutricional de la harina empleando, mejoradores y blanqueadores, además pueden ser fortificadas con vitaminas y minerales **(INEN 616, 2006)**.

1.1.4.2.2. Harinan especial

La harina especial tiene una determinada forma de extraer, se adapta hasta alcanzar el interés optimo de un producto para mejorar el rendimiento. Estas harinas pueden estar fortificadas con vitaminas y minerales y a la vez no, estos son destinados a producir alimentos más delicados **(INEN 616, 2006)**.

1.1.4.3. Valor nutricional de la harina

1.1.4.3.1. Proteínas

En la harina de trigo se encuentran tanto proteínas solubles como insolubles. Las proteínas insolubles, particularmente las prolaminas, son las más importantes debido a su papel en la formación del gluten. Entre estas, la glutenina es esencial, ya que aporta tenacidad y firmeza a la masa. Además, están presentes las gliadinas, responsables de proporcionar extensibilidad y de mantener unidas las partículas de glutenina **(Becerra & Tuñoque, 2018)**.

1.1.4.3.2. Almidón

En la harina de trigo, el almidón es el polisacárido más abundante presente en el grano. Este compuesto se integra por dos polímeros de glucosa: la amilosa y la amilopectina. Cabe destacar que existen dos tipos de gránulos de almidón: el tipo A, con un tamaño de 10 a 38 micrómetros, y el tipo B, con un tamaño inferior a 10 micrómetros. La amilopectina presenta una gran cantidad de ramificaciones cortas, mientras que la amilosa, aunque no tiene muchas ramificaciones, presenta cadenas largas **(Piñon, 2021; Yang et al., 2022)**.

Se ha demostrado que tanto la amilosa como la amilopectina son componentes de alta calidad para la elaboración de productos. Además, es importante señalar que el almidón es insoluble a altas temperaturas y se hidrata cuando se somete a procesos de cocción **(Piñon, 2021; Yang et al., 2022)**.

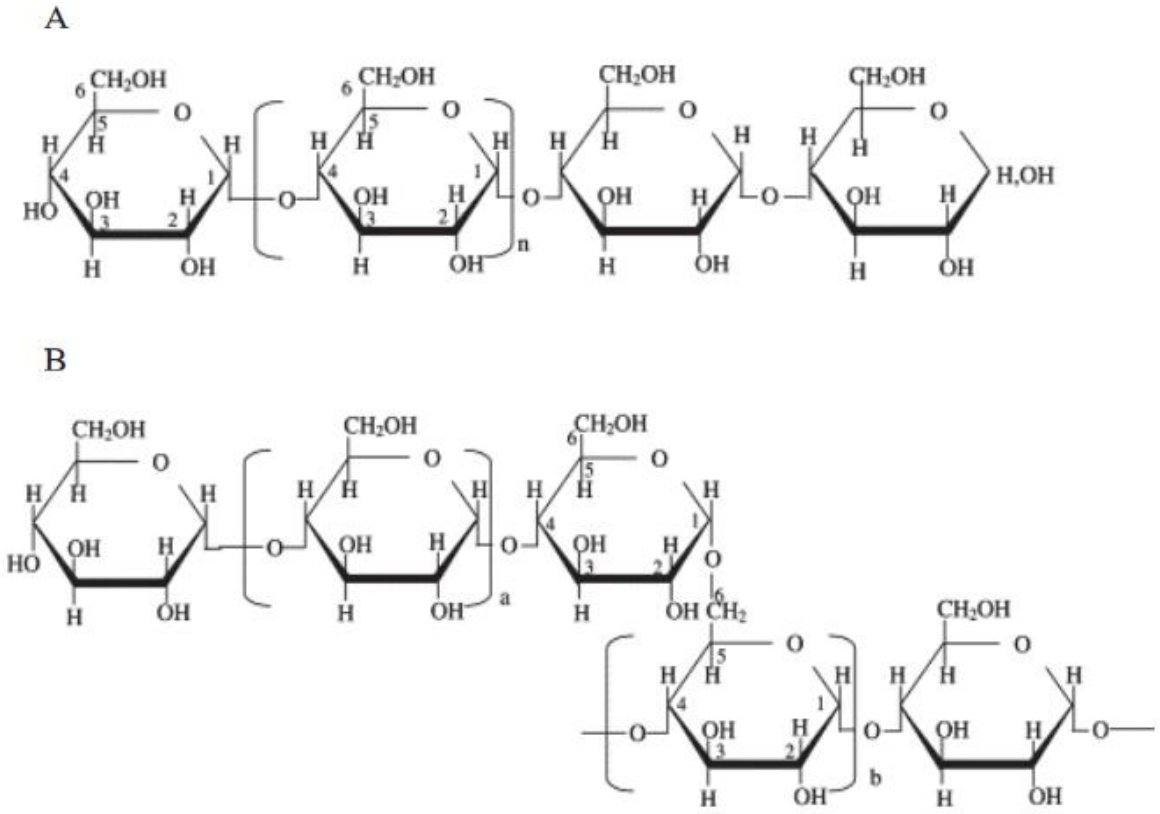


Figura 1. Estructuras de A) Amilosa y B) Amilopectina

Nota: La estructura del almidón está compuesto por amilosa y amilopectina carbohidratos esenciales en la harina de trigo. Adaptado de **Pérez & García (2013)**.

1.1.4.4. Calidad y seguridad de la harina de trigo

La calidad y la seguridad de la harina de trigo son de interés público. Los productos elaborados a partir de harina de trigo se ven afectados por parámetros de calidad y adulteraciones. Por cierto, estos parámetros no pueden ser detectados fácilmente, por ende, pueden afectar la salud de las personas **(Zhang et al., 2022)**. Entonces, se necesita de técnicas rápidas y eficientes para los controles de calidad de la harina. Estos análisis incluyen la composición química, tanto de la harina como los subproductos donde se determinará el porcentaje de humedad, cenizas, gluten húmedo, proteína y color **(Badaró et al., 2022)**.

La espectroscopia NIR es una de las técnicas que tiene ventajas de operación rápida y sencilla con alta eficiencia y medición. En los últimos años la aplicación de la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), está adentrándose rápidamente en el análisis de alimentos. El NIR es un método de bajo costo, íntegro que permite el análisis en tiempo real de la composición química de la muestra. La técnica permite ser eficiente y no invasiva, rápida y no destructible, por lo tanto, se convierte en una técnica de alto rendimiento a comparación de otras técnicas **(Johnson, 2020)**. De acuerdo con **Macas et al. (2023)** la industria panadera fue la primera en adentrarse en la utilización del equipo NIR, por el fácil acceso a la preparación de las muestras. Sin embargo, el NIR se puede aplicar a ingredientes crudos, procesos

intermedios y productos finales. Varios de los análisis realizados en el equipo demuestran una correlación satisfactoria entre los espectros en la predicción de índices químicos y tecnológicos.

1.1.4.5. Características reológicas de la harina de trigo

La reología es la ciencia que estudia el comportamiento de la materia prima, producto intermedio y producto final. El campo de la reología de los alimentos es aplicable en áreas de aceptabilidad, diseño de equipos, procedimientos y manejo de los alimentos.

Tabla 2.

Características reológicas de la harina de trigo

Característica	Descripción
Tenacidad	La capacidad y resistencia opuesta a la ruptura.
Cohesión	Permite determinar la adherencia interna por las fuerzas de atracción que existen entre moléculas de la masa.
Extensibilidad	Determina y mide la viscosidad de la masa de las proteínas que permiten la extensibilidad.
Plasticidad	Permite evaluar la facilidad de tomar diferentes formas.
Consistencia	Permite medir la resistencia a deformar.

Nota: Información obtenida de **Pérez & García (2013).**

1.1.5. Origen de las tortillas

Las tortillas también conocidas como panes planos tienen su origen en México y son consideradas uno de los alimentos más antiguos de la región. Inicialmente, su preparación se realizaba a partir de harina de maíz nixtamalizada. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, se introduce el uso de harinas de trigo para su elaboración. En la actualidad, las tortillas gozan de gran aceptación y han generado una tendencia global.

Actualmente, las tortillas se emplean en una variedad de platos, como tacos, quesadillas, enchiladas y burritos, y también se utilizan como base para servir otros alimentos **(Serna, Perez, and Heredia, 2019)**. Las tortillas tradicionales se ponen rancias en un corto tiempo de horneo, por lo tanto, suele consumirse el mismo instante, sin embargo, el corto tiempo de vida útil no es un problema ya que, existe una alta demanda de consumo. Juegan un papel importante las tortillas de harina de trigo dentro de los atributos de aceptabilidad de consumidores, debido a que presentan un color claro y una textura suave (**Montemayor et al., 2018)**.

1.1.5.1. Tipos de tortillas

Existe una amplia productividad de tortillas de diferentes harinas y combinaciones de harinas alternativas. Sin embargo, las más antigua y común, es la tortilla de harina de maíz, mediante la nixtamalización, siendo un proceso que se realiza al maíz, antes de la obtención de harina, donde se dan cambios fisicoquímicos, dependientes de la temperatura de cocción, concentración de cal y tiempo de remojo, es decir, la cal brinda características únicas de sabor, aroma, color y textura, por lo tanto, estas características influyen en las propiedades sensoriales y de textura del producto. Este tipo de tortillas son las únicas que no contienen gluten **(Boza, 2019)**.

Otra de las alternativas es la elaboración de tortillas con harina de trigo, por la facilidad de manipulación, en consecuencia, se debe a la presencia y calidad de proteína, que facilita la elasticidad y flexibilidad de la masa. Para la formación de la masa requiere de ingredientes como la harina de trigo, agua, grasa y sal, en algunos de los casos aditivos conservantes y saborizantes para mejor la textura **(Piñon, 2021)**.

1.1.5.2. Consumo de las tortillas

Las totillas son el segundo alimento más consumidas después del pan **(Montemayor et al., 2018; Serna et al., 2019)**. Sin embargo, en Norteamérica pertenecen a la categoría de pan envasado, se ha alcanzado una tasa crecimiento de 9 a 10 % en los últimos 10 años. Cabe indicar que, en Estados Unidos las tortillas de harina de trigo como las de maíz han dejado recursos de al menos 11 millones de dólares para el año 2013, entonces, se prevé que la producción tendrá una alta acogida para años futuros. En Ecuador el consumo de tortillas artesanales de maíz es común, sin embargo, en la actualidad el mercado de comida rápida está teniendo acogida con productos derivados de cultura mexicana como las tortillas de harina de trigo y maíz nixtamalizado **(Alba & Robles, 2023)**

1.1.5.3. Factores que influyen y carecen en la elaboración de las tortillas

Uno de los factores que afecta la elaboración de la tortilla es las proteínas de la harina, juegan un papel crucial en el producto. Permiten desarrollar características únicas como la elasticidad y flexibilidad, factores que influyen directamente en la calidad del producto terminado **(Dizlek et al., 2022)**. Por otra parte, estudios han demostrado que las tortillas tienen un alto porcentaje de grasa, lo cual es un parámetro sensorial importante para analizar. Según **Montemayor et al. (2018)**, las tortillas presentan un porcentaje de proteína relativamente bajo, lo que hace necesario complementarlas con fuentes proteicas externas.

Durante el horneo se produce reacciones químicas, reológicas y estructurales, pero, adquieren texturas y sabores característico. Sin embargo, el horneo hace que tenga la presencia de baja cantidad de grasa y su vez disminuye el contenido energético. Cabe indicar, que afecta la composición estructural debido a que reduce la humedad. Al final del horneo se adquiere condiciones de humedad especifico y uniforme **(Iribe et al., 2021)**.

1.1.5.4. Textura de la tortilla

La textura de las tortillas es un factor determinante en la evaluación de su calidad y aceptabilidad por parte de los consumidores **(Jondiko et al., 2016)**. En las tortillas los parámetros a evaluar son elasticidad, rolabilidad, firmeza y tensión **(Arámbula et al., 2004)**. Estas características esenciales están influenciadas por una serie de factores, entre los que se incluyen la calidad de la materia prima, los parámetros del proceso de producción, el horneado, el empaque, así como las condiciones y el tiempo de almacenamiento. Según **Kayacier & Singh (2003)**, la textura de las tortillas puede ser evaluadas de manera sensorial e instrumental, siendo esta última una opción eficiente que ofrece resultados precisos en un tiempo reducido. La evaluación instrumental se destaca por su capacidad para proporcionar datos objetivos que complementan las percepciones sensoriales, facilitando así un análisis más integral y rápido del producto final.

1.1.5.5. Beneficios de consumir tortillas

Las tortillas han sido comercializas mediante fritura y horneados de manera artesanal. Sin embargo, **Hernández et al. (2021)**, define que, mediante los productos horneados se pueden distribuir compuestos bioactivos debido a que actúan como transportadores. Por otro lado, estos productos no se encuentran expuestos a cambios de pH, temperatura y se ha podido demostrar que permiten ayudar a la resistencia a la bioactividad.

1.1.6. Materia prima para la elaboración de la tortilla tipo taco

1.1.6.1. Harina de trigo (Triticum aestivum L.)

La harina es uno de los compuestos importantes para la elaboración de las tortillas tipo taco. Es uno de los ingredientes principales para la formación de la masa, sin embargo, debe tener baja cantidad de humedad. Para la elaboración del producto se realiza análisis de la materia prima, uno de los factores principales que se evalúa es la proteína, depende del porcentaje es decir, si presentan proteínas bajas se tendrán tortillas con alta extensibilidad y grandes diámetros, pero cuando se enrollan se agrietan y se rompen, por el contrario, si presentan proteínas altas se tendrá diámetros pequeños por las propiedades de la masa elástica, pero cuando se enrollan mantiene la textura flexible **(Dizlek et al., 2022; Piñon, 2021)**. Para tener buenas tortillas se requiere de harina con proteínas del 10-12 % y bajo nivel de almidón dañado **(Dizlek et al., 2022)**.

1.1.6.2. Grasa

La grasa es uno de los componentes considerados importantes dentro del amasado, permite que la formación de la masa tenga terneza, suavidad y que ayude a no perder agua. La grasa proviene de dos fuentes tanto naturales como vegetales, sin embargo, dentro de las panaderías las más usada es la grasa vegetal por su bajo costo, sin embargo, emplear grasas animales es más caro, pero adquiere características únicas de realce de sabor **(Anticona, 2017)**.

1.1.6.3. Sal yodada

Es uno de los componentes que da realce de sabor a los demás ingredientes, sin embargo, añadir este producto permite aumentar la vida útil, disminuyendo la actividad de agua, facilitando la formación de la red de gluten y disminución de la pegajosidad. Se toma en consideración que, cuando se añade demasiada cantidad de sal se puede dar la formación de masas duras **(Anticona, 2017; Piñol, 2017)**.

1.1.6.4. Bicarbonato de sodio

Es uno de los compuestos que ayuda a que tenga estructuras y textura adecuada, es decir, el bicarbonato de sodio es un leudante químico. Este compuesto actúa como una base y reacciona con el ácido formando dióxido de carbono y un subproducto (sal química) como resultado de la reacción química. Es ampliamente empleado en productos de repostería y para productos delicados como galletas, snacks, tiene la finalidad de ganar volumen y presenta un sabor neutro **(Gibson & Newsham, 2018; Johnson & Schuette, 2019)**.

1.1.6.5. Fosfato monocálcico anhidrido

Es uno de los ingredientes que actúa en la formación de la masa como acidulante, suplemento nutricional de calcio, para fortalecer y acondicionar la masa, este aditivo se considera con agente nucleante, tienen la capacidad de liberar ácido durante la mezcla **(Liu et al., 2016; Pochteca, 2010)**.

1.1.6.6. Azúcar

El azúcar es uno de los ingredientes importantes dentro de la elaboración de las tortillas, permite dar sabor, textura y actúa como ablandador, es responsable de controlar la cristalización, tiene propiedades que ayudan a retener humedad, permite prevenir el deterioro alargando el tiempo de vida útil del producto por sus propiedades higroscópica **(Gibson & Newsham, 2018)**.

1.1.6.7. Propionato de sodio

Este ingrediente es importante dentro de la masa, permite conservar el alimento, evitando el crecimiento de hongos, mohos y bacilos. Este aditivo tiene iones de calcio, permitiendo que no inhiba la acción de agentes leudantes, actúa con alta eficacia a pH 3,5 a 5,5 **(Pochteca, 2023)**.

1.1.6.8. Agua

El agua es uno de los componentes esenciales para la formación de la masa, es decir, permite que se homogenice compuestos que dan sabor. Facilita hidratar el almidón permitiendo que el gluten de la masa adquiera características de elasticidad y suavidad, por lo tanto, cuanta más agua se agrega la masa se vuelve más suave, sin embargo, añadir demasiada agua se obtiene masas pegajosas **(Nilsson, 2018)**. Cuando se usa el agua como materia prima debe cumplir estándares de calidad los mismos que deben estar libres de olor, sabor color, impurezas y microorganismos, por lo tanto, se utiliza agua tratada y potabilizada **(Bhagwat, 2019)**.

1.1.7. Diagrama de proceso

1.1.7.1. Balance de materia

Es una progresión o base de cálculo en donde se describen detalladamente la contabilidad de la materia que interviene en un proceso de transformación. Es el punto de partida donde se debe establecer la ley de la conservación de la masa. Dentro de esto se considera la entradas y salidas, es decir que el balance de masa facilita tener un diagnóstico y trazabilidad en las anomalías presentes dentro de una planta de producción por lo que facilita la toma de decisiones **(Ruiz, 2021)**.

1.1.7.2. Diagrama BFD (Block Flow Diagram)

Un diagrama de flujo de bloques es una representación simplificada de un proceso, que permite observar sus operaciones unitarias mediante el uso de triángulos. Cada operación tiene continuidad al estar unida por líneas **(UNE & ISO, 2001)**. Este tipo de diagrama permite describir un proceso de producción de manera clara y precisa. Los diagramas de flujo de bloques pueden adaptarse a dos tipos: uno, para un solo tipo de proceso y otro para procesos más complejos. Es importante señalar que un diagrama de flujo de bloques no debe incluir detalles de los equipos **(Turton et al., 2012)**.

1.1.7.3. Diagrama PFD (Process Flow Diagram)

Es un esquema donde permite representar un proceso mediante la acción de símbolos. Dentro de esto se señala observaciones acerca de los equipos, se incluye referencias de temperaturas, presiones y flujos **(Páez, 2013)**. El diagrama de fluido de proceso representa un paso cuántico, con relación al diagrama de fluido de bloques, representa la mayoría de los datos útiles para el diseño del proceso. Cada uno de los equipos estará representado dentro del diagrama y presenta una descripción del equipo, todos los flujos de procesos se identifican con números, se describen las condiciones del proceso y la composición de la corriente (**Turton et al., 2012)**.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar un proceso para la producción de tortillas tipo taco para la empresa Molinos Miraflores S.A.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima (harina de trigo).
- Caracterizar el producto obtenido (tortilla tipo taco) mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- Diseñar el proceso para la producción de 400 kg/día para la tortilla tipo taco.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para la elaboración y análisis de las tortillas tipo taco se empleó harina de la empresa Molinos Miraflores S.A. Los análisis y caracterización de la materia prima se realizaron en los laboratorios de la empresa. Los análisis y caracterización del producto se realizaron en los Laboratorios de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

2.1.1. Materia pima

- Harina de trigo
- Grasa vegetal
- Sal Yodada
- Bicarbonato de sodio
- Fosfato monocalcico anhidrido
- Azúcar
- Propionato de Sodio
- Agua

2.1.2. Reactivos de laboratorio

- Agua destilada
- Peptona
- Ácido Bórico
- Yoduro de potasio
- Tiosulfato de sodio 0,1 M
- Hexano
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Alcohol Etílico al 95%

2.1.3. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado de 250 ml
- Probeta plástica de 100 ml
- Tubos Erlenmeyer
- Pinza metálica
- Rollo de papel de aluminio
- Matraz de 500 mL
- Algodón

- Pipetas graduadas de 5ml
- Placas Compact Dry
- Barrillas de agitación
- Mechero
- Guantes
- Cofias
- Crisoles de porcelana
- Espátula
- Pera de succión

2.1.4. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- INFORMATIC 9500 NIR
- SDmatic
- MIXOLAB
- Autoclave
- Incubadora
- Falling Number
- Balanza infrarroja
- Mufla
- Nevera
- VELP SCIENTIFICA Dumas
- Extractor de grasa
- Extractor de fibra dietética
- Horno INOX
- Cámara de flujo

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterizar la materia prima (harina de trigo)

El estudio se realizó con harina de trigo de pasaje **R1F-R2-H1(2)** de la empresa Molinos Miraflores S.A de la cuidad de Ambato de la provincia Tungurahua.

2.2.1.1. Análisis mediante equipo NIR

Para el desarrollo de la tortilla se tomó muestras del pasaje **R1F-R2-H1(2)** para el análisis físico del comportamiento de la harina mediante el equipo NIR de la marca PERTEN Inframatic 9500. Se siguió el protocolo establecido por **(AACC 39-10.01, 2001; Perten Instruments, 2016)**. Se colocó la muestra en el porta harinas y se llevó al equipo, donde arrojó los resultados del porcentaje de humedad, cenizas,

gluten húmedo, color y proteína. El análisis con el equipo permitió determinar parámetros de calidad de la harina, es decir, el contenido de humedad y proteína presente de acuerdo con lo establecido en la Normativa **(INEN 616, 2015)**.

2.2.1.2. Análisis de almidón dañado

Para la determinación del porcentaje de almidón dañado se empleó la metodología descrita por **(AACC 76-33.01, 2011; Chopin Technologies, 2019)**. Se preparó la solución de ensayo de 1000 ml de agua destilada, 25 g de ácido bórico y 25 g de yoduro de potasio. Para el análisis se pesó 1g de harina en el porta muestras del equipo. Se tomó una muestra de 25 ml de solución preparada, a esto se agregó una gota de tiosulfato se sodio 0,1 M y se colocó el porta muestras en el equipo SDmatic. Se corrigió la humedad con los datos reportados por equipo NIR. La reacción se dio de forma automática hasta cuando alcanzó la temperatura optima de 35 °C. El valor resultante se expresó en UCD (Unidades Chopin Dubois).

El análisis se fundamenta en la absorción de yodo, este análisis permitió determinar parámetros reológicos de la harina del pasaje **R1F-R2-H1(2)**. Además, se identificó el grado de daño recibido durante la molienda **(Barrera et al., 2012)**. El almidón dañado es un factor que afecta directamente la formación de la masa porque incrementa o disminuye la absorción de agua. Es decir, si absorbe demasiada agua indica que existe un al alto porcentaje de almidón dañado y al final expulsa en forma de agua libre, lo que tiende a la formación de masas pegajosas y fermentaciones espontáneas **(Bustillos, 2022)**.

2.2.1.3. Análisis de la actividad α-amilásica (Falling Number)

Para la determinación y análisis de actividad α-amilásica se siguió la metodología descrita por el manual de manejo de Falling Number (FN) y de las metodologías de la **(AACC 56-81.03, 1999; Jukić et al., 2023)**. Para este análisis, se verificaron parámetros como el nivel de agua y el sistema de calentamiento/refrigeración.

La muestra de harina del pasaje **R1F-R2-H1(2)** se pesó en una balanza analítica acorde al contenido de humedad en base (14%), como se muestra en la (**Figura 2**). Se colocó la muestra de harina en un tuvo viscosímetro con ayuda de un embudo de plástico y se agregó 25 ml de agua destilada para diluir la harina. El tubo viscosímetro se tapó con un tapón y se agitó por un tiempo de 30 segundo hasta obtener una solución homogénea y se retiró el tapón. Con la ayuda del agitador del viscosímetro se arrastró las partículas pegadas a la pared del viscosímetro. La muestra homogenizada se sumergió en el equipo donde completó el mezclado hasta alcanzar el tiempo de aglutinamiento y gelificación **(AACC 56-81.03, 1999)**. Al finalizar se tomó el tiempo empleado de la caída del agitador que registró el mismo equipo.

El análisis se fundamenta en la determinación de almidón dañado (actividad alfa-amilasa) en las muestras de harina de trigo, es decir, indica si el trigo recibió lluvia antes de la cosecha **(Garrido, 2015;**

Tiefenbacher, 2019). El tiempo expresado por el equipo indica parámetros de calidad, es decir, cuando se tiene valores menores a 250 segundos nos indica una alta cantidad de alfa-amilasas en el almidón. Sin embargo, si superó los 300 segundos indica que existe baja presencia de alfa-amilasas, indicando, que se realizó un proceso adecuado de cosecha, por lo que es, una señal de calidad de la harina **(Becerra & Tuñoque, 2018; Molfese, 2020)**.

Moisture Content (%)	Weight of Sample (14% mb) (g)	Moisture Content (%)	Weight of Sample (14% mb) (g)	Moisture Content (%)	Weight of Sample (14% mb) (g)
8.0	6.54	10.8	6.75	13.6	6.97
8.2	6.56	11.0	6.76	13.8	6.98
8.4	6.57	11.2	6.78	14.0	7.00
8.6	6.59	11.4	6.80	14.2	7.02
8.8	6.60	11.6	6.81	14.4	7.03
9.0	6.62	11.8	6.83	14.6	7.04
9.2	6.63	12.0	6.84	14.8	7.07
9.4	6.64	12.2	6.86	15.0	7.08
9.6	6.66	12.4	6.87	15.2	7.10
9.8	6.67	12.6	6.89	15.4	7.12
10.0	6.69	12.8	6.90	15.6	7.13
10.2	6.70	13.0	6.92	15.8	7.15
10.4	6.72	13.2	6.94	16.0	7.17
10.6	6.73	13.4	6.95	16.2	7.18

Figura 2. Peso de la muestra corregida por el contenido de humedad

Nota: El peso para el análisis en el equipo falling number se corrige a través del valor de humedad de la harina. Adaptado de **(AACC 56-81.03, 1999).**

2.2.1.4. Análisis reológico

Para el análisis reológico de la masa de harina de trigo del pasaje **R1F-R2-H1(2)** se utilizó el equipo MIXOLAB. Este equipo permite medir la consistencia de la masa expuesta al amasado a lo largo del tiempo y de la temperatura **(Dubat, 2010)**. Para el análisis reológico se siguió la metodología descrita por **(AACC 54-60.01, 2001; Bustillos, 2022; Chopin Technologies, 2012)**.

Para este análisis se verificaron los parámetros y configuración del equipo. Primero, se verificó el nivel de agua del sistema de refrigeración y se agregó hielo para mantener a una temperatura promedio de 18°C. Se encendió el equipo y el programa y se configuró el tipo prueba ensayo o simulador a través del software. Se tomó en consideración la hidratación requerida de 64 % en función de la humedad base (14 %). Posteriormente se registró el contenido de humedad obtenido del equipo NIR, el equipo calculó la cantidad de harina y agua necesario para empezar el análisis. Finalmente se obtuvo de manera automática al alcanzar un tiempo de 90 min, los datos fueron reportados de manera automática que permitió analizar la formación de la masa.

El método se fundamenta en realizar control de calidad de cereales y harinas. El equipo permite medir en tiempo real la acción ejercida por el torque expresada (Nm). Permite evaluar el comportamiento reológico de la masa y de la harina y determina la cantidad de agua necesaria para la formación de la masa. Facilita evaluar características de proteínas y almidones, fuerza de gluten, tiempo del desarrollo de la masa, gelatinización del almidón y viscosidad **(Dubat, 2010)**. La muestra se expone a ciclos de calentamiento y enfriamiento cuando la muestra de análisis se expone en un campo de deformación. Los datos que se obtienen muestran a través de gráficos de tensión versus deformación **(Bustillos, 2022; Chopin Technologies, 2012)**.

2.2.1.5. Elaboración de la tortilla tipo taco

Tabla 3.

Formulación de la tortilla tipo taco

Ingredientes	Formulación en %
Harina	58,62
Grasa vegetal	7,32
Sal yodada	0,90
Bicarbonato de sodio	0,48
Fosfato monocalcico anhidrido	0,43
Azúcar	0,30
Propionato de Sodio	0,18
Agua	31,77
Total	100

Nota: Información obtenida de Empresa Molinos Miraflores S.A.

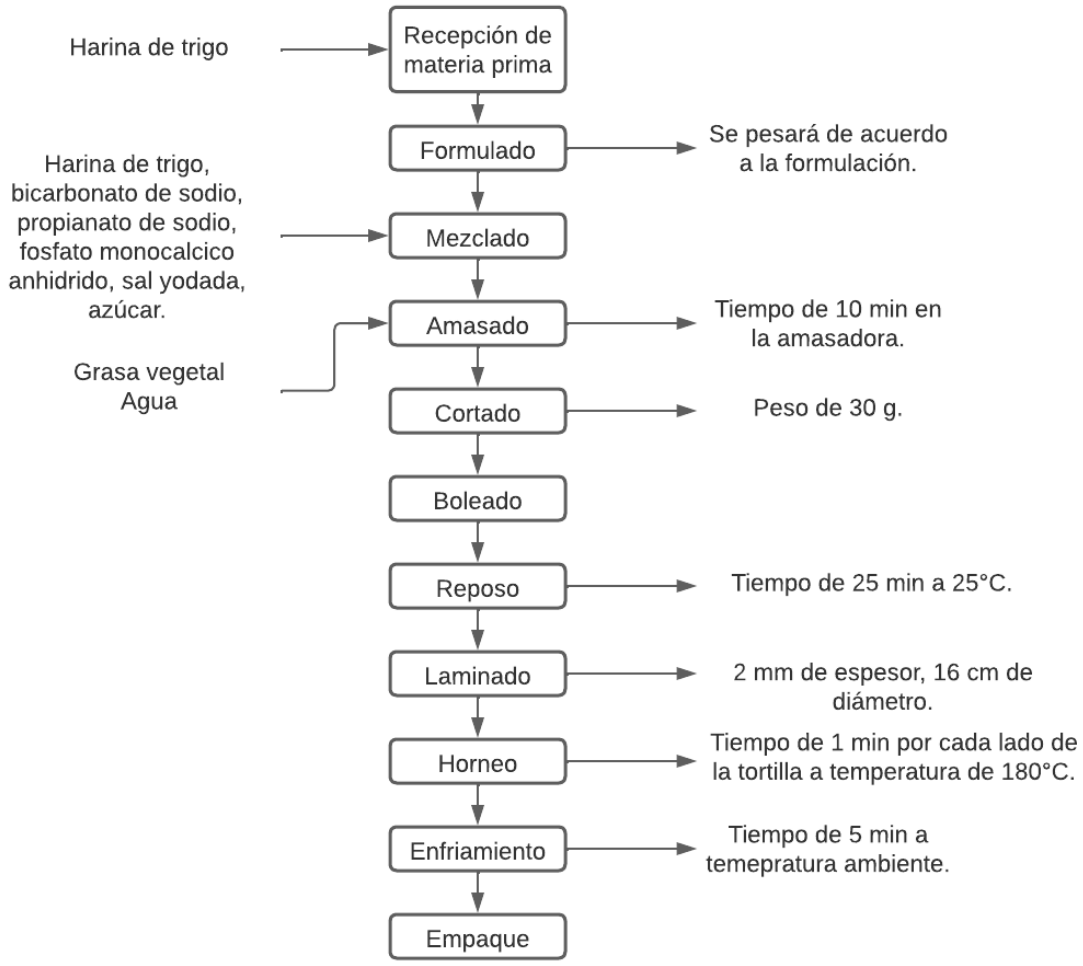


Figura 3. Diagrama de procesos para la elaboración de la tortilla tipo taco.

Nota: El presente diagrama identifica los tiempos de reposo y de cocción de las tortillas tipo taco. Adaptado de **(Rodríguez, 2020)** con adaptaciones de Vinicio Llambo.

El presente diagrama de flujo es una representación para elaborar tortillas de forma manual. Para la preparación de la masa se empleó harina del pasaje **R1F-R2-H1(2)** de la empresa Molinos Miraflores S.A. En la recepción de la materia se verificó la ficha técnica de la harina. Se formuló tomado en cuenta los porcentajes adecuados previamente descritos, utilizando balanzas electrónicas y analíticas de laboratorio para la toma del peso. En la siguiente sección, se pesaron las materias primas en diferentes bols y se vertieron en la batidora. Para el amasado se empleó una amasadora de la marca KitchenAid profesional 600. Se amasó por un tiempo de 10 min con la mínima potencia.

La masa preparada se cortó con ayuda de un cuchillo en fracciones de 30 g. Se realizo el boleo que permitió a la masa tener la forma esférica uniforme. A esto, se dejó reposar por 25 min para que actúen las enzimas presentes en la masa, sin embargo, el factor dependiente fue la temperatura. Para la formación de la tortilla o laminado se utilizó una laminadora manual de rodillo hasta obtener un espesor

aproximado de 2 milímetros de grosor y un diámetro de 16 centímetros. Durante la cocción se empleó un horno giratorio de convección forzada de la marca INOX y se dejó por un tiempo de 1 min por cada lado a una temperatura de 180 °C. Asimismo, se dejó reposar para enfriar por un tiempo de 5 min, y finalmente de empacó en bolsas de polipropileno de cierre hermético **(Rodríguez, 2020)**.

2.2.2. Caracterizar el producto obtenido (tortilla tipo taco) mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

2.2.2.1. Análisis proximal

2.2.2.1.1. Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se empleó el método descrito por **(Bianco et al., 2014)**. La tortilla se fragmento en porciones pequeñas. Se pesaron 3 g de muestra en un plato de aluminio y se acomodó con la ayuda de una espátula de laboratorio. El plato de aluminio fue llevado a la balanza de la marca Mettler Toledo HE53 en condiciones adecuadas donde se midió la pérdida de peso del retiro del agua que se encuentra en la tortilla de trigo, el resultado se obtuvo de manera automática el porcentaje en base húmeda. Esta determinación se realizó por triplicado.

2.2.2.1.2. Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se determinó de acuerdo con el método descrito por **(INEN 520, 2012)**. Se calcinó los crisoles por un tiempo de 30 min, y se enfrió en un desecador por 30 min. Se pesaron 3 g de tortilla tipo taco en un crisol previamente secados y pesados. El crisol con la tortilla tipo taco se colocó en una mufla de la marca (Thermo scientific-FB1414M) a 550°C por tiempo aproximado de 8 horas, hasta calcinar la materia orgánica y obtener cenizas libres de carbón. El porcentaje de ceniza se calculó siguiendo la ecuación 1:

$$\%Ceniza = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} * 100$$

(Ecuación 1)

Donde:

%Ceniza = Contenido de ceniza en %

P0= Peso del crisol vacío en g

P1= Peso del crisol con la muestra en g

P2= Peso del crisol con la muestra calcinada en g

2.2.2.1.3. Determinación del contenido de grasa (hidrólisis)

Para la determinación de la grasa se dio mediante el método Soxhlet siguiendo los lineamientos del método **(AOAC 2003.06, 2023; INEN 523, 1981)**. Para el análisis se empleó el equipo extractor Soxhlet de la marca *Velp Scientifica*. Se pesó 1 g de tortilla tipo taco en papel filtro y se ubicó en un dedal de celulosa, seguidamente se colocó el dedal en el equipo en conjunto con los vasos de extracción de 60 ml para la base de calentamiento. Se encendió el equipo a una temperatura constante de 130 °C y se inició la ebullición del disolvente y se sumergió los dedales por un tiempo aproximado de 60 min. Se realizó la recirculación del disolvente por 30 min. Se abrió las válvulas de la cámara de recuperación del disolvente y se recogió el disolvente por un tiempo aproximado de 30 min. Se colocó los vasos con las muestras de grasa por el tiempo de 1 hora a una temperatura de 96°C en una estufa para eliminar el solvente. Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente en un desecador para pesar en una balanza analitica. Al final, la grasa total de las tortillas tipo taco se calculó a partir de la ecuación 2.

$$\%Grasa = \frac{P_f - P_i}{m_t} * 100$$

(Ecuación 2)

Donde:

%Grasa = porcentaje de grasa en (g)

Pi = Peso del balón inicial en (g)

Pf = Peso del balón al finalizar la extracción en (g)

Mt = Peso de la muestra en (g)

2.2.2.1.4. Determinación de proteína

Para la determinación de la proteína se dio mediante los lineamientos del método Dumas **(AOAC 2001, 2023)**. Para el análisis se pesó 50 mg de tortilla tipo taco en cápsulas de papel aluminio, la cápsula se introdujo en el equipo Dumas Nitrogen Analyzer (Velp NDA 701). Se determinó el contenido de proteína mediante combustión y detección de conductividad térmica. La fracción de proteína determinó el equipo a partir del factor de corrección de 5,7. Este análisis se realizó por una sola vez en los laboratorios de la CONAL.

2.2.2.1.5. Determinación de fibra dietética total

Para la determinación de la fibra dietética se siguió los procesos descritos por la normativa **AOAC 985.29 (2023)** para el análisis se utilizó el método gravimétrico enzimático, se pesó 1 g de muestra. Se agregó 25 mL de agua destilada y se incubó a 37°C por 90 minutos para solubilizar azúcares y otros componentes solubles en agua. Se tapó los vasos con papel aluminio, posterior a ello los componentes

de fibra solubles en agua se precipitaron con etanol. El residuo se lavó secuencialmente con etanol al 78% y acetona para un secado a 105°C. El porcentaje de fibra se calculó mediante la ecuación 3:

$$\%\text{FDT} = \frac{W - \left[\frac{(P + A)}{100}\right] \times W}{W_1} \times 100$$

(Ecuación 3)

Donde:

%FDT = Porcentaje de fibra dietética total

W = mg del residuo

W_1 = Proporción de prueba (muestra)

P = Proteína de residuo

A = Ceniza de residuo

2.2.2.1.6. Determinación de carbohidratos

Para la determinación de carbohidratos en la tortilla tipo taco se determinó mediante la metodología de **Olalla (2019),** permitirá obtener el porcentaje de carbohidratos mediante la diferencia de los datos anteriores. El porcentaje de carbohidratos se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (\%\text{H} + \%\text{C} + \%\text{G} + \%\text{P} + \text{F})$$

(Ecuación 4)

Donde:

%H = % de humedad

%C = % de cenizas

%G = % de grasa total

%P = % de proteína

%F = % de fibra dietética total

2.2.2.2. Análisis físico.

2.2.2.2.1. Texturómetro (Extensibilidad de la tortilla tipo taco)

Para el análisis de textura del producto terminado se utilizó el equipo TEXTURÓMETRO (BROOKFIELD) PRO CT3, el análisis se realizó en los laboratorios de Control y Análisis de los alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Para realizar el análisis se siguió la metodología descrita por **(AACC 74-09, 1999; Acosta, 2013)**. La tortilla

tipo taco se cortó en láminas rectangulares de 8,7 cm de largo por 3,75 cm de ancho de acuerdo con **Arámbula et al. (2004)**, la prueba se realizó con unas pinzas de tensión. Se configuró el test, de forma normal con una velocidad estándar de 2 mm/s con una distancia de 78,8 mm, la muestra fue expuesta a una carga de activación de 10 g. El análisis de tensión se realizó para determinar parámetros y características de calidad de la tortilla tipo taco.

2.2.2.3. Análisis microbiológico

2.2.2.3.1. Mohos, levaduras y Escherichia coli

Para la determinación microbiológica se empleó la metodología descrita por **(AACC 42-10.02, 2021; INEN 1529, 2013; Jiménez, 2023)**. Para el análisis se tomó 10 g de diferentes tortillas en una cápsula de papel aluminio. Las muestras se sembraron después 15 días después de su elaboración. Se preparó un medio de cultivo con 20 g de peptona en 1 L de solución. La muestra para analizar se diluyó en una relación 1:10. Para la siembra se utilizó placas Compact Dry, asimismo las muestras se sembraron por duplicado y se observó la formación de colonias tanto de levaduras, mohos y *Escherichia coli*.

2.2.3. Diseñar el proceso para la producción de 400 kg/día para la tortilla tipo taco.

2.2.3.1. Cálculo de los balances de materia para la producción de 400 Kg/día de tortilla tipo taco

Se realizó balances de masa para determinar las entradas y salidas dentro del proceso de producción. Cada una de las operaciones unitarias involucradas en el proceso fueron calculadas, adaptándose a la formulación desarrollada que fue validada mediante el análisis en el laboratorio de la empresa Molinos Miraflores S.A. Los balances de materia se basaron en datos obtenidos a partir de estudios de mercado y análisis preliminares, utilizando la ecuación general de balance de materia. Para los cálculos, se asumió que el proceso opera en un estado estacionario en todas las unidades de procesamiento **(Ibarz & Barbosa, 2005)**.

$$(Aculmulación) = (Entrada - Salida) + (Generación)$$

(Ecuación 5)

2.2.3.2. Balance de materia

Los balances de materia se realizaron siguiendo la metodología de **Doran (2013)**, donde se adaptó los pasos para la elaboración de las tortillas tipo taco para la empresa Molinos Miraflores S.A

- Se seleccionó una serie de unidades consistentes (similares) para todas las variables.
- Se dibujó un diagrama de flujo que permitió identificar las corrientes de entrada y salida organizando al proceso de manera conveniente, mostrando de manera cuantitativa variables de interés (masas y caudales másicos).
- Se estableció una base de cálculo utilizando el flujo másico de 400 kg/día como referencia en la entrada y salida del sistema.
- Se especificó los lineamientos en el proyecto.

- Se aplicó la ecuación general de balance de materia en cada una de las unidades de proceso.

2.2.3.3. Diagramas BFD y PFD

Para la elaboración de los diagramas de procesos se procedieron a diseñar bajo reglamentos internacionales, que garantizaron la eficiencia, seguridad, calidad y la sostenibilidad del proceso. Se empleó un paquete informático Microsoft Office Visio Professional perteneciente a Microsoft 365, se tomó como puntos claves la información obtenida de los balances de materia **(Towler & Sinnott, 2022)**.

2.2.3.4. Diagrama BFD (Block Flow Diagram)

Una vez realizados los balances de materia anteriormente, se diseñó el diagrama BFD, no fue necesario tomar en cuenta normas específicas para el diseño, los diagramas de bloques fueron diseñados utilizando el programa gráfico simple Microsoft Office Visio Professional perteneciente a Microsoft 365. No obstante, se consideraron puntos estratégicos según lo planteado por **(Páez, 2013; Towler & Sinnott, 2022)**.

- Las operaciones unitarias se representaron mediante bloques debidamente etiquetados.
- Las corrientes de flujo se representaron con flechas en la dirección del flujo del proceso.
- La dirección de flujo.
- Solo se colocaron flujos másicos en los flujos de entrada y de salida.

2.2.3.5. Diagrama PFD (Process Flow Diagram)

Los equipos utilizados en el proceso se adaptaron a una simbología estándar bajo las normativas internacionales ANSI/ISA-S5.5 e ISO que se utiliza para diseño de plantas industriales **(ISA-S5.5, 1986; ISO 10628, 1997)**. Dentro del diagrama se ejemplificó los equipos de acuerdo con las necesidades esperadas en el balance de materia y se adaptó con equipos que se encuentra en la planta Molinos Miraflores S.A. Se empleó una nomenclatura estratégica para hacer reconocible a cada una de las corrientes y los equipos empleados dentro del sistema **(Páez, 2013)**.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis físico químico de la harina de trigo

3.1.1. Humedad

El porcentaje de humedad de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) considerada como la mejor, se muestra en la Tabla 4. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad donde se obtuvo un promedio de 14,25 % ± 0,089 entre las tres replicas, por lo tanto, se encuentra dentro del 14,5 % de los valores exigidos por la normativa **(INEN 616, 2015)**. Este porcentaje obtenido se debe a que el trigo durante la molienda estuvo bajo las condiciones adecuadas **(Bustillos, 2022)**. La harina como materia prima debe tener una humedad de 14,5 % como valor máximo para ser considerada harina comercial, para mantener su vida útil y evitar el crecimiento de mohos y la formación de *micotoxinas* **(Conde, 2014)**. **Vásquez & Matos (2009)** encontraron valores de humedad cercanos a 13,17 %. **Cabezas (2021)** en su estudio menciona una humedad de 12,22 % ± 0,22. Estos valores se relacionan con el tipo de acondicionamiento del grano de trigo y del tipo de molienda. Sin embargo, **Conde (2014)** argumenta que cuando existe alta cantidad de agua en la harina permite que se genere una contaminación microbiana. Por otra parte, cuando se tiene harinas con baja cantidad de humedad se debe agregar mayor cantidad de agua en la formación de la masa para ser compensada.

Tabla 4.

Contenido de humedad de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	Humedad (%)	
	Este estudio	**Referencia**
R1	14,22	
R2	14,18	14,5
R3	14,35	
Promedio	14,25±0,089	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia de la humedad es el parámetro permitido por la normativa INEN 616.

3.1.2. Proteína

El porcentaje de proteína de la harina de trigo se presenta en la Tabla 5. Los resultados obtenidos en el pasaje RIF-R2-H1(2) mostraron diferencias insignificantes entre las tres réplicas con un promedio de 10,48 % ± 0,122. Este valor se encuentra dentro del límite 10,5 % del valor exigido por la normativa **(INEN 616, 2015)**. **Gómez et al. (2007)** y **Piñon (2021)**, muestran que la harina de trigo presenta un valor promedio de proteína de 11,50 %, este valor es mayor al reportado en este estudio y a lo que exige la normativa. Este tipo de harina se considera para cualquier uso a nivel industrial y el porcentaje de proteína para la elaboración de productos de tortillería es de 10-12 %.

Por otra parte, se toma en cuenta que la harina para tortillas prensadas en caliente y estiradas manualmente debe tener un contenido de proteína promedio de 9,5-11,5 %. Además, la materia prima para tortillas troqueladas debe presentar un contenido promedio de 11,5-14% **(Barros et al., 2010)**. Finalmente, se concluye que para la elaboración de productos de tortillería se necesita una proteína estándar de 10,5 % para tener buenas características **(Jondiko et al., 2016; Montemayor et al., 2018)**. Se considera que las proteínas juegan un papel importante dentro de la formación de productos, sin embargo, se toma en cuenta que las harinas con proteínas fuertes tienden a reducir la extensibilidad de la formación de la masa, esto afecta directamente el diámetro de la masa **(Dizlek et al., 2022)**.

Tabla 5.

Contenido de proteína de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	**Proteína (%)**	
	Este estudio	**Referencia**
R1	10,37	
R2	10,61	10-12
R3	10,45	
Promedio	10,48±0,122	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia de la proteína es el parámetro permitido por la normativa INEN 616

3.1.3. Cenizas

El porcentaje de cenizas de la harina de trigo se encuentra expresado en la Tabla 6. Para el pasaje R1F-R2-H1(2) se obtuvo un promedio de 0,485 % ± 0,005 sin presentar diferencias significativas entre las muestras. La normativa indica un máximo de 0,85 %, por lo tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros descritos **(INEN 616, 2015)**. Quizá, este factor se debe a que es una harina virgen que se caracteriza por la no presencia de minerales. Para **Gómez et al. (2007)** el porcentaje de cenizas en la harina es de 0,47 %. En el estudio de **Piñon (2021)** se obtiene un porcentaje

de cenizas de 0,59 % ± 0,006 un valor no significativo a lo reportado en el estudio. Por lo tanto, se considera que es una harina virgen expuesta a varios parámetros durante la molienda.

Moreno et al. (2020) señala que hay un aumento de cenizas cuando existe contaminación con partículas distintas al endospermo y la presencia de fracciones de la capa aleurona. Estos factores disminuyen la calidad de la harina. En este estudio se obtuvo un porcentaje de ceniza relativamente menor 0,485 % comparado con la normativa y los estudios anteriormente mencionados, esto indica que no existió una tasa de extracción alta de la harina. **Pérez & García (2013)**, menciona que cuando se obtiene harina con baja cantidad de cenizas se obtiene productos con características sensoriales de buena calidad en color y textura.

Tabla 6.

Contenido de cenizas de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	**Cenizas (%)**	
	Este estudio	**Referencia**
R1	0,485	
R2	0,480	0,85
R3	0,489	
Promedio	0,485±0,005	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia de la ceniza es el parámetro permitido por la normativa INEN 616.

3.1.4. Gluten húmedo

El porcentaje de gluten húmedo de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) se presenta en la Tabla 7. El promedio obtenido fue 32,2 % ± 0,036, sin diferencias significativas entre las réplicas analizadas. Este valor excede el límite máximo del 28% exigido por la normativa **(INEN 616, 2015)**. **Hidalgo (2018)**, indica que cuando se tiene valores altos en este parámetro se tendrá masas con características intermedias. El gluten es la principal proteína de la harina de trigo y desempeña un papel importante en la formación de la red estructural de las masas **(Jeong et al., 2022)**. Además, **Jeong et al. (2022)** menciona que un contenido elevado de gluten húmedo puede ser beneficioso, ya que durante la fermentación mejora la retención de CO2. Los estudios realizados por **Chancusig-Pila et al. (2024); Jeong et al. (2022)** reportaron valores de gluten húmedo de 17,47 % y 27, 1 %, ambos estudios se encuentran dentro del rango permitido por la normativa **(INEN 616, 2015)**. Al comparar estos datos con los resultados del presente estudio, no se observaron diferencias significativas. Por otro lado, **Cerda (2010)** destaca que el contenido de gluten húmedo puede verse afectado por factores de la variedad de trigo y proceso de molturación.

Tabla 7.

Contenido de gluten húmedo de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	Gluten húmedo (%)	
	Este estudio	**Referencia**
R1	31,9	
R2	32,6	28
R3	32,1	
Promedio	32,2±0,361	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia del gluten húmedo es el parámetro permitido por la normativa INEN 616.

3.1.5. Color

El porcentaje de color de la harina de trigo considerada como la mejor (proveniente del pasaje R1F-R2-H1(2)) se presenta en la Tabla 8. Los resultados no evidenciaron diferencias significativas en el porcentaje de color, obteniéndose un promedio de 91,60 % ± 0,017 entre las tres replicas analizadas. Al comparar estos resultados con el estudio de **Jeong et al. (2022)** se observan datos similares, con un valor reportado de 91,1 %. Además, **Jeong et al. (2022)** menciona que el grado de color está relacionado con el contenido de cenizas, describiendo una relación inversamente proporcional: a menor cantidad de cenizas, mayor cantidad de color. Por su parte, **Montoya & Giraldo, (2010)** reportan un valor de 69,06 %, que indica la ausencia de un color blanco ideal en su análisis. De manera complementaria, **Barros et al. (2010)**, destaca que una mayor blancura en la harina contribuye a la elaboración de productos más blancos. En este contexto, se atribuye que el color es uno de los atributos sensoriales clave tanto de la materia prima como la del producto terminado **(Montoya & Giraldo, 2010).**

Tabla 8.

Contenido de color de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	Color (%)
R1	91,58
R2	91,61
R3	91,61
Promedio	91,60±0,017

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar.

3.1.6. Falling Number

El resultado del índice de caída (Falling Number) de la harina correspondiente al pasaje R1F-R2-H1(2) se presenta en la Tabla 9. Los resultados no mostraron diferencias significativas, obteniéndose un promedio de 400 s ± 0,0. Según **Becerra & Tuñoque (2018)**, la actividad α-amilasa de la harina debe ser adecuada para garantizar su calidad. Cuando los valores del índice de caída son inferiores a 150 s, se evidencia una elevada actividad enzimática, lo que provoca una rápida degradación del gel del almidón. Esto afecta negativamente a la textura de los productos y genera masas difíciles de procesar debido al alto contenido de dextrinas **(Pérez & García, 2013)**. En su estudio, **Pérez & García (2013)** reportaron un valor de 378 s, que se encuentra dentro de los parámetros de calidad estable.

Al comparar con otros estudios, **Bustillos (2022); Vásquez & Matos (2009)** reportaron índices de caída de 241 y 249 s, respectivamente. Estos valores, aunque difieren con presente estudio, indican, según **Pérez & García (2013)**, una elevada actividad α-amilasa, por lo que se tendrá productos con texturas oscuras. **Bustillos (2022)** señala que la actividad enzimática tiene relación inversamente proporcional al índice de caída **(Bustillos, 2022)**.

Tabla 9.

Contenido de alfa-amilasas en la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) expresado en tiempo (s)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	Alfa-amilasas (tiempo)
R1	400
R2	400
R3	400
Promedio	400±0,0

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar.

3.1.6. Almidón dañado

En la Tabla 10 se presenta el porcentaje de almidón dañado de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2), considerado como el mejor. Los resultados no mostraron diferencias significativas en este parámetro, obteniéndose un promedio de 26,6 % ± 0,252 entre las tres replicas. **Conde (2014)** señala que, durante el proceso de molturación, ya sea suave o agresivo, se generan lesiones en los gránulos de almidón, lo que incrementa la cantidad de almidón dañado. En este contexto, el estudio de **Bustillos (2022)** reportó valores máximos de 9,98 % para este parámetro, mientras que **Puma (2017)**, determinó valores de 25,40 %. Se puede observar una diferencia bastante amplia entre estos dos valores (9,98 % y 25,40 %), encontrando una mejor relación entre este estudio y el reportado por **Puma (2017)**. Un alto porcentaje de almidón dañado influye de manera significativa en la formación de la masa y afecta la textura del producto final **(Becerra & Tuñoque, 2018; Bustillos, 2022; Puma, 2017)**. Sin embargo,

en productos de panificación, un mayor contenido de almidón dañado puede ser beneficioso, ya que incrementa la capacidad de absorción de agua **(Bustillos, 2022)**.

Tabla 10.

Contenido de almidón dañado de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)

Pasaje R1F-R2-H1(2)	Almidón dañado (%)
R1	26,3
R2	26,6
R3	26,8
Promedio	26,6±0,252

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar.

3.1.7. Mixolab

Los resultados experimentales del comportamiento de la harina del pasaje del R1F-R2-H1(2) analizados mediante el equipo Mixolab, se presentan en la Tabla 11, así también sus curvas se presentan en el **(Anexo 6)**.

Etapa 1. Comportamiento de la mezcla – C1 a 30 °C (Tabla 11)

La absorción de agua de la masa, presentada en la Tabla 11, corresponde a un valor de 65,5 %. Al compararlo con el estudio **Chancusig-Pila et al. (2024)**, que reportó un valor de 66,08 %, se observa que no existe una diferencia significativa, lo cual atribuye a que ambas muestras corresponden a harinas de trigo refinadas. **Gómez et al. (2007)** señala que las harinas absorben una mayor cantidad de agua cuando sus proteínas son fuertes. Asimismo, **Bustillos (2022)** indica que la absorción de agua aumenta en harinas con porcentajes más altos de almidón dañado como se evidencia en la Tabla 10.

El tiempo de desarrollo de la harina del pasaje R1F-R2-H1(2) fue de 6,57 min. Al compararlo con la harina de trigo importada de la variedad CWRS#1, que presentó un tiempo de desarrollo de 4,5 ± 0,00 min, no se observaron diferencias significativas **(Sandoval et al., 2012)**. Según **Bustillos (2022)**, el tiempo de desarrollo de la masa está directamente relacionado con la fuerza de la masa de la harina, estableciendo una relación proporcional. Es decir, a mayor resistencia de la harina asociada a la fuerza, se obtendrán tiempos de desarrollo más prolongados.

La estabilidad de la masa de la harina del pasaje R1F-R2-H1(2) fue de 10,10 min. Al compararla con la harina de trigo de la variedad INIAP-VIVAR 2010, que presentó un tiempo de estabilidad de 7,57 min, se observa que no existe una diferencia significativa **(Sandoval et al., 2012)**. Según **Chancusig-Pila et al. (2024)**, la estabilidad de la masa está directamente relacionado con el genotipo, condiciones ambientales y la proteína del trigo.

El valor reportado de C1 se presenta en la Tabla 11, y el comportamiento de la curva puede observarse en el **Anexo 4**, donde se obtuvo un valor de 1,142 (Nm). Al comparar el valor de C1 con una investigación de **Paucar (2021)**, en la que se reportó un valor de 1,120 (Nm) para la harina de trigo refinada, se observa que no existen diferencias significativas.

Etapa 2. Calidad del gluten C1 – C2 a 30 °C - 50 °C (Tabla 11)

El resultado de C2 se presenta en la Tabla 11, y el comportamiento de la curva puede observarse en el **Anexo 4**, donde se obtuvo un valor de 0,510 (Nm). Este valor se debe al incremento de la temperatura entre C1 y C2, lo que provoca el debilitamiento de la red de proteínas del gluten. Al comparar los datos de C2 con las investigaciones de **Bustillos (2022); Paucar (2021)** quienes reportaron valores de 0,509 (Nm) y 0,538 (Nm) respectivamente, se observa que ambos estudios guardan relación con los resultados obtenidos en el presente estudio. El debilitamiento de la red de gluten en este caso se atribuye al incremento de la temperatura, sin embargo, un factor clave en este parámetro es la calidad de la proteína **(Bressiani et al., 2019; Chopin Technologies, 2015)**. Según **Beasoain (2019)**, existe una relación directa entre la proteína y el valor de C2, es decir, cuando hay una mayor resistencia al debilitamiento de las proteínas, se obtienen valores más altos de C2. **Beasoain (2019)** indica que, en esta fase, se considera el valor de α (Nm/min), el cual representa la velocidad del debilitamiento de las proteínas bajo las condiciones de la temperatura.

Etapa 3. Gelatinización del almidón C2 – C3 a 55 °C - 60 °C (Tabla 11)

El resultado de C3 se muestra en la Tabla 11, y el comportamiento de la curva puede observarse en el **Anexo 4**, donde se obtuvo un valor de 1,511 (Nm). Este valor se debe al aumento de la temperatura, lo que genera un cambio en la masa debido al comportamiento de los gránulos del almidón, que tienden a absorber agua **(Beasoain, 2019; Chopin Technologies, 2015)**. Al comparar el estudio de **Paucar (2021)**, que reporta un valor de C3 de 1,570 (Nm), se observa que los valores obtenidos en este estudio son similares. **Codină et al. (2019)** afirman que, mientras mayor cantidad de agua libre absorban los gránulos de almidón, mayor será el valor de C3, lo que resultará en una masa más viscosa. **Beasoain (2019)** indica que, en esta fase, se considera el valor de β (Nm/min), el cual representa la velocidad de gelatinización del almidón.

Etapa 4. Actividad amilásica C3 – C4 a 90 °C (Tabla 11)

La Tabla 11 presenta el resultado de C4, y el comportamiento de la curva puede observarse en la **Anexo 4**, donde se obtuvo un valor de C4 de 1,325 (Nm). Con relación con C3, el valor de C4 tiende a disminuir, lo que se debe a que los gránulos de almidón, por la acción de la temperatura y la acción mecánica, se rompen. Por lo tanto, este parámetro depende del almidón dañado y de la cantidad de amilasas presentes **(Beasoain, 2019)**. Al comparar los estudios de **Chancusig-Pila et al. (2024; Paucar, 2021)** se encontraron valores de 1,15 (Nm) en harina de la variedad de trigo de INIAP-VIVAR

2010 y 1,280 (Nm) en harina de trigo refina, datos que no presentan diferencias significativas con los obtenidos en nuestro estudio. No obstante, este factor puede influir durante el horneado y la gelatinización del almidón **(Chancusig-Pila et al., 2024)**. **Beasoain (2019)** indica que, en esta fase, se considera el valor de γ (Nm/min), que representa la velocidad de degradación de la α-amilasa.

Etapa 5. Retrogradación del almidón entre 90 °C - 50 °C (Tabla 11)

En la Tabla 11 presenta el resultado de C5, y el comportamiento de la curva puede observarse en el **Anexo 4**, donde se obtuvo un valor de C5 de 2,025 (Nm). En relación con C4, el valor de C5 tiende a aumentar. La retrogradación ocurre cuando la masa se enfría, lo que provoca que el almidón tienda a disminuir, mientras que la consistencia del producto aumenta. La investigación de **Paucar (2021)** muestra un valor de 1,698 (Nm), lo que corrobora este índice con los resultados obtenidos en este estudio. Por lo tanto, se indica que cuando existe un mayor porcentaje de amilosa, se tendrá un mayor porcentaje de almidón retrogradado en la harina **(Chancusig-Pila et al., 2024)**. Además, **Beasoain (2019)** afirma que la retrogradación esta influenciada por varios factores, como la fuente de almidón, la longitud de cadena y la relación entre amilosa y amilopectina.

Tabla 11.

Análisis reológico de la harina de trigo de pasaje R1F-R2-H1(2)

Análisis reológico	Índice
Humedad (%)	14,3
Absorción de agua (%)	65,5
Tiempo de desarrollo (min)	6,57
Estabilidad (min)	10,10
C1 (Nm)	1,142
CS (Nm)	1,126
C2 (Nm)	0,510
C3 (Nm)	1,511
C4 (Nm)	1,325
C5 (Nm)	2,025
α (Nm/min)	-0,092
β (Nm/min)	0,326
γ (Nm/min)	-0,018

Nota: La tabla muestra el C1, C2, C3, C4 Y C5 (Nm) donde indica los índices del torque en cada parámetro de la curva presente en el **Anexo 4**, α (Nm/min): velocidad del debilitamiento de las proteínas, β (Nm/min): velocidad de gelatinización del almidón, γ (Nm/min): velocidad de degradación de la α-amilasa.

3.2. Análisis proximal de la tortilla tipo taco

3.2.1. Humedad de la tortilla tipo taco

Los valores de humedad de la tortilla tipo taco se presentan en la Tabla 12. El producto presentó una humedad promedio de 20,88 % ± 0,736. Los resultados no mostraron diferencias significativas. La humedad en el producto es un parámetro importante, ya que permite determinar su vida útil y prevenir el desarrollo microbiano, especialmente de mohos. Este parámetro se ha relacionado con los valores establecidos para el pan, que oscilan entre un 20 % y 40 % conforme a la normativa **(INEN 2945, 2014)**.

Hernández et al. (2021), en su investigación sobre las tortillas de harina de trigo enriquecidas con microalgas, determinaron que el promedio de humedad en el día 0 se encontraba entre 19,3% y 26,4 %. Al comparar estos resultados con los estudios de **Montemayor et al. (2018); Piñon (2021)**, quienes reportaron valores de 31,31 % ± 0,22 y 31 %, respectivamente, se observan diferencias significativas con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Por otra parte, los estudios de **Boza, (2019); Moo et al. (2021)** reportaron valores de 47,473 % y 41,9 % ± 0,9, respectivamente, en tortillas de maíz. Estos valores no solo presentan diferencias significativas, sino que también superan los límites establecidos por la normativa. Esto sugiere que la harina de maíz tiene una mayor capacidad de absorción de agua, lo cual podría disminuir la vida útil del producto. **Piñon (2021)** destacó que la incorporación de otros tipos de harina puede dar lugar a menores valores de humedad, por lo que se atribuye que la fibra influye directamente en el contenido de humedad.

Tabla 12.

Contenido de humedad de la tortilla tipo taco

Tortilla tipo taco	**Humedad (%)**	
	Este estudio	**Referencia**
R1	21,02	
R2	21,53	20-40
R3	20,08	
Promedio	20,88±0,736	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia de la humedad de la tortilla es el parámetro permitido por la normativa del pan INEN 2495.

3.2.2. Cenizas de la tortilla tipo taco

Los valores de cenizas de la tortilla tipo taco se presenta en la Tabla 13. El producto presentó un promedio de cenizas de 1,69 % ± 0,021. Los datos reportados no evidenciaron diferencias significativas. Este parámetro, sin embargo, no se encuentra dentro del valor de referencia de 0,85 % establecido para harinas en la normativa **(INEN 616, 2015)**. El contenido de cenizas en el producto es importante, ya que influye en la obtención de productos con buenas características sensoriales. Al comparar estos resultados con los estudios de **Hernández et al. (2021); Villasante et al. (2022)**, quienes reportaron valores de ceniza de 1,55 % ± 0,01 y 2,0 % ± 0, respectivamente, no se observan diferencias significativas en relación con nuestro estudio. Por el contrario, al analizar los valores obtenidos en tortillas de maíz, se registró un contenido de cenizas de 0,75 % ± 0,04 el cual se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa **(INEN 616, 2015)**. Según **Moo et al. (2021)**, este menor contenido de cenizas en las tortillas de maíz se atribuye al proceso de la nixtamalización el cual permite eliminar una porción de minerales.

Tabla 13.

Contenido de cenizas de la tortilla tipo taco

Tortilla tipo taco	Cenizas (%)	
	Este estudio	**Referencia**
R1	1,71	
R2	1,67	0,85
R3	1,70	
Promedio	1,69±0,021	

Nota: La tabla muestra el R1, R2 y R3 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar, la referencia de la ceniza es el parámetro permitido por la normativa INEN 616.

3.2.3. Grasa de la tortilla tipo taco

En la Tabla 14 se presenta el contenido de grasa de la tortilla tipo taco, con un valor de 11,4 %. Las tortillas elaboradas a base de harina de trigo contienen habitualmente entre el 6 y 10 % de grasa de origen vegetal **(Serna et al., 2019)**. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores de grasa reportados para el pan, los cuales oscilan entre el 1 y el 4 % conforme a la normativa **(INEN 2945, 2014)**. Al contrastar los datos con los estudios de **Boukid (2022); Montemayor et al. (2018)**, quienes reportaron valores de 6,84 g/100 y 6,90 % ± 0,07 respectivamente, se observa que existen diferencias significativas con el presente estudio. No obstante, estos valores tampoco se encuentran, dentro de los parámetros establecidos por la normativa **(INEN 2945, 2014)**. Por otro lado, el estudio de **Acevedo-Pacheco & Serna-Saldívar (2016)** reporta un contenido de grasa de 10, 5 % ± 1,15, que no muestra diferencias significativas con los resultados obtenidos, lo que permite corroborar la validez de los datos obtenidos en esta investigación. En contraste, **Hernández et al. (2021)**, reportan un contenido de grasa

de grasa de 20,85 % ± 0,08. Aunque esta cantidad contribuye a preservar características sensoriales y de textura, también afecta negativamente la vida útil del producto debido a la presencia de oxidación lipídica.

3.2.4. Proteína de la tortilla tipo taco

En la Tabla 14 se presenta el contenido de proteína de la tortilla tipo taco, con un valor de 10,3 %. Este resultado fue comparado con los valores reportados para el pan, cuyo contenido mínimo de proteína es de 7 %, sin un límite máximo establecido, lo que indica que el valor obtenido se encuentra dentro de los parámetros específicos por la normativa **(INEN 2945, 2014)**. Las tortillas de harina de trigo presentan la mayor parte de proteínas (gliadinas y glutelinas), las cuales presentan una alta digestibilidad, cercana al 85 %. Sin embargo, presentan niveles insuficientes de lisina y treonina **(Serna et al., 2019)**. Cabe destacar que las tortillas de harina de trigo sin formular ni fortificar tienen un contenido de proteína de 7,95 % ± 0,17, en comparación con las tortillas fortificadas con soya, que presentan un contenido de 9,84 % ± 1,81 **(Acevedo-Pacheco & Serna-Saldívar, 2016)**.

Al analizar los estudios de **Hernández et al. (2021); Villasante et al. (2022)**, se reportaron valores de proteína de 10,98 % ± 0,13 y 12,7 % ± 0,0, respectivamente, los cuales no presentan diferencias significativas con los resultados obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, al comparar los resultados de esta investigación con las tortillas de maíz, que muestran un contenido de proteína de 4,62 % ± 0,00, se evidenciaron diferencias significativas.

3.2.5. Fibra dietética de la tortilla tipo taco

Los resultados de fibra dietética se presentan en la Tabla 14, con un valor de 2,10 %. Según **Serna et al. (2019)**, las tortillas elaboradas con harina blanca contienen aproximadamente un 1,8 % de fibra dietética, compuesta por 0,7 % de fibra soluble y 1,1 % de fibra insoluble. En contraste, las tortillas de harina integral presentan un contenido significativamente mayor, alcanzando el 6,9 %, compuesto por 3,7 % de fibra soluble y 3,2 % de fibra insoluble. **Boukid (2022)** señala que las tortillas pueden considerarse una fuente de fibra dietética. Al comparar los estudios obtenidos de **Villasante et al. (2022)**, quienes reportaron un valor de fibra dietética de 5,6 % ± 0,2, se observa que no existe diferencia significativa con nuestro estudio. Por otro lado, **Moo et al. (2021)** reporta un valor de 9,43 % ± 0,04 en tortillas elaboradas con harina enriquecida de maíz, lo que demuestra diferencias significativas con respecto a los resultados de esta investigación. La adición de fibra a las tortillas incrementa la capacidad de absorción de agua, aunque reduce su extensibilidad, lo que a su vez incrementa la dureza del producto **(Boukid, 2022)**. Además, altos niveles de fibra dietética pueden retrasar el envejecimiento de las tortillas durante el almacenamiento ya que limita la gelatinización y la retrogradación del almidón **(Villasante et al., 2022)**.

Tabla 14.

Contenido de grasa, proteína y fibra dietética de la tortilla tipo taco

Parámetro	Método	Este estudio (%)	Referencia (%)
Grasa	AOAC 2003.06	11,4	6-10
Proteína	AOAC 2001,11	10,3	> 7
Fibra dietética	AOAC 985,29	2,10	1,8

Nota: La tabla no muestra réplicas analizas, la referencia de la grasa, proteína y fibra dietética es el parámetro permitido por normativa INEN.

3.2.6. Carbohidratos totales

El porcentaje de carbohidratos totales se calculó utilizando la Ecuación 4, obteniéndose un valor de 53, 64 %. En el estudio de **Villasante et al. (2022)** se reportó un contenido de carbohidratos de 58,7 % ± 0,0, lo cual guarda relación con los resultados de **Hernández et al. (2021)**, quienes presentaron un contenido de carbohidratos totales de (66, 47 % ± 0,23). Las tortillas se caracterizan por su alto contenido de carbohidratos, lo que atribuye al uso de ingredientes con un elevado contenido de almidón **(Boukid, 2022)**.

$$(\%)carbohidratos = 100 - (Humedad + Cenizas + Grasa + Proteina + Fibra)$$

$$(\%)carbohidratos = 100 - (20{,}88 + 1{,}69 + 11{,}4 + 10{,}3 + 2{,}10)$$

$$(\%)carbohidratos = 53{,}63$$

3.2.7. Análisis físico

Los resultados de tensión medidos como la fuerza máxima y elongación se presentan en la Tabla 15, con valores de 588,6 g ± 181,84 y 2,18 mm ± 0,261, respectivamente. La fuerza máxima es un parámetro que evalúa la elasticidad de la tortilla hasta alcanzar su punto de ruptura, mientras que la elongación mide la distancia desde el inicio del ensayo hasta el momento en que la tortilla se rompe **(Barros et al., 2010)**. Al comparar los resultados con los estudios de **Barros et al. (2010); Dizlek et al. (2022)**, quienes reportaron valores de fuerza de ruptura de 833,1 g ± 0, 81 y 784,6 ± 59, respectivamente, así como los valores de elongación fueron 21, 69 mm ± 2,03 y 21,15 mm ± 0,31, se evidenciaron diferencias significativas con respecto a los resultados de este estudio. Por otro lado, en el estudio **Arámbula et al. (2004)**, realizado en tortillas de maíz, reportó una fuerza máxima de 311 g, lo que también muestra diferencias significativas que podrían atribuirse a la calidad de la proteína presente en los diferentes tipos de tortilla. Asimismo, **Dizlek et al. (2022)** señala que la fuerza disminuye con el paso de los días, lo cual es un factor relevante en la evaluación de la vida útil y las propiedades mecánicas de las tortillas.

Tabla 15.

Tensión (fuerza máxima y elongación)

Replica	Fuerza máxima (g)	Elongación (mm)
1	377	1,81
2	636	1,99
3	940	2,38
4	648	1,99
5	712	2,19
6	708	2,18
7	542	1,58
8	566	1,59
9	339	1,79
10	418	1,99
Promedio	588,6±181,84	1,95±0,261

Nota: La tabla muestra los valores 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 donde indica cada una de las réplicas analizas, ± indica la desviación estándar.

3.2.8. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de la tortilla tipo taco se presenta en la Tabla 16. Los resultados evidenciaron la ausencia de mohos y levaduras durante los 15 días posteriores a su elaboración, esto puede atribuirse al contenido de 0,18 % de propionato de sodio en las tortillas y a su nivel moderado de humedad, como se detalla en la Tabla 12. De acuerdo con **INEN 616 (2015)**, los límites permitidos para mohos y levaduras oscilan entre 1 × 10 ^3 y 1 ×10^4, mientras que *Escherichia coli* los valores deben ser menores a 10 UFC/g. Los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los parámetros establecidos por dicha normativa. En el estudio **Rodas (2017)**, realizado en tortillas de maíz, también se reportó ausencia de microorganismos debido a su bajo contenido de humedad, lo que asegura que el producto esté libre de toxinas perjudiciales para la salud humana. Cabe mencionar que, aunque las tortillas salen del proceso de horneo libres de mohos, estos pueden contaminarse durante las etapas de enfriamiento y envasado **(Nilsson, 2018)**. Es fundamental que las tortillas sean horneadas a un punto óptimo para garantizar la inactivación de microorganismos mediante la reducción de la actividad de agua. Sin embargo, este proceso debe equilibrarse con la preservación de la textura del producto, ya que un horneado excesivo podría afectar negativamente sus propiedades sensoriales **(Nilsson, 2018)**.

Tabla 16.

Análisis microbiológico de mohos, levaduras y Escherichia coli en la tortilla tipo taco

Dilución	Muestra	Mohos y levaduras	*E.Coli*
10^{-6}	**1**	-	Ausencia
	2	-	Ausencia
10^{-5}	**1**	Ausencia	Ausencia
	2	Ausencia	Ausencia
10^{-4}	**1**	Ausencia	-
	2	Ausencia	-

Nota: El análisis microbiológico se realizó a los 15 días de elaboración de la tortilla tipo taco.

3.3. Diseñar el proceso para la producción de 400 kg/día de tortilla tipo taco

3.3.1. Balance de masa

En la **Figura 4** se presenta una primera aproximación de los balances de masa, para esto, no se consideraron los parámetros de temperatura y no se incluyeron las reacciones de fermentación, ya que el proceso no emplea levadura ni cuenta con las condiciones necesarias para que dichas reacciones ocurran. El balance de masa, correspondiente a una producción de 400 kg/día de tortillas tipo taco, se fundamentó en la ley de conservación de la materia, siguiendo de forma secuencial cada operación unitaria.

Se asumió que el proceso opera en estado estacionario, de acuerdo con lo establecido en el diagrama **Ibarz & Barbosa (2005).** Durante la producción diaria se obtuvo un total de 13333 tortillas de 30 g cada una, lo que equivale a un peso total de 399,99 kg, con un residuo de 0,0099 kg. El horneado se llevó a cabo durante 1 minuto por cada lado a una temperatura de 180 °C, generando una pérdida de 5 g por tortilla, lo que representa el 16,67 % del peso inicial de 333,325 kg.

De acuerdo con **Moo et al. (2021)**, los parámetros de aceptación para la pérdida de peso oscilan entre el 16 % y el 20 %. Por lo tanto, los datos obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos **(Moo et al., 2021)**. Además, la baja pérdida de agua durante la cocción favorece la conservación de características clave de las tortillas, como la flexibilidad y la enrolabilidad, que son parámetros fundamentales para preservar la calidad del producto final.

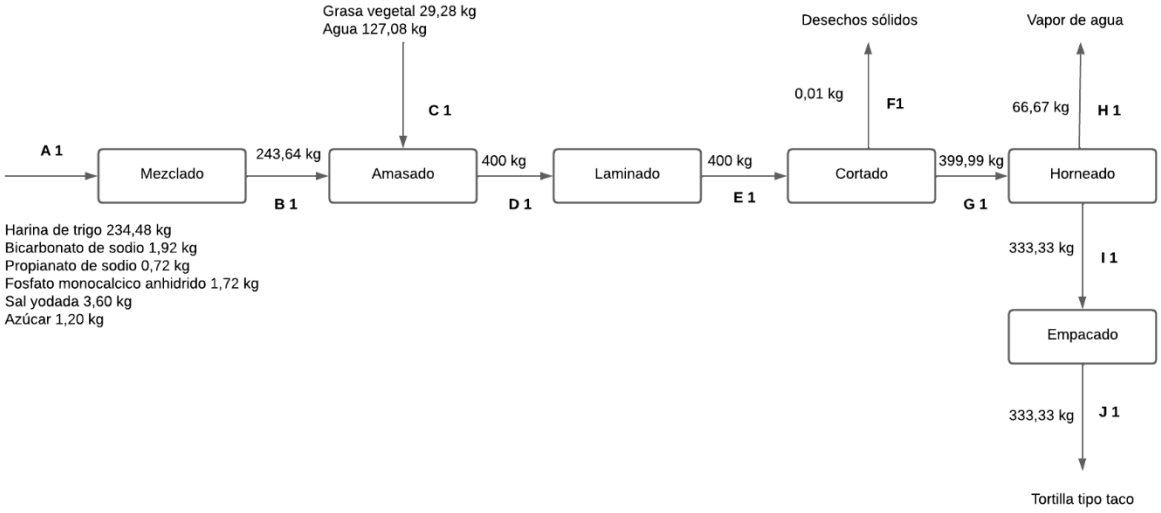


Figura 4. Balance de masa de la tortilla tipo taco para 400 kg/día

Cálculo

$$Entradas\ (E) = A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + G1 + I1$$

$$Salida\ (S) = B1 + D1 + E1 + F1 + G1 + H1 + I1 + J1$$

$$Entrada = Salida = A1 + C1 = F1 + H1 + J1$$

$$A1 + C1 = E1 + H1 + J1 = (243{,}64 + 156{,}36)\ kg = (0{,}01 + 66{,}67 + 333{,}33)\ kg$$

$$Entrada = Salida = 400\ kg = 400\ kg$$

3.3.2. Diagrama BFD

La Figura 5 muestra el diagrama de flujo de bloques correspondiente al proceso de producción de tortillas tipo taco. Este proceso comprende seis operaciones unitarias, en las cuales se incluyen líneas de flujo que representan las entradas de materias primas, la salida del producto final y los desechos. Aunque las tortillas tipo taco elaboradas a base harina de trigo no son muy comunes, su relevancia está en aumento a nivel mundial actualmente. Según **Moo et al. (2021)**, el diagrama no se encuentra fundamentado en ninguna norma oficial o técnica especifica. Los bloques que representan las operaciones unitarias permiten describir adecuadamente el funcionamiento de los equipos involucrados. La representación gráfica utilizada sigue los estándares industriales para facilitar su análisis y comprensión.

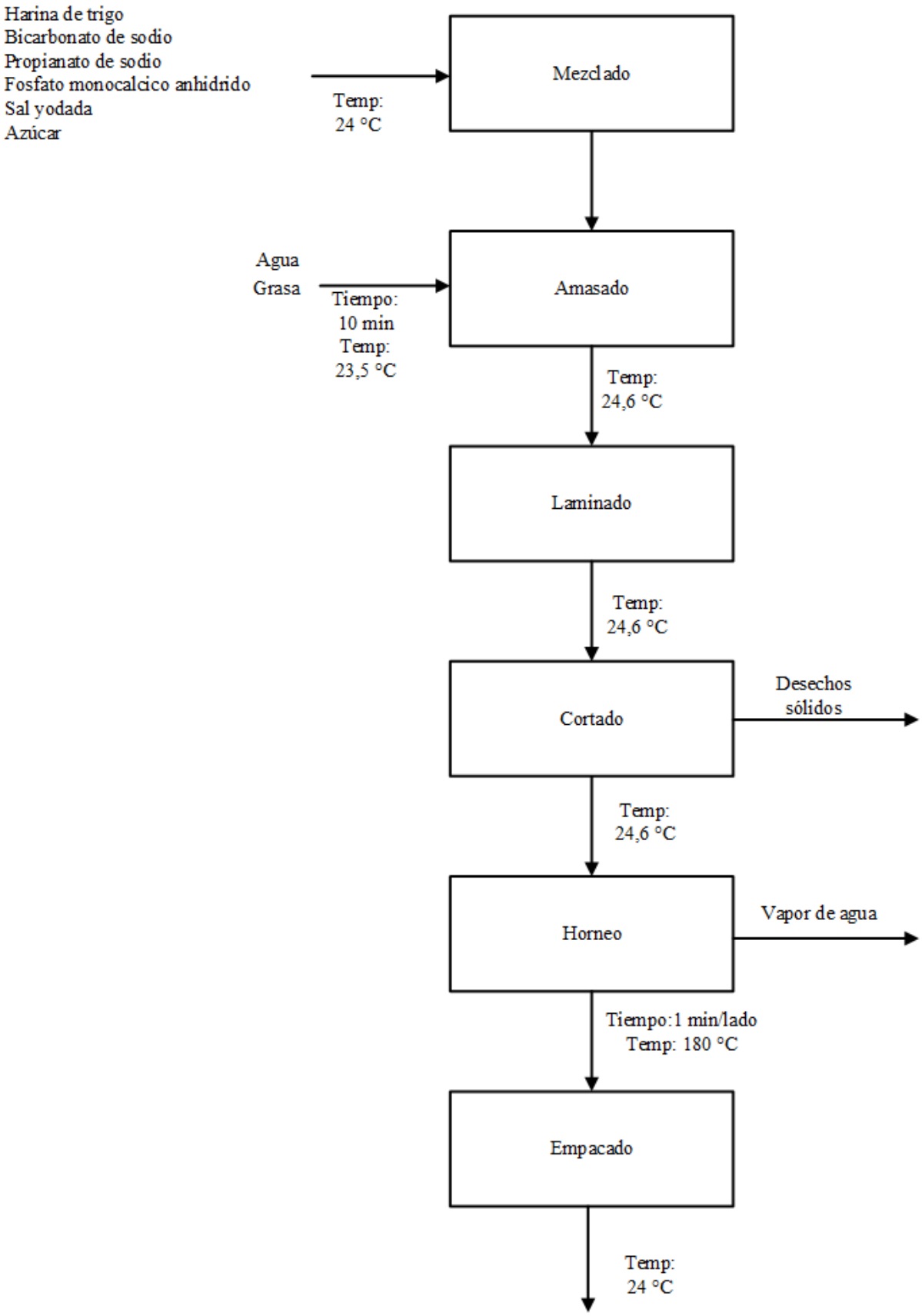


Figura 5. Diagrama BFD (Block Flow Diagram) de la tortilla tipo taco

3.3.3. Diagrama PFD

La Figura 6 presenta el diagrama de flujo de procesos, el cual describe los parámetros de los principales equipos utilizados. Además, se detalla información relacionada con cada una de las corrientes principales como la materia prima, la formación de la masa y las tortillas, así como el subproducto (vapor). Dentro de este análisis, se especifican las temperaturas correspondientes a dichas corrientes. La información obtenida de cada proceso se detalla en la Tabla 18. Cabe mencionar que el diagrama no se basa en una metodología prescrita, sino que fue adaptado conforme a normas internacionales, como la ANSI/ISA-S5.5 e ISO 10628, comúnmente utilizada para el diseño de plantas industriales **(ISA-S5.5, 1986; ISO 10628, 1997)**. Según **Páez (2013)**, es fundamental emplear una estrategia que permita interpretar de manera clara tanto las corrientes como los equipos involucrados. En este contexto, los equipos descritos en la metodología fueron ajustados para satisfacer las necesidades específicas del proceso, con una capacidad de producción de 400 kg/día.

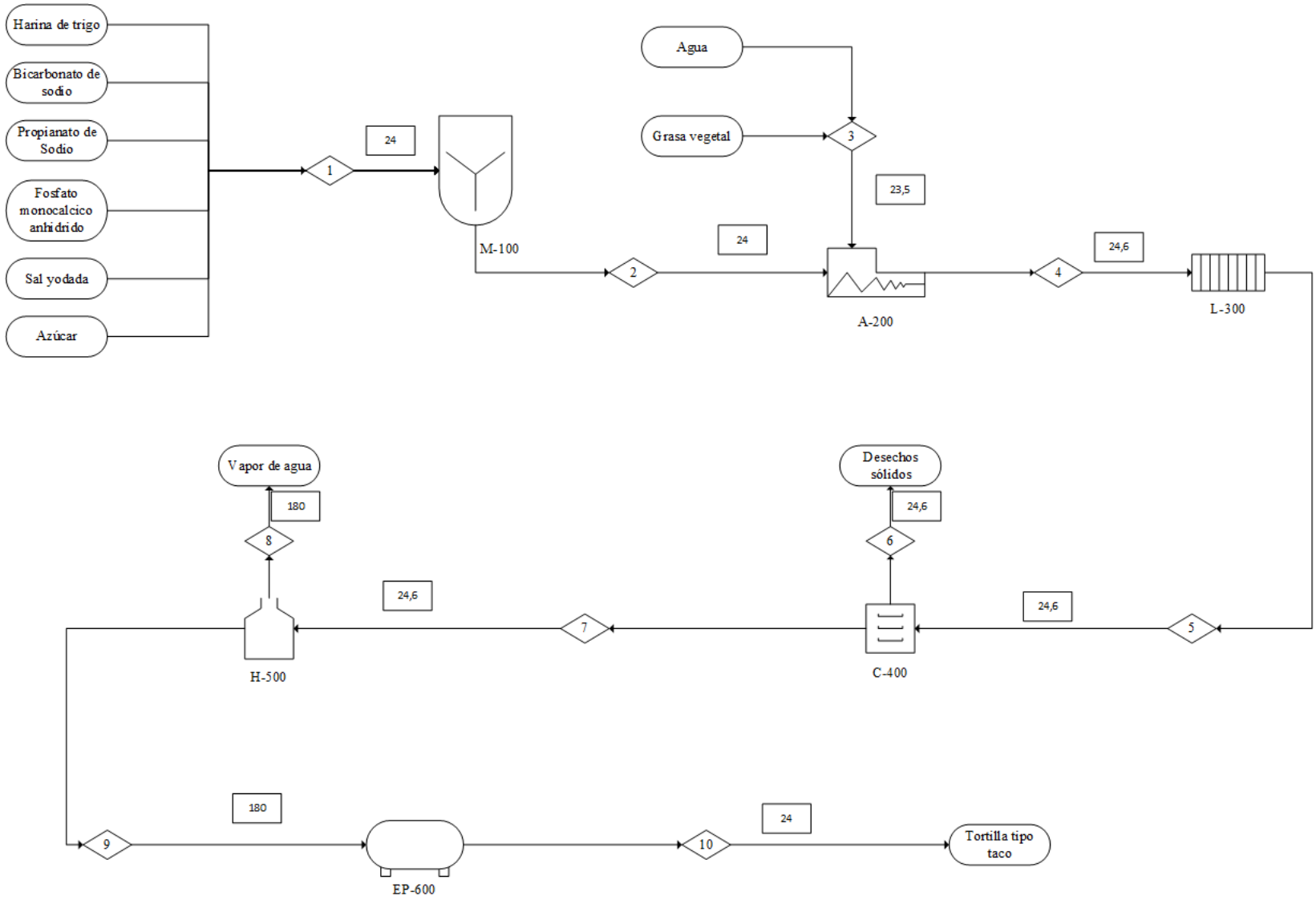


Figura 6. Diagrama PFD (Process Flow Diagram) de la tortilla tipo taco

Tabla 17.

Códigos empleados en el diagrama PDF

Codificación	Nombre
M-100	Mezcladora
A-200	Amasadora
L-300	Laminadora
C-400	Cortadora
H-500	Horno
EP-600	Envasadora

Tabla 18.

Resumen de los balances de producción de tortillas tipo taco para 400 kg/día

Numero de corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estado	Sólido	Sólido	Sólida-Líquida	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Vapor	Sólido	Sólido
Temperatura (°C)	24	24	23,5	24,6	24,6	24,6	24,0	180	180	24
Flujo másico (kg/día)	243,64	243,64	400	400	400	0,01	399,99	66,67	333,33	333,33
Flujo másico de los componentes (kg/día)										
Harina de trigo	234,48	234,48	234,48	234,48	234,48	-	234,48	-	234,48	234,48
Bicarbonato de sodio	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	-	1,92	-	1,92	1,92
Propianato de Sodio	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	-	0,72	-	0,72	0,72

Fosfato monocalcico anhidrido	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	-	1,72	-	1,72	1,72
Sal yodada	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	-	3,60	-	3,60	3,60
Azúcar	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	-	1,20	-	1,20	1,20
Grasa vegetal	-	-	29,28	29,28	29,28	-	29,28	-	29,28	29,28
Agua	-	-	127,08	127,08	127,08	-	127,08	-	60,41	60,41
Desechos sólidos	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-
Vapor	-	-	-	-	-	-	-	66.67	-	-

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2) de la empresa Molinos Miraflores SA presentó un contenido de humedad de 14,25 % ± 0,089, un parámetro que contribuye a evitar el desarrollo de mohos. El porcentaje de proteína fue de 10,48 % ± 0,122, un valor destacado por su importancia en la elaboración de tortillas, ya que permite una manipulación adecuada de la masa. El porcentaje de cenizas presente fue de 0,485 % ± 0,005, inferior a lo establecido por la normativa, lo que indica que tiene un bajo contenido de fibra, adecuado para la elaboración de tortillas con características específicas. El gluten húmedo alcanzó un valor de 32,2 % ± 0,361, lo cual es un indicador favorable para la obtención de productos de alta calidad. En cuanto al color de la harina, se obtuvo un valor de 91,60 % ± 0,017, lo que favorece la producción de tortillas con una apariencia atractiva. La actividad de α-amilasas fue mínima, como se evidencia en el índice de caída, que alcanzó un valor de 400 s. Por su parte, el contenido de almidón dañado fue de 26,6 % ± 0,252, lo que permite una mayor capacidad de absorción de agua. Los parámetros evaluados mediante Mixolab mostraron una buena capacidad de absorción con un 65,5 %, debido al adecuado contenido de proteína y al porcentaje de almidón dañado presente en la harina.
- La humedad de la tortilla fue de 20,88 % ± 0,736, se encuentra de los rangos establecidos en la normativa para el pan, lo que constituye como un indicador clave para evitar el desarrollo de microorganismos. El porcentaje de cenizas fue de 1,69 % ± 0,021, lo que favoreció la obtención de tortillas con un buen color y alta luminosidad. El contenido de grasa en la tortilla fue de 11,4 %, un parámetro que influye directamente en la calidad de la textura y la flexibilidad del producto. Por otra parte, el porcentaje de proteína fue de 10,3 %, lo que contribuyó a alcanzar la flexibilidad adecuada para este tipo de tortilla. El contenido de fibra dietética fue de 2,10 %, su valor atribuye a que se usa harina altamente refinada en la formulación del producto. Los parámetros de tensión presentaron valores de índice de fuerza máxima de 588,6 g ± 181,84 y elongación de 1,95 mm ±0,261, lo cual está relacionado con el porcentaje de proteína. Además, las tortillas tipo taco se presentaron ausencia mohos, levaduras y *Escherichia coli*, el resultado atribuye a las buenas prácticas de manipulación durante el proceso de elaboración y al uso de propionato de calcio como agente antimicrobiano.
- Se diseñó un proceso de producción para la empresa Molinos Miraflores S.A, ubicada en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua, parroquia Santa Rosa, entre la Av. Tercera S/N y la Av. Primera. El diseño se realizó conforme a la normativa internacional ANSI/ISA-S5.5 y basado en los balances de masa correspondientes a cada operación unitaria, adaptando cada proceso a las necesidades específicas de la empresa. En los balances de masa no se consideraron

parámetros de fermentación, centrándose únicamente en variables de temperatura y tiempo de amasado. Con una producción diaria de 400 kg, se obtuvieron 13333 tortillas de 30 g, equivalentes a un peso total de 399,99 kg, donde se genera residuos mínimos de 0,0099 kg. Durante el proceso de horneado a 180 °C, se registró una pérdida de 5 g por tortilla, lo que representa el 16,67 % del peso total lo que garantiza eficiencia en el proceso.

Recomendaciones

- Evaluar las características del pasaje R1F-R2-H1(2) para elevar el contenido de fibra y proteína (lisina y treonina)
- Evaluar el desarrollo de diferentes mezclas de harina de trigo mediante análisis estadístico para satisfacer las necesidades del mercado tortillero.
- Identificar parámetros de textura mediante un TPA
- Caracterizar costos de producción y venta del producto.
- Realizar análisis sensorial para ver la aceptabilidad del sabor, color, olor, textura y aceptabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC 39-10.01. (2001). *AACC Method 39-10.01 - Near-Infrared reflectance method for protein determination in wheat flour*.

AACC 42-10.02. (2021). *AACC 42-10.02 Mold and yeasts counts*.

AACC 54-60.01. (2001). *AACC Method 54-60.01. Determination of physical dough characteristics using the kieffer dough and gluten extensibility rig*.

AACC 56-81.03. (1999). *AACC Approved methods of analysis—Determination of Falling Number (56-81.03: 1999)*.

AACC 74-09. (1999). *AACC Method 74-09-Measurement of bread firmness by universal testing machine*.

AACC 76-33.01. (2011). *AACC Method 76-33.01 - Damaged starch — Amperometric method by SDmatic*.

Acevedo-Pacheco, L., & Serna-Saldívar, S. (2016). In vivo protein quality of selected cereal-based staple foods enriched with soybean proteins. *Food & Nutrition Research*, *60*(1), 1–9. https://doi.org/10.3402/fnr.v60.31382

Acosta, V. (2013). *Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (triticum vulgare), con adición de gluten vital*. Universidad Técnica de Ambato.

Alba, C., & Robles, C. (2023). *Elaboración de tortillas utilizando el método de nixtamalización, en el Cantón Quito, Parroquia Chillogallo* [Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad]. https://itsep.edu.ec/wp-content/uploads/2024/04/ITSEP-EC-PCA-2023-0004.pdf

Andrade, J. (2021). *Desarrollo de tortilla con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de jícama (Smallanthus sonchifolius) y cáscara de haba (Vicia faba)* [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16137/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-75.pdf

Anticona, A. (2017). *Comparación físico-química y reológica de harinas: trigo (Triticum aestivum), centeno (Secale cereale) y triticale (x Triticosecale) en elaboración de pan*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

AOAC 985.29. (2023). *Total Dietary Fiber in Foods Enzymatic-Gravimetric Method*.

AOAC 2001, 11. (2023). *Protein (Crude) in animal feed. Combustion met*.

AOAC 2003.06. (2023). *Official Method 2003.06. Crude Fat, Hexanes Extraction, in Feed, Cereal Grain, and Forage.*

Arámbula, G., Méndez, A., González, J., Gutiérrez, E., & Moreno, E. (2004). Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (Zea mays L.). *ALAN*, *54*(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200012

Badaró, A., Hebling, J., Blasco, J., Borrás, N., & Barbin, D. (2022). Near infrared techniques applied to analysis of wheat-based products: Recent advances and future trends. *Food Control*, *140*, 109–115. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109115

Barrera, G., Bassi, R., Reyes, A., León, A., & Ribotta, P. (2012). Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. *Revista Agriscientia*, *29*(2), 69–79.

Barros, F., Alviola, J. N., Tilley, M., Chen, Y. R., Pierucci, V. R. M., & Rooney, L. W. (2010). Predicting hot-press wheat tortilla quality using flour, dough and gluten properties. *Journal of Cereal Science*, *52*(2), 288–294. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.06.009

Beasoain, E. (2019). *Caracterización de harinas de grano entero a través de Mixolab y su relación con la calidad del pan* [Universidad Pública de Navarra]. https://core.ac.uk/download/pdf/231879334.pdf

Becerra, E., & Tuñoque, Y. (2018). *Influencia de la variedad de trigo (Triticum aestivium) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa alimentaria Perú S.A:C*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Bhagwat, V. (2019). Safety of Water Used in Food Production. In *Food Safety and Human Health* (pp. 228–229). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816333-7.00009-6

Bianco, H., Capote, T., & Garmendia, C. (2014). Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico. *Revista Del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Range*, *45*(2), 29–36. https://ve.scielo.org/pdf/inhrr/v45n2/art04.pdf

Boukid, F. (2022). Flatbread - A canvas for innovation: A review. *Applied Food Research*, *2*(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100071

Boza, A. (2019). *Evaluation of chemical, physical, and sensory properties of tortillas prepared from nixtamalized oats* [Universidad Brigham Young]. https://scholarsarchive.byu.edu/etd/9058

Bressiani, J., Oro, T., Lopes, P., Montenegro, F., Bertolin, T., Gutkoski, L., & Gularte, M. (2019). Influence of milling whole wheat grains and particle size on thermo-mechanical properties of flour using Mixolab. *Czech Journal of Food Sciences*, *37*(4), 276–284. https://doi.org/10.17221/239/2018-CJFS

Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36531/1/CAL%20011.pdf

Cabezas, C. (2021). *Caracterización de masas elaboradas con inulina y harinas de amaranto y trigo para el desarrollo de galletas tipo cracker* [Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80162/1014223040.2021.pdf;jsessionid=33EE99BAD4DA1782D17073BD15DD3629?sequence=2

Cerda, L. (2010). *Estudio de las propiedades funcionales de proteínas de las harinas de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare), quinua (Chenopodium quinoa), papa (Solanum tuberosum), trigo (Triticum aestivum) nacional e importado para orientar su uso en panificación y pastas* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/205cc4d9-ae7d-4ff8-84bf-fa58140173a0/content

Chancusig-Pila, S. A., Villacrés-Poveda, C. E., & Morales-Padilla, M. M. (2024). Evaluación de propiedades reológicas y contenido de gluten en variedades de trigo (Triticum aestivum L.) cosechadas en Quito, Ecuador. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.23850/24220582.5990

Chopin Technologies. (2012). *Mixolab applications Handbook: Rheological and enzyme analyses Analysis methods, studies and applications.* https://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/2012-CHOPIN-Mixolab-Applications-Handbook-EN-SPAIN-3.pdf

Chopin Technologies. (2015). *Mixolab 2: Protocolo Chopin+*. https://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/Mixolab-Espanol.pdf

Chopin Technologies. (2019). *Soluciones reológicas en relación con harinas integrales*. https://www.iaom.org/wp-content/uploads/02chopinla2019.pdf

Cocchi, M., Corbellini, M., Foca, G., Lucisano, M., Pagani, A., Tassi, L., & Ulrici, A. (2005). Classification of bread wheat flours in different quality categories by a wavelet-based feature selection/classification algorithm on NIR spectra. *Analytica Chimica Acta*, *544*(1–2), 100–107. https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.075

Codină, G., Istrate, A., Gontariu, I., & Mironeasa, S. (2019). Rheological properties of wheat–flaxseed composite flours assessed by mixolab and their relation to quality features. *Foods*, *8*(8), 1–15. https://doi.org/10.3390/foods8080333

Conde, D. (2014). *Estudio de la fermentación en panes funcionales, reducidos en grasas, carbohidratos y sal*. [Universidad Tecnológica Nacional]. https://ria.utn.edu.ar/server/api/core/bitstreams/d4f4d554-4010-40a0-9019-008c550c45b8/content

Dizlek, H., Girard, A., & Awika, J. M. (2022). High protein and gliadin content improves tortilla quality of a weak gluten wheat. *LWT-Food Science and Technology*, *160*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113320

Doran, P. (2013). Material Balances. In *Bioprocess Engineering Principles* (pp. 87–137). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-220851-5.00004-6

Dubat, A. (2010). A new AACC International approved method to measure rheological properties of a dough sample. *Cereal Foods World*, *55*(3), 150–153. https://doi.org/10.1094/CFW-55-3-0150

García, S., Edwin, V., Magda, R., Bayas, E., Iza, C., & Yánez, D. (2023). *Boletín de cifras-comercio exterior*. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2023/12/VFBoletinComercioExteriorD%EF%BF%BDiciembre23.pdf

Garrido, F. (2015). *Estabilidad de la actividad alfa amilásica determinada mediante Falling Number en variedades de trigo panadero cultivadas en el sur de Chile*. Universidad Austral de Chile.

Gibson, M., & Newsham, P. (2018). Bread. In *Food Science and the Culinary Arts* (pp. 121–131). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811816-0.00010-5

Glavic, P., Pintaric, Z., & Bogataj, M. (2021). Process design and sustainable development: a european perspective. *MDPI*, *9*(1), 4–5. https://doi.org/10.3390/pr9010148

Gómez, M., Edel, A., & Rosell, C. (2007). Trigo. In A.-R. C. Edel (Ed.), *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica* (pp. 41–41).

Hernández, I., Benavente, J., Castellari, M., Aguiló, I., Morillas, A., Sánchez, A., Acién, F., & Lafarga, T. (2021). Utilisation of the marine microalgae Nannochloropsis sp. and Tetraselmis sp. as innovative ingredients in the formulation of wheat tortillas. *Algal Research*, *58*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102361

Hidalgo, I. (2018). *Desarrollo de pre-mezclas pasteleras mediante la creación de recetas maestras y optimización del proceso de molienda de Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* [Universidad Técnica de Amabato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9bd6b5c7-7e9c-4fe2-8f57-c731125fe470/content

Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). Balance macroscópicos de materia y energía. In *Operaciones unitarias en la ingeniría de alimentos* (7ma Edició, pp. 85–86). Editorial Aedos, s.a.

INEN 520. (2012). *NTE INEN 520. Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*.

INEN 523. (1981). *NTE INEN 523. Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa*.

INEN 616. (2006). *Norma Técnica Ecuatoriana. Harina de trigo. Requisitos*.

INEN 616. (2015). *NTE INEN 616. Harina de trigo. Requisitos.*

INEN 1529. (2013). *NTE INEN 1529-10. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y Levaduras viables. Recuento en placa por siembra y profundidad*.

INEN 2945. (2014). *NTE INEN 2945. Pan. Requisitos*.

Iribe, R., Caro, J., & Vázquez, Y. (2021). Analysis of random variability in Tortilla shells baking. *Journal of Food Engineering*, *293*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110372

ISA-S5.5. (1986). *ANSI/ISA-S5.5-1985-Graphic Symbols for Process Displays.*

ISO 10628. (1997). *Flow diagrams for process plants-general rules*.

Jeong, S., Lee, D., Yang, G., Kwon, H., Kim, M., & Lee, S. (2022). Unravelling the physicochemical features of US wheat flours over the past two decades by machine learning analysis. *LWT-Food Science and Technology , 169*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114036

Jiménez, J. (2023). *Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla de amaranto, quinua, chocho y avena.* [Escuela Politécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6444/1/CD-4973.pdf

Johnson, J. (2020). An overview of near-infrared spectroscopy (NIRS) for the detection of insect pests in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, *86*, 2–3. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101558

Johnson, J., & Schuette, J. (2019). Breakfast cereals. In *Reducing Salt in Foods* (pp. 231–253). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100890-4.00010-X

Jondiko, T., Yang, L., Hays, D., Ibrahim, A., Tilleyc, M., & Awika, J. (2016). Prediction of wheat tortilla quality using multivariate modeling of kernel, flour, and dough properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 34*, 9–15. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.010

Jukić, M., Šumanovac, F., Nakov, G., Šimić, G., Komlenić, D. K., Ivanova, N., & Lukinac, J. (2023). Application of the falling number method in the evaluation of the α-amylase activity of malt flour. *Applied Sciences, 13*(5), 1–10. https://doi.org/10.3390/app13053218

Kanaş, C. (2020). *Mercado mundial de harina y comercio*. Revista Miller. https://millerspanish.com/blog/mercado-mundial-de-harina-y-comercio-

333#:~:text=El%20volumen%20de%20consumo%20de%20harina%20de%20trigo%20alcanzar%C3%A1%20casi,m%C3%A1s%20la%20producci%C3%B3n%20de%20harina.

Kayacier, A., & Singh, R. (2003). Textural properties of baked tortilla chips. *LWT - Food Science and Technology*, *36*(5), 463–466. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00222-0

Liu, T., Houb, G., Book, Sharon., & Marquart, L. (2016). Effects of chemical leavening system and processing conditions on the opacity and other quality characteristics of whole-wheat flour tortillas. *LWT-Food Science and Technology*, *73*, 123–130. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.009

Macas, M., Ferragina, A., Biduski, B., Hussey, K., Vahedikia, N., Arendt, E., & Gallagher, E. (2023). A study of the milling process of Irish-grown peas: NIR spectroscopy, flour pasting properties and dough rheology. *Food Structure*, *38*. https://doi.org/10.1016/j.foostr.2023.100351

Molfese, R. (2020). Producción y calidad del trigo candeal (Triticum turgidum L. subsp. durum) en Argentina: análisis del quinquenio 2014/2018. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, *46*(3), 301–301.

Molina, L., Garófalo, J., & Noroña, P. (2022). *Trigo (Triticum aestivum L.): Manual de manejo de cultivo y conservación de suelos.*

Molinos Miraflores. (2024). *Molinos Miraflores*. https://www.molinosmiraflores.com/

Montemayor, G., Hernández, K., Heredia, E., Pérez, E., Chew, A., & Serna, S. (2018). Rheology, acceptability and texture of wheat flour tortillas supplemented with soybean residue. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(12), 4964–4972. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3432-3

Montoya, J., & Giraldo, G. (2010). Caracterización físico-química de harina de trigo, masa y pan. *Rev. Invest. Univ. Quindío*, *20*, 29–35.

Moo, V., Góngora, G., & Sauri, E. (2021). Tortilla de maíz adicionada con harina de Brosimum alicastrum: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante. *CIENCIA Ergo-Sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, *28*(3), 1–14. https://doi.org/https://doi.org/10.30878/ces.v28n3a1

Moreno, O., Torres, P., Ramírez, B., Magaña, E., Montaño, B., Medina, C., & Delgado, J. (2020). Calidad proteica en las fracciones de molienda de rodillos de trigo (T. aestivum) a nivel comercial. *Biotecnia*, *22*(3), 53–60. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1201

Nilsson, F. (2018). *A study of microbial and textural deterioration in wheat tortilla*. Chalmers University of Technology.

OECD/FAO. (2023). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2023-2032*. OECD. https://doi.org/10.1787/2ad6c3ab-es

Olalla, W. (2019). *Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa) y haba (Vicia faba) nixtamalizados.* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30179/1/AL%20711.pdf

Páez, M. (2013). *Manual para el estudiante de diseño de plantas industriales*.

Pantoja, J., Avilés, T., & Vera, S. (2018). Viabilidad del uso de tubérculos como materia prima para la elaboración de galletas. *Espíritu Emprendedor TES*, *2*(1), 38–52. https://doi.org/10.33970/eetes.v2.n1.2018.36

Paucar, M. (2021). *Elaboración de una formulación de pastas de harina de trigo con reemplazo parcial de hongos shiitake (Lentinula edodes) y hongos ostra (Pleurotus ostreatus), con adición de verdolaga (Portulaca oleracea).* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/db506aec-ac9d-4caa-a37c-f33b84461e7f/content

Pérez, A., & García, R. (2013). *Evaluación del comportamiento reológico de dos muestras de harina de trigo (Triticum aestivum L) acondicionada con mezcla de fibras comerciales* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1532/Evaluaci%F3n_del_comportamiento_reol%F3gico_de_dos_muestras_de_harina_de_trigo_(triticum_aestivum_l)_acondicionada_con_mezcla_de_fibras_comerciales.pdf;jsessionid=89B1B89B743EAF4C298F4D0618676626?sequence=1

Perten Instruments. (2016). *Tecnología industrial de referencia mejorada. Inframatic 9500. Analizador de granos NIR*. Perten Instruments. https://www.perten.com/Global/Brochures/IM%209500/IM%209500%20brochure%20SPA%2020160208.pdf

Piñol, M. (2017). *Fabricación de tortilla de trigo. Formulación y parámetros de calidad*. http://www.aetc.es/wp-content/uploads/2017/11/Fabricaci%C3%B3n-de-tortillas-de-trigo-Formulaci%C3%B3n-y-par%C3%A1metros-de-calidad.-Merc%C3%A8-pi%C3%B1ol.-BALCHEM-ENCAPSULATES.pdf

Piñon, A. (2021). *Actividades amilolítica y proteolítica del extracto crudo enzimático de bayas de solanum elaeagnifolium var. Cavanilles y su uso potencial en tortilla a base de harina de trigo* [Universidad Autónoma de Chihuahua]. http://repositorio.uach.mx/445/1/TESIS%20ARENIS%20J%20PINON%20MUNIZ.pdf

Pochteca. (2010). *Fosfato monoclacico monohidratado*. https://costarica.pochteca.net/productos/fosfato-monocalcico-monohidratado/

Pochteca. (2023). *El uso del propionato de sodio en la industria alimentaria*. https://costarica.pochteca.net/el-uso-del-propionato-de-sodio-en-la-industria-alimentaria/

Puma, A. (2017). *Caracterización de flujos de harina de trigo (Triticum aestivum) de cada pasaje de molienda en "Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.".* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5e13a9ae-5e60-4088-afeb-469979b317f7/content

Rodas, M. (2017). *Elaboración de Tortillas de Maíz Guagal (Zea mays) Nixtamalizado con la incorporación de Frijol Panamito (Phaseolus vulgaris) y Haba Major (Vicia faba)* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ba9e9715-a65d-413e-a636-139009cd740d/content

Rodríguez, L. (2020). *Determinación del valor nutricional y evaluación sensorial de una tortilla a base de harina de trigo (Triticum aestivum) y harina de yuca (Manihot esculenta)*. Universidad Cesar Vallejo.

Ruiz, N. (2021). *Metodología de balance de masa y predicción de indicadores metalúrgicos en plantas de lavado de carbones* [Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81230/1017201002.2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, *3*(2), 123–131.

Serna, S., Perez, E., & Heredia, E. (2019). Soybean-Fortified Wheat Flour Tortillas. In *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 291–306). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00023-X

Tiefenbacher, K. (2019). Glossary of terms in wafers, waffles and adjuncts. In *The Technology of Wafers and Waffles II* (pp. 349–351). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809437-2.00010-1

Towler, G., & Sinnott, R. (2022). Process flowsheet development. In *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design* (2 nd, pp. 25–78). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821179-3.00002-9

Turton, R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, J., & Bhattacharyya, D. (2012). Diagrams for understanding chemical processes. In E. Ryan (Ed.), *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* (4th ed., pp. 5–5).

UNE, & ISO. (2001). *UNE-EN ISO 10628. Diagrama de flujo de plantas de proceso*. https://profesorrenato.files.wordpress.com/2018/04/213875555-une-en-iso-10628-2001-pdf.pdf

Vásquez, G., & Matos, R. (2009). Evaluación de algunas características fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. *Revista de Investigación Peruana*, *1*(1), 20–22. https://doi.org/https://doi.org/10.17162/riu.v1i1.7

Villasante, J., Espinosa, J., Pérez, E., Heredia, E., Metón, I., & Almajano, M. (2022). Evaluation of non-extruded and extruded pecan (Carya illinoinensis) shell powder as functional ingredient in bread and wheat tortilla. *LWT-Food Science and Technology*, *160*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113299

Yang, T., Wang, P., Wang, F., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., Huang, M., & Jiang, D. (2022). Influence of starch physicochemical properties on biscuit-making quality of wheat lines with high-molecular-weight glutenin subunit (HMW-GS) absence. *LWT-[Food Science and Technology]*, *158*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113166

Zhang, S., Liu, S., Shen, L., Chen, S., & Aiping, L. (2022). Application of near-infrared spectroscopy for the nondestructive analysis of wheat flour: A review. *Current Research in Food Science*, *5*, 1305–1312. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.006

ANEXOS

Anexo 1. Equipos para el análisis y caracterización de la harina de trigo del pasaje R1F-R2-H1(2)



Figura 7. Preparación del porta harinas



Figura 8. Analisis fisicoquimico de la harina con equipo NIR

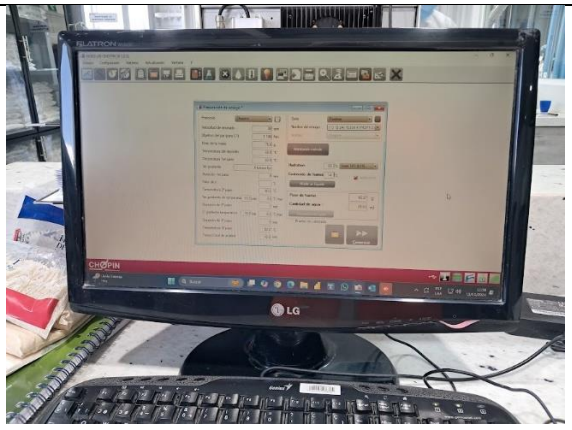


Figura 9. Configuración del test Mixolab



Figura10. Análisis realógico de la masa



Figura 11. Análisis de almidón dañado



Figura 12. Análisis del índice de caída (α-amilasas)

Anexo 2. Elaboración de la tortilla tipo taco



Figura 13. Amasado de la harina



Figura 14. Reposo y determinación de la temperatura de la masa



Figura 15. Laminado de las tortilas tipo taco

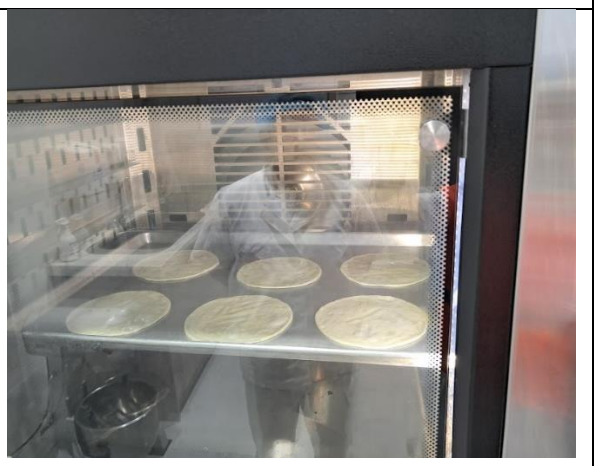


Figura 16. Horneo de las tortillas tipo taco

Anexo 3. Análisis y caracterización de la tortilla tipo taco



Figura 17. Análisis de ceniza de la tortilla tipo taco



Figura 18. Análisis de humedad de la tortilla tipo taco



Figura 19. Análisis de fibra dietética de la tortilla tipo taco



Figura 20. Análisis de textura de la tortilla tipo taco



Figura 21. Siembra de mohos, levaduras y *Escherichia coli*

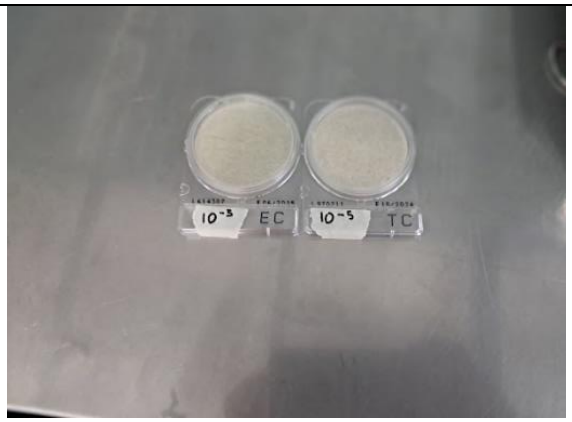


Figura 22. Análisis del crecimiento microbiano en las tortillas tipo taco

Anexo 4. Resultados del análisis de Mixolab

Mixolab

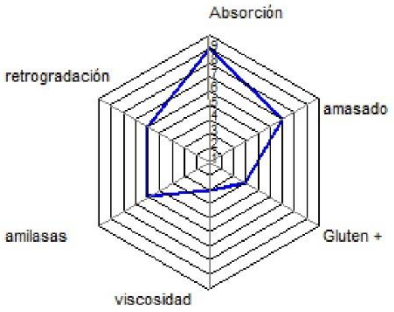
CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

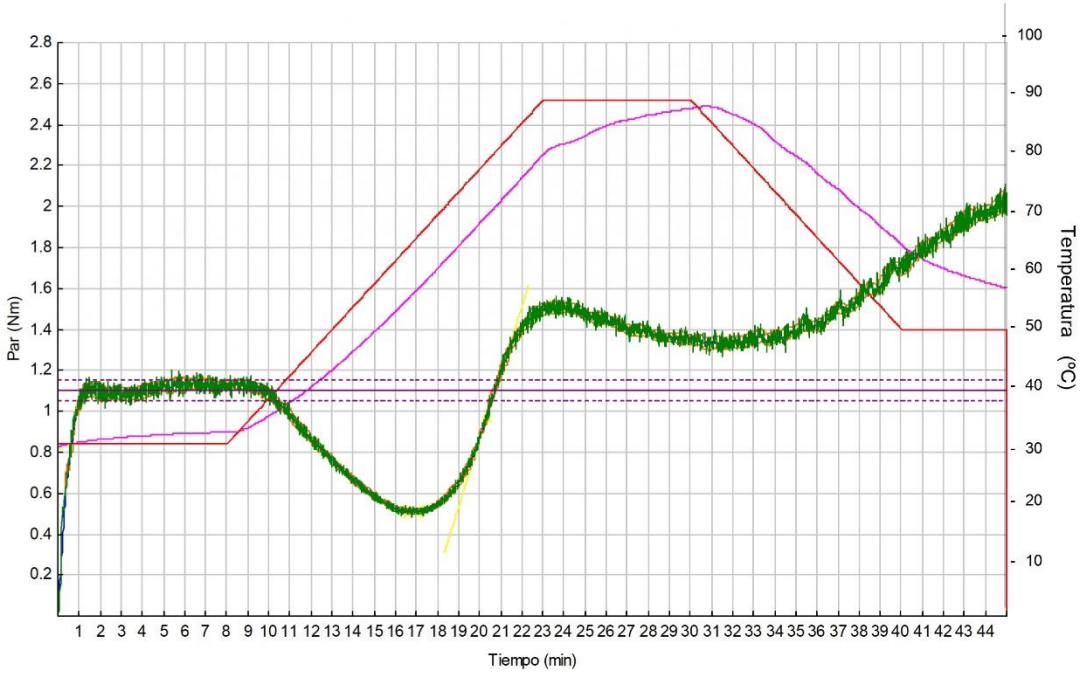
Fecha : 17/10/2024 **Hora :** 19:39
Muestra :
Hydration : 65.5 % base 14% (b14)
Contenido de ++++ %
Indice: 8-63-255

Protocolo : Chopin+
Peso de la masa : 75.0 g
Temperatura del depósito : 30.0 °C
Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.092	Nm/min
β :	0.326	Nm/min
γ :	-0.018	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6.57	1.142	31.9	0.060	10.10
CS	8.00	1.126	32.1		7.37
C2	16.87	0.510	56.3		
C3	23.78	1.511	82.1		
C4	31.38	1.325	88.6		
C5	45.00	2.025	57.3		





Pruebas Amasado 2/3 Nº de aparato : Versión4.1.2.5+4.95p

Anexo 5. Resultados de los análisis de proteínas, grasa y fibra dietética total



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01510

Certificado No: 24-168			R01-7.8 03
Solicitud Nº: 24-168			Pág.:1 de 1
Fecha recepción:	13 de Noviembre de 2024	Fecha de ejecución de ensayos: 18 al 22 de Noviembre de 2024	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC:	1805441662
Representante:	Marco Llambo	Tlf:	0987091411
Dirección:	Ambato	Email:	viniciollambo@gmail.com
Ciudad:	Ambato		
Descripción de las muestras:			
Producto:	Tortilla tipo taco	Peso:	100g cada muestra
Marca comercia	n/a	Tipo de envase:	funda ziploc
Lote:	n/a	No de muestras:	una
F. Elb.:	08 de noviembre de 2024	F. Exp.:	n/a
Conservación: Ambiente:	Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab:	15 días
Cierres seguridad: Ninguno: X	Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	08 de noviembre de 2024

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Tortilla tipo taco	16824383	Ninguno	Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	10,3
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	11,4
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed. 22, 2023	%	2,10

Conds. Ambientales: 21.0°C; 53.0%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 25 de Noviembre de 2024

FP

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

UTA

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

Anexo 6. Resultados del análisis de textura parámetros de tensión

TexturePro CT V1.2 Build 9 **Brookfield Engir**

INFORME DATOS

Descripción Muestra

Nombre Producto:	Tortilla 1		**Notas:**		
Nº lote:	UNO				
Nº muestra:	5				
Dimensiones:					
Forma:	Bloque				
Longitud:	87,00	mm			
Anchura:	37,00	mm			
Altura:	2,00	mm			

Método Test

Fecha:	21/11/2024		**Hora:**	13:48:07	
Tipo de Test:	Tensión		**Tpo. Recuperación:**	0	s
Objetivo:	15,0	mm	**Mismo activador:**	Falso	
Esperar t.:	0	s	**Velocidad Pretest:**	2	mm/s
Carga Activación:	10	g	**Fr. Muestreo:**	10	puntos/seg
Vel. Test:	2	mm/s	**Sonda:**	TA3/100	
Velocidad Vuelta:	4,50	mm/s	**Elemento:**	TA-DGA	
Contador ciclos:	1		**Celda Carga:**	10000g	

Resultados

Pico Carga:	712	g
Deformación según Pico Fuerza:	2,10	mm
Trabajo:	19,7	mJ
Carga Final:	27	g