



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE ALIMENTOS



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.

Informe final de Integración Curricular, Modalidad Sistematización de experiencias prácticas de investigación y/o intervención, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Katty Alejandra Bustillos Banda

Tutora: PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato-Ecuador

Septiembre – 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

Certifica:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular, modalidad 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, 23 de agosto del 2022

PhD. Mayra Liliana Paredes Escobar

CI. 0501873954

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Katty Alejandra Bustillos Banda, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Sistematización de experiencias prácticas de investigación y/o intervención, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in blue ink that reads "Katty Bustillos". The signature is written in a cursive style and is underlined with a blue horizontal line.

Katty Alejandra Bustillos Banda

CI. 0550210488

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Sistematización de experiencia 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:

Presidente del Tribunal

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

CI. 1715602593

Dr. Freddy Geovanny del Pozo León

CI.1802446276

Ambato, 2 de septiembre del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final de Integración Curricular o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final de Integración Curricular, 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.

A handwritten signature in blue ink that reads "Katty Bustillos". The signature is written in a cursive style and is underlined with a blue line.

Katty Alejandra Bustillos Banda

CI. 0550210488

AUTORA

DEDICATORIA

A mis amados padres, Juan Carlos y Catalina que me han brindado su apoyo y cariño incondicional, motivándome cada día a confiar en mí misma, permitiéndome lograr mis sueños y la culminación del presente trabajo.

A mis amadas y lindas hermanas, Camila y Valentina que han sido mi motivación para salir adelante y que con cada ocurrencia me alegran el día.

A mis abuelitos, Augusto, Carlota, Luis y Clemencia porque soñaron con este momento tan anhelado y nunca desconfiaron de mis capacidades; sobre todo a mi angelito Augusto porque hasta el último de sus días soñó con mi graduación y sé que desde el cielo estará muy feliz por este logro.

Katty Alejandra

AGRADECIMIENTOS

Quiero extender mi más profundo agradecimiento a mis padres Juan Carlos y Catalina, a mis hermanitas Camila y Valentina, por ser parte de este recorrido de aprendizaje y crecimiento personal, nunca me dejaron sola y me impulsaron a salir adelante para convertirme en la mujer que soy hoy en día.

Así también, agradezco a Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda. por abrirme las puertas de tan prestigiosa industria molinera para desarrollar mi proyecto de investigación, en especial al ingeniero Héctor Recalde y a todo el equipo de control de calidad por su buena voluntad de compartir sus conocimientos conmigo.

Finalmente, agradezco a la Dra. Mayra Paredes por su tiempo, dedicación y consejos para la culminación de mi trabajo de Integración Curricular.

Y a todas las personas que fueron parte de este proceso de aprendizaje, quienes han hecho de esta experiencia inolvidable y llena de momentos especiales que los llevaré en mi corazón.

Katty Alejandra

ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. El trigo en el Ecuador	1
1.1.2. Harina de trigo	1
1.1.3. Humedad	3
1.1.4. Granulometría	3
1.1.5. Cenizas	3
1.1.6. Almidón Dañado	4
1.1.7. Acidez	4
1.1.8. Gluten	5
1.1.9. Falling number	5
1.1.10. Mixolab	5
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo general	8
1.2.2. Objetivos específicos	8
CAPITULO II	9

METODOLOGÍA	9
2.1. Materiales	9
2.1.1. Materia Prima	9
2.1.2. Equipos de análisis	12
2.1.3. Reactivos	12
2.1.4. Materiales de laboratorio	12
2.2. Métodos	13
2.2.1. Caracterización fisicoquímica	13
2.2.2. Análisis de parámetros reológicos	18
2.2.3. Fundamento estadístico	18
CAPITULO III	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Análisis y discusión de resultados	20
3.1.1. Caracterización fisicoquímica	20
3.1.2. Caracterización reológica	33
3.1.3. Organizador de aptitud industrial	43
CAPITULO IV	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
4.1. Conclusiones	49
4.2. Recomendaciones	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	58
A. Equipos y materiales empleados para la caracterización fisicoquímica de la harina.	58
B. Instalaciones de Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda	60
C. Resultados del ensayo Mixolab	63
D. Normativa vigente para harina de origen vegetal	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados experimentales de porcentaje de humedad de las fracciones de harina.	20
Tabla 2. Resultados experimentales del porcentaje de granulometría bajo malla #7 de las fracciones de harina.....	22
Tabla 3. Resultados experimentales del porcentaje de granulometría bajo malla #10 de las fracciones de harina.....	23
Tabla 4. Resultados experimentales del porcentaje de cenizas de las fracciones de harina...	24
Tabla 5. Resultados experimentales del porcentaje de almidón dañado de las fracciones de harina.....	26
Tabla 6. Resultados experimentales del porcentaje de acidez en las fracciones de harina. ...	28
Tabla 7. Resultados experimentales del porcentaje de gluten húmedo en las fracciones de harina.....	30
Tabla 8. Resultados experimentales de Falling number de las fracciones de harina.	31
Tabla 9. Resultados reológicos de las fracciones de harina obtenidas del Mixolab.	34
Tabla 10. Aptitud industrial de los pasajes de harina.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva estándar de Mixolab.	6
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de trigo.	10
Figura 3. Porcentaje de humedad en las fracciones de harina.	21
Figura 4. Porcentaje de granulometría bajo malla #7 de las fracciones de harina.	23
Figura 5. Porcentaje de granulometría bajo malla #10 de las fracciones de harina.	24
Figura 6. Porcentaje de cenizas de las fracciones de harina.	25
Figura 7. Porcentaje de almidón dañado de las fracciones de harina.	27
Figura 8. Porcentaje de acidez titulable de las fracciones de harina.	29
Figura 9. Porcentaje de gluten húmedo de las fracciones de harina.	30
Figura 10. Falling Number de las fracciones de harina.	32
Figura 11. Porcentaje de absorción de agua de las fracciones de harina.	35
Figura 12. Tiempo de desarrollo de las fracciones de harina.	36
Figura 13. Estabilidad de las fracciones de harina.	37
Figura 14. Parámetro C1 de las fracciones de harina.	37
Figura 15. Parámetro C2 de las fracciones de harina.	39
Figura 16. Datos obtenidos de pendiente α de las fracciones de harina.	39
Figura 17. Parámetro C3 de las fracciones de harina.	40
Figura 18. Datos obtenidos de pendiente β de las fracciones de harina.	41
Figura 19. Parámetro C4 de las fracciones de harina.	42
Figura 20. Datos obtenidos de pendiente γ de las fracciones de harina.	42
Figura 21. Parámetro C5 de las fracciones de harina.	43
Figura 22. Analizador halógeno de humedad Radwag.	58
Figura 23. Materiales para la determinación de acidez titulable.	58
Figura 24. SDmatic determinación de almidón dañado.	58
Figura 25. Equipo Falling number.	59
Figura 26. Mufla.	59
Figura 27. Vibrador de tamices Simón.	59
Figura 28. Bancos de molienda.	60
Figura 29. a. Despuntadora; b. Despedradora.	60
Figura 30. a. Purificador de sémolas (sasores); b. Cernedor.	61
Figura 31. Filtro de aire (sifter).	61
Figura 32. Área de empaque de harina.	62
Figura 33. Curva mixográfica pasaje B1 réplica 1.	63

Figura 34. Curva mixográfica pasaje B1 réplica 2	64
Figura 35. Curva mixográfica pasaje B2 réplica 1	65
Figura 36. Curva mixográfica pasaje B2 réplica 2	66
Figura 37. Curva mixográfica pasaje B3 réplica 1	67
Figura 38. Curva mixográfica pasaje B3 réplica 2	68
Figura 39. Curva mixográfica pasaje B4 réplica 1	69
Figura 40. Curva mixográfica pasaje B4 réplica 2	70
Figura 41. Curva mixográfica pasaje B5-PA réplica 1	71
Figura 42. Curva mixográfica pasaje B5-PA réplica 2	72
Figura 43. Curva mixográfica pasaje C2-PA réplica 1	73
Figura 44. Curva mixográfica pasaje C2-PA réplica 2	74
Figura 45. Curva mixográfica pasaje C3-PA réplica 1	75
Figura 46. Curva mixográfica pasaje C3-PA réplica 2	76
Figura 47. Curva mixográfica pasaje C4 réplica 1	77
Figura 48. Curva mixográfica pasaje C4 réplica 2	78
Figura 49. Curva mixográfica pasaje C5 réplica 1	79
Figura 50. Curva mixográfica pasaje C5 réplica 2	80
Figura 51. Curva mixográfica pasaje C5-H negra réplica 1.....	81
Figura 52. Curva mixográfica pasaje C5-H negra réplica 2.....	82
Figura 53. Curva mixográfica pasaje DD1-PA réplica 1	83
Figura 54. Curva mixográfica pasaje DD1-PA réplica 2.....	84
Figura 55. Curva mixográfica de la harina de flujo réplica 1	85
Figura 56. Curva mixográfica de la harina de flujo réplica 2	86
Figura 57. Curva mixográfica pasaje R1-PA réplica 1	87
Figura 58. Curva mixográfica pasaje R1-PA réplica 2.....	88
Figura 59. Curva mixográfica pasaje R2-PA réplica 1	89
Figura 60. Curva mixográfica pasaje R2-PA réplica 2.....	90
Figura 61. Curva mixográfica pasaje C1-PA réplica 1	91
Figura 62. Curva mixográfica pasaje C1-PA réplica 2.....	92
Figura 63. Curva mixográfica pasaje Vibro réplica 1.....	93
Figura 64. Curva mixográfica pasaje Vibro réplica 2.....	94

RESUMEN

El grano de trigo es la principal materia prima en la producción harinera de la industria ecuatoriana, no obstante, debido a la demanda del consumo de carbohidratos a nivel mundial, principalmente pan, pastas y galletas; el sector molinero se ha visto en la necesidad de incrementar la calidad y rendimiento de la harina mediante la implementación de nuevos equipos y pasajes. El presente trabajo de investigación se fundamentó en la caracterización fisicoquímica y reológica de las fracciones de harina proveniente de los pasajes del proceso de molienda, con los cuales se pueden desarrollar mezclas específicas para lograr una harina de mayor rendimiento y calidad panadera.

Durante el desarrollo experimental de la investigación, a través de la caracterización fisicoquímica de las fracciones de harina se obtuvo que la harina proveniente de los últimos molinos de trituración y compresión (B5-PA, C4, C5, C5-H negra) presentaron un alto contenido de cenizas ($> 2,39\%$), almidón dañado ($> 9,21\%$), actividad enzimática (< 250 segundos), acidez titulable ($> 0,3\%$) y menor contenido de humedad ($< 12,80\%$), granulometría bajo malla #10 ($< 87,5\%$) y gluten húmedo ($< 26,86\%$).

Finalmente, con ayuda del estudio reológico de las harinas en el equipo Mixolab, de la mano de la caracterización fisicoquímica, se logró desarrollar un organizador de aptitud industrial permitiendo clasificar a las fracciones de harina acorde a su fuerza y funcionalidad tecnológica como pan de molde, baguette, pizza, pastas y galletas.

Palabras clave: Industria molinera, propiedades de alimentos, reología de alimentos, molienda, harina de trigo, Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.

ABSTRACT

The wheat grain is the main raw material in the flour production of the Ecuadorian industry, however, due to the demand for carbohydrate consumption worldwide, mainly bread, pasta and cookies; The milling sector has seen the need to increase the quality and performance of the flour through the implementation of new equipment and passages. The present research work was based on the physicochemical and rheological characterization of the flour fractions from the milling process passages, with which specific mixtures can be developed to achieve a flour with higher yield and bakery quality.

During the experimental development of the research, through the physicochemical characterization of the flour fractions, it was obtained that the flour from the last crushing and compression mills (B5-PA, C4, C5, C5-H black) presented a high ash content ($> 2.39\%$), damaged starch ($> 9.21\%$), enzymatic activity (< 250 seconds), titratable acidity ($> 0.3\%$) and lower moisture content ($< 12.80\%$), granulometry under #10 mesh ($< 87.5\%$) and wet gluten ($< 26.86\%$).

Finally, with the help of the rheological study of the flours in the Mixolab equipment, hand in hand with the physicochemical characterization, it was possible to develop an industrial aptitude organizer allowing to classify the flour fractions according to their strength and technological functionality as sliced bread, baguette, pizza, pasta and cookies.

Keywords: Milling industry, food properties, food rheology, milling, wheat flour, Molinos e Industrias Quito Cía. Ltd.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda. consolidada en 1921 a través de la marca comercial “Molinos Royal”, es una empresa proyectada a la innovación molinera en el Ecuador, con un siglo de tradición se encuentra equipada con tecnología de punta para poder satisfacer la demanda local y nacional de harina de trigo, manteniendo altos estándares de calidad e inocuidad en la cadena de producción.

1.1.1. El trigo en el Ecuador

En Ecuador, la importación del trigo en el 2021 abarcó 1.350 mil toneladas aproximadamente según las estadísticas de **Index Mundi (2022)**. Nuestro país no es productor de trigo por lo cual el grano es importado principalmente de países como Canadá, EE. UU. y Argentina para abastecer a la industria molinera.

Lizarzaburo (2021) menciona que la harina es el producto más representativo con un 78% de participación dentro del procesamiento del trigo importado, del cual el 55% se utiliza para la producción de pan y el 24% en pastas. No obstante, dado el crecimiento de la población y la demanda de productos de trigo, las industrias manufactureras de productos farináceos se han visto en la necesidad de implementar nuevas tecnologías para ir de la mano con la industrialización y procesos complejos; para lo cual debe adecuarse la harina (**Alimenti y Maldonado, 2020; Cadena, Pereira, y Pérez, 2019**).

1.1.2. Harina de trigo

La harina es obtenida mediante la molienda gradual de los granos de trigo que implica la separación del salvado y el germen del endospermo. El grano ingresa a un proceso mecánico donde se extrae el contenido de endospermo adherido a las capas externas y se produce una reducción total del mismo a harina, por lo que, se generan varias fracciones de productos farináceos en el proceso de molienda industrial (**Barrera et al., 2012**).

La harina de trigo es la principal materia prima en la industria de pastas y panadería, ya que de ella se derivan los productos con mayor tendencia de consumo como pan, pastas y galletas. Sin embargo, **Lizarzaburo (2021)** menciona que el trigo se ha encarecido

notablemente respecto al año anterior. La **FAO (2021)** reporta que los precios mundiales del trigo se han incrementado casi un 4% debido a la reducción de la cantidad de trigo exportable frente a la fuerte demanda en el consumo de carbohidratos. **BBC News (2022)** menciona que Rusia y Ucrania, conocidos como el granero de Europa, simbolizan el 29% de las exportaciones globales de trigo, no obstante, el impacto de la guerra en la producción de trigo duplicó los precios globales del grano, es decir, las cosechas se ven obstaculizadas dando como resultado un bloqueo en las exportaciones, por tal motivo, los países importadores de trigo deberán buscar estrategias para reemplazar los suministros perjudicando a las industrias molineras e incrementando el valor de los productos farináceos.

La calidad industrial de la harina influye directamente en su aplicación, pues cubrirá las diferentes necesidades para elaborar la diversidad de productos panificados (**De la Horra et al., 2012**). La calidad industrial toma en cuenta exigencias específicas como el nivel de proteína, la estabilidad y la fuerza. **Villanueva (2014)** afirma que la principal proteína en el trigo es el gluten, misma que es capaz de conferir propiedades únicas a la masa, dando características reológicas y viscoelásticas específicas.

La industria molinera comercializa la harina de trigo producida por la mezcla de los flujos de harina obtenidas en la molturación con el objetivo de generar un producto final de calidad aceptable. **Brütsch et al. (2017)** menciona que en el mercado surge la necesidad de harina de calidad superior para la elaboración de productos específicos como la diversidad de panes, bollería y pastas; ya que, las diversas fracciones de harina obtenidas de la molienda contienen propiedades diferenciales que al ser identificadas y clasificadas logran mezclas específicas que permiten obtener harinas comerciales con diferente aptitud industrial.

Por ello es importante conocer la calidad de las corrientes provenientes del proceso de molturación (pasajes) para estandarizar el proceso y el producto dado que una harina con las cualidades deseadas tendrá aplicaciones específicas. La evaluación de la calidad se realiza a través de un análisis del grado de almidón dañado, calidad proteica, *falling number*, entre otros parámetros fisicoquímicos, además, las propiedades reológicas (**Banu et al., 2010**). Por consiguiente, esta información será una fuente confiable para futuras aplicaciones en el desarrollo de nuevos productos de panadería y pastas.

1.1.3. Humedad

El contenido de humedad en granos y sus productos derivados como la harina, es un parámetro de importancia en el control de calidad por lo que es imprescindible que se emplee métodos fiables para su determinación (**Bianco et al., 2015**). En la harina de trigo, el contenido de humedad es determinante en cuanto a su conservación y vida útil. Es decir, representa una relación inversamente proporcional en donde a mayor contenido de humedad, menor es su vida útil. La cantidad de agua puede causar alteraciones en la textura de la harina y a su vez, incrementa la posibilidad de proliferación de microorganismos (**Bianco et al., 2015; Hidalgo, 2018**).

1.1.4. Granulometría

El tamaño de partícula en la harina de trigo representa un aspecto tecnológico determinante en la calidad de esta, puesto que puede implicar un reto en la industria molinera; es decir, los diferentes tamaños de partícula influyen directamente sobre la calidad panadera y funcionalidad tecnológica de la harina.

La harina de trigo se compone por fragmentos del endospermo que han sido apartados del salvado de trigo dentro del proceso de molienda, el tamaño de partícula es un factor importante que afecta a las cualidades de los productos de trigo. **Cai et al. (2014)** menciona en su investigación que los panes que contenían salvado fino obtenían menor volumen y una coloración oscura de la miga, además incrementa el grado de retrogradación del almidón en el almacenamiento del pan en comparación a los panes de salvado grueso. **Noort et al. (2010)** concuerda y concluye que el tamaño de partícula tiene una influencia negativa en la calidad de la harina para panificación.

1.1.5. Cenizas

El contenido de cenizas en la harina de trigo se expresa como un parámetro de calidad en el proceso de molienda ya que constituye aquellas sales minerales que proceden de las partes externas del grano y que permanecen en la harina en función de la tasa de extracción que posea; así también, el porcentaje de cenizas varía de acuerdo al pasaje fuente de la fracción de harina y el grado de contaminación con salvado fino que tenga la muestra a analizar. Desde otra perspectiva, el endospermo contiene menor cantidad de cenizas en comparación con el salvado, mismo que está conformado por pericarpio, capa de aleurona, epidermis nuclear y tegumentos, los cuales poseen una mayor cantidad de cenizas por su composición química (**Huanca, 2021**).

El flujo de molienda afecta las diferentes fracciones de harina de trigo dando lugar a su clasificación en función del contenido de cenizas, es decir, el bajo contenido de cenizas en la harina de trigo exterioriza el bajo contenido de salvado, mientras que, las masas que se obtienen a partir de harinas de alto contenido de cenizas resultan oscuras y pegajosas por lo que generan defectos en la manipulación y mecanización (**Barrera et al., 2012**).

1.1.6. Almidón Dañado

El almidón dañado indica el grado de daño que se ocasiona el proceso de molienda al almidón, por lo que, hoy en día es un parámetro cuantificable. Este aspecto tecnológico mide el grado de exposición que tiene las partes internas de los gránulos de almidón a la acción enzimática, levaduras y absorción de agua que tiene la harina de trigo (**Barrera et al., 2012**).

El almidón dañado tiene una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con los gránulos de almidón enteros nativos. El daño en el almidón depende de una molienda agresiva o muy suave, además de las variedades de trigo empleadas, lo que ocasionando el incremento o la disminución de la capacidad de absorción de agua. En concreto, la harina absorbe agua en exceso como consecuencia de un elevado porcentaje de almidón dañado, y posteriormente se expulsa como agua libre ocasionando masas pegajosas, llevando consigo un problema de costo en la línea de producción panadera (**Concereal, 2021**).

Concereal (2021) expone que más del 70% de los problemas en la cadena productiva de productos horneados se debe al desequilibrio en cuanto al porcentaje de almidón dañado en la harina, de tal forma que este parámetro requiere ser controlado de manera exhaustiva dado que también puede ocasionar fermentaciones espontáneas por lo cual disminuye la tasa de conservación de los lotes de harina.

1.1.7. Acidez

La acidez de la harina de trigo es un aspecto importante de calidad puesto que denota la presencia de ácidos grasos libres que se relaciona con el grado de conservación de la harina o también el grado de extracción que esta posea (**Valdiviezo, 2019**). La principal fuente de lípidos en el grano de trigo se confiere al germen.

1.1.8. Gluten

El gluten es una proteína proveniente del endospermo del grano de trigo y que otorga propiedades insuperables en la obtención de masas viscoelásticas y cohesivas que sean capaces de retener CO₂ para la elaboración de productos horneados, haciéndolos más livianos (Villanueva, 2014).

1.1.9. Falling number

Este parámetro se relaciona con la calidad del trigo panificable, mismo que depende de las condiciones climáticas y variedad que se emplee en el proceso de molienda. Es por ello que el *Falling number* proporciona información valiosa acerca de la actividad enzimática en la harina, precisamente de la actividad de la alfa-amilasa. El exceso de esta enzima en la harina ocasiona masas pegajosas y complicadas de manipular por lo que da como resultado panes poco estructurados después del horneado, así también, implica panes de poco volumen, con la corteza oscura y la miga totalmente pegajosa que se adhiere al cuchillo (Garrido, 2015).

1.1.10. Mixolab

Es una herramienta que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa formada por harina de trigo sometida a un amasado a diferentes temperaturas (Pazmiño, 2013). Este equipo evalúa el comportamiento del mezclado y el empastamiento de la harina de trigo que mide en tiempo real el torque (N.m) que se genera por el paso de la masa entre dos paletas mezcladoras; así también, el protocolo permite mezclar la masa en rangos de temperatura controlada hasta los 90°C y finalmente el enfriamiento (Rodríguez et al., 2012).

El Mixolab es un equipo inteligente que puede llegar a determinar si los trigos se encuentran contaminados, dado que su principio se fundamenta en la medición de la caída de consistencia después de una fase de reposo que además permite evaluar mezclas apropiadas de diferentes harinas.

Sarmiento (2015) señala que el Mixolab consta de tres perfiles de uso:

- **Mixolab Standard**

Permite realizar un análisis exhaustivo del comportamiento de la masa cuando se encuentra sujeta a estrés dual de la mezcla y cambios de temperatura en diferentes fases, es decir, durante el amasado, calidad de las proteínas, gelatinización del

almidón, actividad amilásica y retrogradación del almidón, dado que, mide el par en nanómetros (Nm) producida por la masa en contacto con dos paletas mezcladoras. Generalmente, se emplea el protocolo “Chopin+” en el que el peso de la masa es de 75 gramos y la consistencia objetivo de 1,1 Nm con una variación de +/- 0,05 Nm (Mixolab applications handbook, 2012).

En cuanto a los resultados, el Mixolab Standard proporciona una curva con cinco puntos estratégicos:

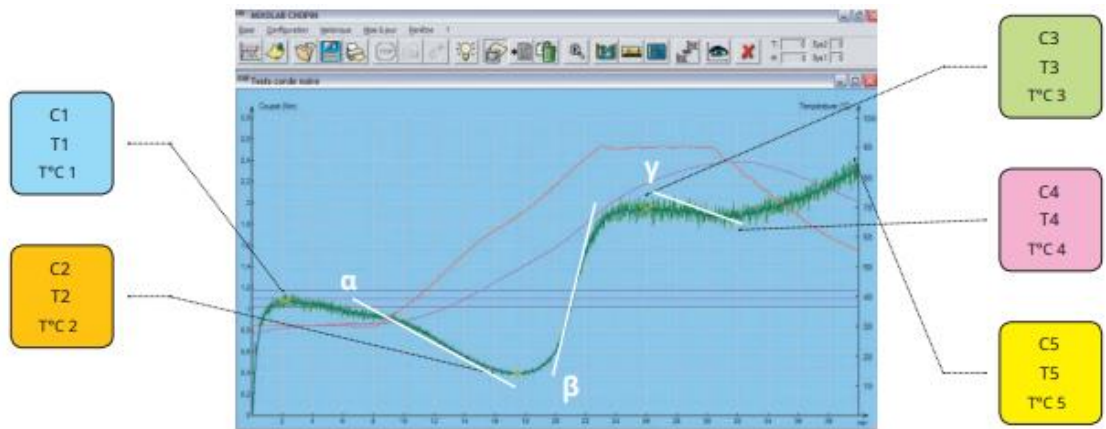


Figura 1. Curva estándar de Mixolab.

Fuente: Mixolab applications handbook (2012)

- ✓ **C1:** Determina la absorción de agua
- ✓ **C2:** Mide el debilitamiento de las proteínas por el trabajo mecánico y la temperatura.
- ✓ **C3:** Mide la gelatinización del almidón.
- ✓ **C4:** Determina la estabilidad del gel caliente.
- ✓ **C5:** Mide la retrogradación del almidón en el enfriamiento

Por otro lado, la curva obtenida proporciona tres parámetros adicionales:

- ✓ **Pendiente α:** Hace referencia a la pendiente de la curva entre el final del periodo a 30°C y C2 que determina la velocidad de debilitamiento de las proteínas de la harina bajo el efecto del calor.
- ✓ **Pendiente β:** Es la pendiente entre la curva de C2 y C3 que establece la velocidad de gelatinización del almidón.
- ✓ **Pendiente γ:** Refleja la pendiente de la curva entre C3 y C4, expresa la velocidad de degradación de la enzima amilasa.

- **Mixolab profiler**

Esta función mide todos los parámetros de la curva estándar, que emplea un protocolo estandarizado que permite caracterizar completamente la harina en cuanto a lo que se refiere a la red de proteínas, almidón y actividad enzimática proporcionando una interpretación gráfica de los resultados simplificados y se expresa en 6 criterios cualitativos fundamentales de acuerdo al **Mixolab applications handbook (2012)**:

- ✓ **Índice de absorción de agua:**

El potencial de absorción de agua está ligado a la composición química de la harina como tal por lo que influyen directamente en el rendimiento de la masa, ya que, cuanto más alto resulta, mayor es la cantidad de agua que absorbe la harina.

- ✓ **Índice de mezcla:**

Representa las propiedades que posee la harina durante un periodo de mezcla a 30°C. Toma en consideración parámetros como la estabilidad, tiempo de desarrollo de la masa y el debilitamiento, es decir, cuanto mayor sea el índice, mayor será la estabilidad de la harina durante el mezclado.

- ✓ **Índice de gluten:**

Expresa las propiedades del gluten cuando se somete a calentamiento la masa, dado que sí el índice es mayor, más alta será la resistencia del gluten al calentamiento.

- ✓ **Índice de viscosidad:**

Indica el incremento de la viscosidad de la masa durante el período de calentamiento, depende de la actividad amilásica y de la calidad del almidón, por lo que, a mayor índice, mayor es la viscosidad de la masa.

- ✓ **Índice de amilasas:**

Expresa la actividad de la amilasa, misma que depende de la capacidad que tiene el almidón para resistir la amilólisis, es decir, la resistencia a la degradación

parcial o total del almidón. Sin embargo, a mayor índice, menor será la actividad de la enzima amilasa.

✓ **Índice de retrogradación:**

En este parámetro se puede estimar la vida útil de la harina dado que depende de las características del almidón y la hidrólisis del mismo durante la prueba, por lo que, expresa una relación inversamente proporcional ya que, a mayor índice, menor será la vida útil del producto.

• **Mixolab simulator**

Expresa resultados que pueden ser comparados con resultados del comportamiento farinográfico como el debilitamiento, hidratación, tiempo de desarrollo y estabilidad. Sin embargo, este parámetro no se aplicará en la investigación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

○ Evaluar las características fisicoquímicas y reológicas de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda de la industria de “Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.” para su aplicabilidad en productos de panadería.

1.2.2. Objetivos específicos

○ Determinar el contenido de humedad, granulometría, cenizas, almidón dañado, acidez titulable, gluten húmedo y *falling number* de la harina proveniente de los pasajes del molino.

○ Determinar los parámetros reológicos del proceso de molienda en la calidad final de la harina de trigo obtenida mediante el empleo del Mixolab.

○ Desarrollar un organizador de aptitud industrial de las harinas provenientes de los pasajes de molienda de acuerdo a los resultados mixográficos.

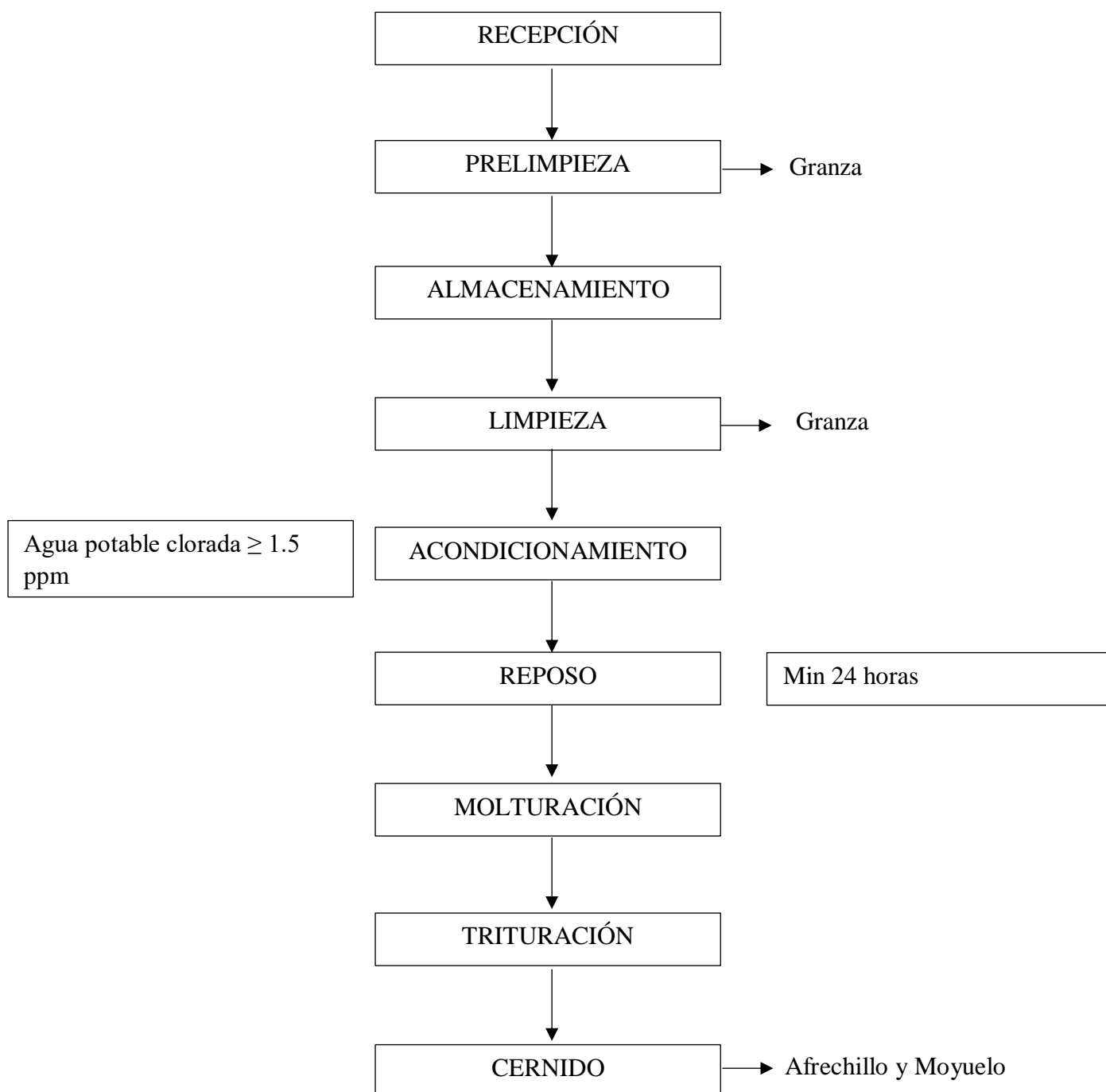
CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Materia Prima

La figura que se presenta a continuación muestra el proceso de producción de harina de trigo de Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.



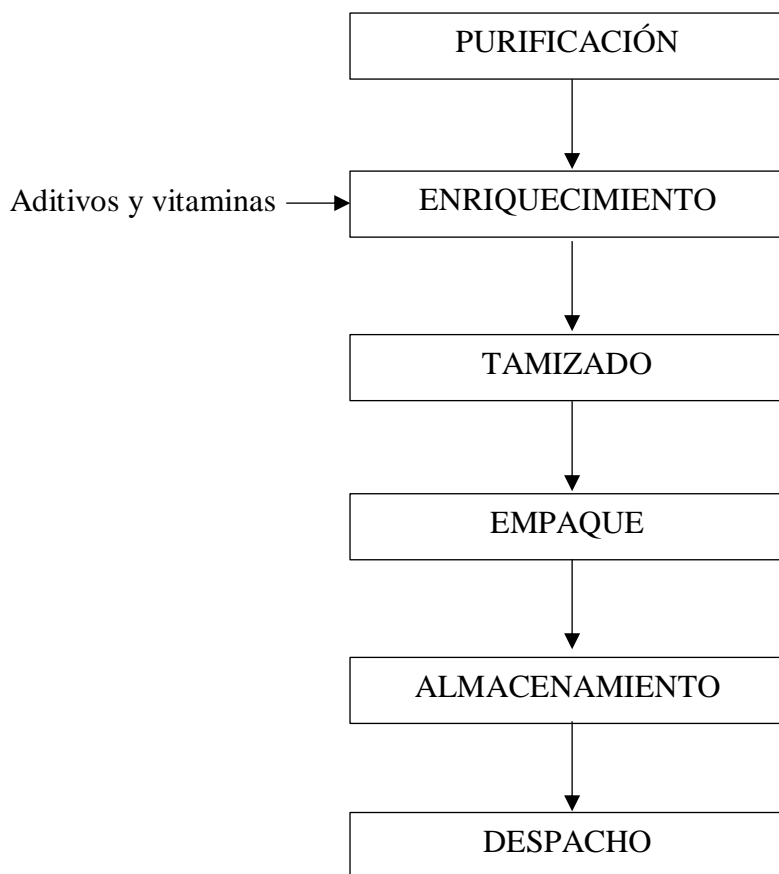


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de trigo.

Fuente: Molinos e Industrias Quito (2016).

2.1.1.1. Descripción del proceso

Recepción: El trigo certificado por el proveedor llega en camiones equipados de los cuales se extraen muestras para el análisis de control de calidad. Además, se realiza una inspección visual del trigo tomando en consideración el tipo, coloración y presencia o ausencia de gorgojo, una vez cumplido los requisitos mencionados se traslada los camiones al área de pesaje y posterior descarga para el traslado del trigo a los silos.

Prelimpieza: Previo el ingreso del trigo a los silos, se separa las impurezas de gran tamaño que generalmente son astillas, piedras, pajas o ramas u otro tipo de granos diferentes al trigo. Este proceso se realiza mediante una zaranda y criba.

Almacenamiento: El trigo limpio se almacena en silos, donde se realizan pruebas de calidad como es el peso hectolítrico, grado de impurezas y humedad de los granos, valores que varían de 82-84 kg/Hl; 0,2-0,4% y 11-14%, respectivamente.

Limpieza: El trigo se dirige a los silos internos de la planta por lo que durante esta etapa se separa el grano de trigo de todo tipo de impurezas utilizando separadores magnéticos, despedradoras, clasificadoras y cepilladores.

Acondicionamiento y reposo: El trigo completamente limpio es acondicionado con agua hasta alcanzar la humedad deseada en función de la variedad de trigo, para luego permanecer en reposo por 24 horas. El objetivo de este proceso es el ablandamiento de las capas externas del grano para facilitar la separación del grano durante la molienda, llevando consigo una menor probabilidad de producción de polvillo de salvado y con ello se evita la contaminación de las fracciones de harina.

Molturación: Durante esta etapa se separan las capas externas del grano de trigo, es decir, el salvado y germen del endospermo mediante la acción mecánica de los rodillos de molienda.

Trituración: En esta etapa se aísla el salvado del endospermo dando como subproducto el afrechillo.

Cernido: Se procede al cernido de las fracciones de producto obtenidas de los bancos de molienda y que permite clasificarlas en fractura gruesa, fina, sémolas, semolinas y harinas.

Purificación: A través de un sator se limpia las sémolas y semolinas para eliminar cualquier resto de salvado.

Enriquecimiento: Una vez obtenida la harina, se dosifica aditivos y vitaminas que se mezclan por medio de la centrífuga.

Tamizado: La harina enriquecida pasa por tamices que elimina todo tipo de fracción con un tamaño de partícula indiferente al de la harina y que mejora la incorporación de los aditivos.

Empaque: La harina de trigo finalmente se empaca de acuerdo a las diferentes presentaciones ya sea de 50 kg, 2 kg, 9 kg y 25 kg. En esta última etapa se efectúa el análisis de la calidad de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 616.

Almacenamiento y despacho: La harina en los sacos se almacena y reposa en bodega para posteriormente ser despachada hacia el consumidor.

2.1.2. Equipos de análisis

- Analizador halógeno de humedad Radwag
- Balanza analítica
- Mixolab
- Sdmatic
- Horno Mufla
- Estufa de secado
- Falling Number
- Equipo Simon-vibrador de tamices

2.1.3. Reactivos

- Cloruro de sodio 2%
- Yoduro de potasio
- Ácido cítrico
- Solución indicadora de Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 0.02 N
- Agua destilada
- Tiosulfato de sodio

2.1.4. Materiales de laboratorio

- Crisoles
- Frascos de vidrio 250 ml
- Vasos de precipitación 250 ml
- Matraces Erlenmeyer 100 ml
- Probeta 50 ml
- Termómetro
- Pinzas
- Papel filtro
- Bureta 25 ml
- Soporte universal
- Espátulas
- Desecador

2.1.5. Insumos

- Fundas ziploc de 2 kg de capacidad
- Rollo de fundas
- Marcador

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterización fisicoquímica

2.2.1.1. Toma de muestras

Se aplicó un muestreo aleatorio simple de los flujos de harina del molino, por lo que las muestras fueron tomadas durante un período de 8 horas con intervalos de 1 hora para así recolectar 4 kg de harina para los respectivos análisis.

2.2.1.2. Porcentaje de humedad

Para la determinación del porcentaje de humedad se empleó un método gravimétrico basado en la variación del peso mediante la eliminación del agua presente en la harina de trigo por la acción del calor producido dentro de la balanza de infrarrojo en condiciones óptimas (**Radwag, 2013**).

El porcentaje de humedad está regida por los requisitos inscritos en la normativa **NTE INEN 616 (2015)** por lo cual se determinó el porcentaje de humedad de acuerdo a la metodología propuesta por el Laboratorio de Control de Calidad-Molinos Royal sujeta a la normativa **NTE INEN-ISO 712 (2013)**.

2.2.1.3. Granulometría

Este análisis determinó la uniformidad del proceso de molienda, a través de un equipo vibrador de tamices, su funcionamiento radicó en movimientos oscilatorios constantes que separan la muestra de harina de trigo al atravesar por los tamices y que van ordenados de acuerdo al tamaño de poro, es decir, desde el poro más grueso al más fino (**Puma, 2017**).

De acuerdo con la normativa **NTE INEN 517 (2013)** y la metodología propuesta por **Espinoza y Quispe (2013)** para el análisis de granulometría, la muestra de harina de trigo pasó por diversos tamices que se encuentran superpuestos en donde las partículas quedan retenidas de acuerdo a su tamaño para lo cual se empleó los tamices #10 (132 μm) y #7 (200 μm) permitiendo ordenar a la muestra de forma decreciente, es decir, las partículas de mayor tamaño en los tamices de mayor apertura mientras que por el contrario, las partículas de menor tamaño en la parte inferior del equipo.

La importancia de este análisis radicó en que brinda información importante acerca del proceso de molienda y permite una clasificación de la harina de trigo.

2.2.1.4. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas en la harina de trigo se define como un parámetro de calidad de la misma dado que la cantidad de cenizas varía en función de la parte del trigo de donde se haya extraído la muestra de harina, desde otra perspectiva, el endospermo contiene menor cantidad de cenizas en comparación con el salvado, mismo que está conformado por pericarpio, capa aleuronal, epidermis nuclear y tegumentos los cuales poseen una mayor cantidad de cenizas por su composición química (**Huanca, 2021; Puma, 2017**).

La metodología de este análisis gravimétrico se basó en la incineración de la muestra de harina en un horno mufla a 580°C por 4 horas para eliminar toda la materia orgánica. La materia inorgánica residual se enfrió en un desecador para finalmente ser pesada en la balanza analítica de acuerdo a la metodología oficial de *Association of Official Agricultural Chemists AOAC (2016)*, se determinó el porcentaje de cenizas totales mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas\ Totales = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100$$

Donde:

m1: masa de la cápsula con la muestra de harina (g)

m2: masa de la cápsula con las cenizas (g)

m0: masa de la cápsula vacía (g)

2.2.1.5. Porcentaje de almidón dañado

El trigo se caracteriza por tener dentro de su composición el almidón, que se define como un azúcar de absorción lenta por lo que al estar en contacto con una determinada humedad e incremento de temperatura sufre cambios que van desde una absorción lenta de agua por parte de los gránulos de almidón, hasta el hinchamiento para finalmente romperse y dispersar una disolución de aproximadamente 23% de amilosa y 73% de amilopectina dando paso a la formación de un gel (**Delcour y Hosney, 2010**).

Por otra parte, durante el proceso de molturado del trigo ciertas moléculas de almidón del trigo pueden ser lesionadas dando paso a un parámetro importante en la calidad de la harina que es el porcentaje de almidón dañado y que no solo depende de la molienda sino también de la dureza del grano. Se considera que cuando la dureza es elevada el resultado será una mayor cantidad de almidón dañado, así también, es codependiente de las técnicas de recolección y la duración del acondicionamiento del grano previo a la molienda puesto que a menor tiempo de acondicionamiento mayor es la posibilidad de que se genere almidón dañado (**Delcour y Hoseney, 2010**). En función de lo mencionado, se estima que el almidón dañado representa el 3 a 9% del peso total de la harina final, sin embargo, desde el punto de vista tecnológico, la cantidad de almidón dañado es proporcional a la cantidad de azúcares generados, mismos que durante la aplicación de la harina a procesos de panificación, mayor es la probabilidad de obtención de panes oscuros, en otras palabras, los azúcares no llegan a consumirse en la fermentación por lo que participan activamente en las reacciones de Maillard (**Harinera del mar, 2017**).

La evaluación del porcentaje de almidón dañado se realizó a través del empleo del equipo SDmatic de **Chopin Technologies (2015)** mediante un análisis automatizado sin necesidad de enzimas dado que el principio del equipo se fundamenta en la medición de la absorción de yodo de una suspensión de harina. La cantidad es relacionada inversamente proporcional con la rapidez con la que el yodo es absorbido por la dilución y que representa la cantidad de almidón dañado que posee la muestra. Gracias a la información proporcionada por el equipo se puede controlar activamente el funcionamiento del molino, principalmente del alineamiento y estado de los rodillos, además de una mejora en el rendimiento y adherencia de la masa.

2.2.1.6. Acidez titulable

La acidez titulable de la grasa en harinas se define como una característica fisicoquímica que refleja el contenido de ácidos libres, los cuales se determinó de acuerdo con la metodología planteada por la normativa **NTE INEN-ISO 7035 (2015)**. La aplicación de la metodología puede ser de dos formas: la acidez soluble en etanol al 95% v/v por la presencia de ácidos grasos libres que se relaciona con el grado de conservación de la harina. Por otro lado, se puede determinar la acidez soluble en agua que se relaciona con la presencia de fosfatos ácidos de acuerdo al grado de extracción que posea la harina (**Valdiviezo, 2019**). El resultado se expresa en porcentaje (%) de ácido sulfúrico que

predomina en la harina de trigo, o bien, se puede expresar como hidróxido de potasio o de sodio.

Según **Sarmiento (2015)**, inicialmente se preparó y valoró una solución de hidróxido de sodio 0,02N. Posterior a ello, se pesó 5 gr de la muestra de harina en la balanza analítica y se colocó en un frasco de vidrio. Una vez en el frasco, se añadió 10 ml de agua destilada, con la cual se agitó y homogenizo activamente, adicionalmente, se colocó 90 ml de agua destilada a 45°C en constante agitación durante 5 minutos. Cuando el analito se encontró frío, se tomó 10 ml del líquido sobrenadante para transferirlo a un matraz Erlenmeyer, donde se colocó 3 gotas de fenolftaleína para titular con hidróxido de sodio hasta obtener una coloración rosada persistente por 30 segundos. Finalmente, se leyó el volumen registrado en la bureta empleada para la titulación y se reportó.

Se realizaron los cálculos para determinar el porcentaje de acidez expresado en ácido sulfúrico por ser predominante en la harina de trigo por la acción microbiana y el efecto del enranciamiento de lípidos en el envejecimiento de la harina lo que genera la producción de este ácido.

La acidez en base seca se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{mH_2SO_4 * N * fc * V}{m * (100 - H)} * \frac{V_1}{V_2}$$

A: Contenido de acidez en porcentaje de masa de Ácido sulfúrico (%)

mH₂SO₄: 490

N: Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

fc: Factor de corrección de la solución de hidróxido de sodio valorada

V: Volumen de solución de hidróxido de sodio empleada en la titulación (ml)

m: Masa de la muestra

H: Contenido de humedad de la muestra (%)

V₁: Volumen de alcohol etílico empleado (ml)

V₂: Volumen de la alícuota tomada por titulación

2.2.1.7. Análisis de gluten

La harina de trigo se caracteriza por contener como proteína principal el gluten, mismo que se compone de glutenina y gliadina, su característica principal radica en que son insolubles en agua por lo que se forma una masa viscoelástica al hidratar la harina de trigo, al momento de preparar productos horneados permite que sean aireados y livianos, tal es el caso del pan (**Riquelme, 2016**).

La determinación del índice de gluten se realizó siguiendo la metodología de **León (2019)** para lo cual se pesó 10 g de muestra de harina, seguidamente se colocó en una cápsula o mortero de 12cm de diámetro junto con 6.7 ml de solución de NaCl al 2%. La cantidad de NaCl varía de acuerdo al porcentaje de absorción de agua que toma la formación de la masa en el Mixolab. Posterior a ello con ayuda del pistilo se formó una bola de masa que no se adhiriera a las paredes del mortero y se dejó reposar durante 20 minutos. Una vez transcurrido el tiempo, se procedió a hacer un lavado con el equipo extractor de gluten para retirar el almidón de la harina y extraer el gluten húmedo. Una vez obtenido el gluten, se pesó y registró el valor obtenido.

2.2.1.8. Falling number

Según **Becerra y Tuñoque (2018)**, el *Falling Number* consiste en un test en el que su principio radica en la medición en segundos del proceso de gelatinización de una suspensión de harina con agua caliente por medio de una fuerte agitación, es decir, se genera la degradación del almidón por la actividad enzimática de α -amilasa y mide el tiempo de la caída de un vástago que se coloca dentro del tubo viscosímetro, proporcionando resultados directamente proporcionales, es así que cuando mayor es el grado de aglutinación de la suspensión, mayor será el tiempo de caída.

A través de este análisis se pueden determinar alteraciones producidas por la germinación del trigo, proceso de acondicionamiento defectuoso o bien las condiciones de almacenamiento del trigo deficientes; factores que generan un incremento de la enzima α -amilasa, causante de la textura pegajosa en la masa, no obstante, el resultado de Falling Number en trigos sanos sin adición de humedad antes de la cosecha oscila entre 300 y 450 segundos, pero en harina para panificación, el valor óptimo es de aproximadamente 250 segundos, mientras que un valor inferior a 200 segundos ya ocasiona problemas en la calidad de la harina (**Becerra y Tuñoque, 2018**).

Para la presente investigación se siguió la metodología basada en el Manual de manejo de Falling Number de **Perten Instruments (2017)**. Primero se verificó el nivel de agua en el termostato, se encendió el equipo de Falling Number, para permitir el reflujo de agua de enfriamiento. De acuerdo al analito se eligió una de las opciones que proporciona el equipo en este caso fue *FN Alt Flour*; se ingresó el valor de humedad de la muestra para que el equipo indique el peso corregido, la muestra fue entonces pesada en la balanza de precisión. Posteriormente se colocó la muestra de harina en el tubo viscosímetro con ayuda de un embudo y se añadió 25 ml de agua destilada. Se tapó el tubo con ayuda de un tapón y se agitó vigorosamente (40 veces hasta lograr una suspensión homogénea), luego se procedió a retirar el tapón y con ayuda del agitador se raspó las paredes del tubo para eliminar los residuos. Seguidamente, se ubicó el tubo con el agitador en el equipo donde se sometió a un mezclado constante hasta haber completado el tiempo requerido de aglutinamiento en la muestra de harina y se reportó el tiempo obtenido en segundos.

2.2.2. Análisis de parámetros reológicos

2.2.2.1. Análisis Mixolab

Es una herramienta que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa formada por harina de trigo sometida a un amasado a diferentes temperaturas (**Pazmiño, 2013**).

Se siguió la metodología descrita por **Chopin Technologies (2015b)**, como primer paso se realizó la verificación del nivel del depósito de agua, luego se encendió el dispositivo de refrigeración tipo criostato, se aseguró que la boquilla este colocada en el depósito para después configurar el tipo de prueba mediante el software tomando en consideración la hidratación que se desea proporcionar a la masa. Se recomienda 55% para harina blanca y el 60% para harina integral (**Chopin Technologies, 2015b**), posteriormente se ingresó el contenido de humedad de la muestra, el equipo con este dato calcula automáticamente la cantidad de harina necesaria a preparar y colocar en el mismo, finalmente comienza la prueba y las aspas de la amasadora amasan dando como respuesta digital la curva mixográfica.

2.2.3. Fundamento estadístico

De acuerdo con **Monleón and Collado (2008)** los principales métodos que constituyen el control de calidad de la harina son:

- Características sensoriales
- Contaminación por insectos y otras plagas
- Composición química
- Métodos reológicos

En el control estadístico de los procesos en la industria de molinería emplean generalmente gráficos que permiten determinar la estabilidad del proceso que a lo largo representan el estado de calidad del producto fabricado ya que el propósito de los gráficos de control es monitorear el proceso para controlar el correcto funcionamiento y detectar cualquier tipo de anomalía respecto al patrón de calidad correcto (**Monleón and Collado 2008**).

Gutiérrez and de la Vara (2009) mencionan que el primer paso para la construcción del gráfico de control implica la recolección de las mediciones del parámetro de calidad a evaluar con las cuales se calcularon las medidas de tendencia central:

- ✓ **Media muestral o promedio**

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- ✓ **Desviación estándar muestral**

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

La calidad industrial de la harina de trigo juega un rol fundamental en las diversas aplicaciones y mezclas específicas que se desarrollan de acuerdo a la necesidad de la industria panadera, pastelera y de pastas. Es por ello que se realizó el estudio fisicoquímico y reológico de las diversas corrientes de harinas obtenidas durante el proceso de molienda, y con base a los resultados experimentales se desarrolló un organizador de aptitud industrial.

Los resultados obtenidos se discuten a continuación:

3.1.1. Caracterización fisicoquímica

3.1.1.1. Porcentaje de humedad

En la experimentación se obtuvieron los datos del porcentaje de humedad mostrados en la Tabla 1, y graficada en la figura 3, donde se observa que el mayor porcentaje de humedad se localiza en los pasajes B1 y B2 con el 15,90% y 15,29%, respectivamente; que corresponde a la harina bruta, es decir, la primera molturación del grano de trigo.

Tabla 1. Resultados experimentales de porcentaje de humedad de las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	15,89	15,91	15,90	0,0141
R1-PA	13,90	13,49	13,70	0,2899
C3-PA	12,50	11,89	12,20	0,4313
B2	15,29	15,73	15,51	0,3111
C2-PA	13,70	13,30	13,50	0,2828
R2-PA	14,70	14,40	14,55	0,2121
B3	14,70	15,29	15,00	0,4172
DD1-PA	15,19	15,21	15,20	0,0141
B4	14,22	13,29	13,76	0,6576
C1-PA	14,20	14,40	14,30	0,1414
C4	12,44	12,34	12,39	0,0707
B5-PA	13,20	12,80	13,00	0,2828
C5	11,00	11,40	11,20	0,2828
C5-H negra	11,21	11,61	11,41	0,2828

Vibro	13,09	13,31	13,20	0,1556
Harina de flujo	14,10	14,10	14,10	0,0000

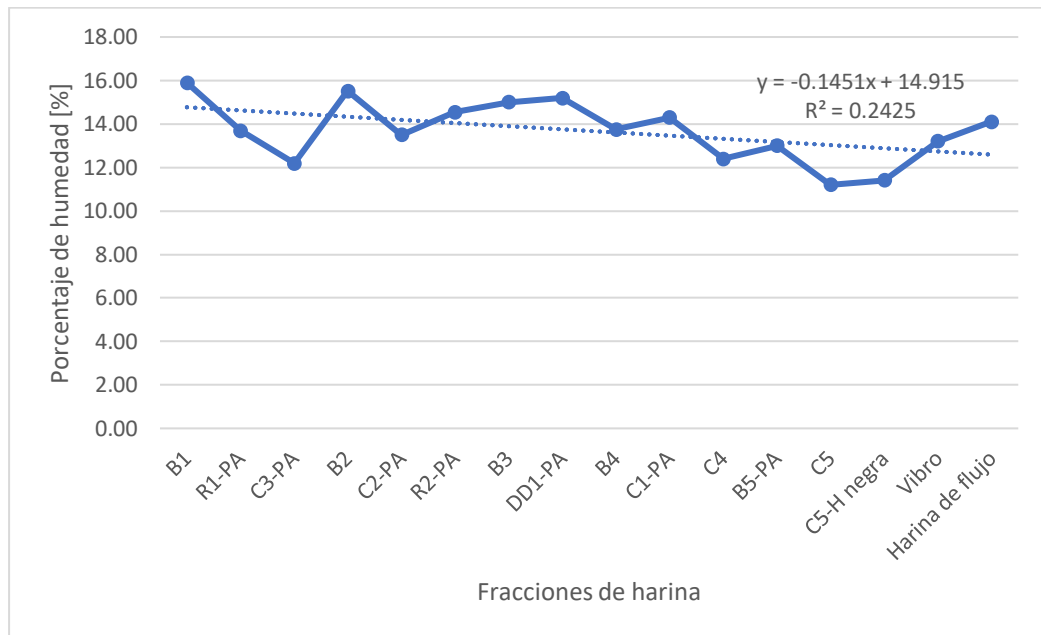


Figura 3. Porcentaje de humedad en las fracciones de harina.

Gil & Serra (2010) menciona que, de acuerdo a la variedad de trigo, la humedad oscila entre 15,5 a 16% una vez que se haya acondicionado con agua, por lo que la primera molturación del grano de trigo posee un mayor contenido de humedad.

Por otro lado, en la figura 3 se aprecia que la fracción de harina correspondiente a C5 representa el porcentaje de humedad más bajo con 11,20%, este resultado se debe a un molino de compresión lisa, en el cual las semolinas se purifican y reduce su tamaño de partícula (**Alimenti & Maldonado, 2020**); de igual forma con las fracciones de harina C1, C2, C3, C4 y C5-H negra presentan humedades bajas por el impacto de la etapa de compresión que produce un incremento en la finura de la molienda, por lo cual la humedad se reduce dado que el agua se evapora.

3.1.1.2. Granulometría

El grano de trigo sufre progresivamente la reducción del tamaño de partícula, dando como resultado diferentes fracciones de harina de granulometría gruesa y fina (**Alimenti & Maldonado, 2020**).

En la Tabla 2 se evidencia los resultados obtenidos de granulometría bajo malla #7 con una apertura de poro de 200 µm, todos los pasajes de harina oscilan en un promedio

entre 98 a 100% a excepción del pasaje Vibro con 69%. El pasaje Vibro se refiere a toda harina que se reaprovecha del proceso de transporte y que se dispersa en el ambiente, esta corriente pasa por filtros para recuperar un porcentaje de harina viable que significa un mayor rendimiento en la producción de harina.

La normativa **NTE INEN 616 (2015)** establece que al menos el 95% de la harina debe pasar por el tamiz de 212 μm (Mesh 70) para alcanzar la denominación de harina como tal, por lo que, todos los pasajes cumplen con este parámetro lo que denota una homogeneidad en el proceso de molienda.

La representación gráfica de los resultados obtenidos en cuanto al tamaño de partícula de la harina se puede observar en la Figura 4, mostrando que la dispersión de los datos es mínima.

Tabla 2. Resultados experimentales del porcentaje de granulometría bajo malla #7 de las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	98	98	98,00	0,0000
R1-PA	98	98	98,00	0,0000
C3-PA	100	100	100,00	0,0000
B2	98	99	98,50	0,7071
C2-PA	99	98	98,50	0,7071
R2-PA	98	99	98,50	0,7071
B3	99	99	99,00	0,0000
DD1-PA	100	100	100,00	0,0000
B4	99	99	99,00	0,0000
C1-PA	98	98	98,00	0,0000
C4	99	99	99,00	0,0000
B5-PA	98	99	98,50	0,7071
C5	99	98	98,50	0,7071
C5-H negra	100	100	100,00	0,0000
Vibro	69	69	69,00	0,0000
Harina de flujo	99	99	99,00	0,0000

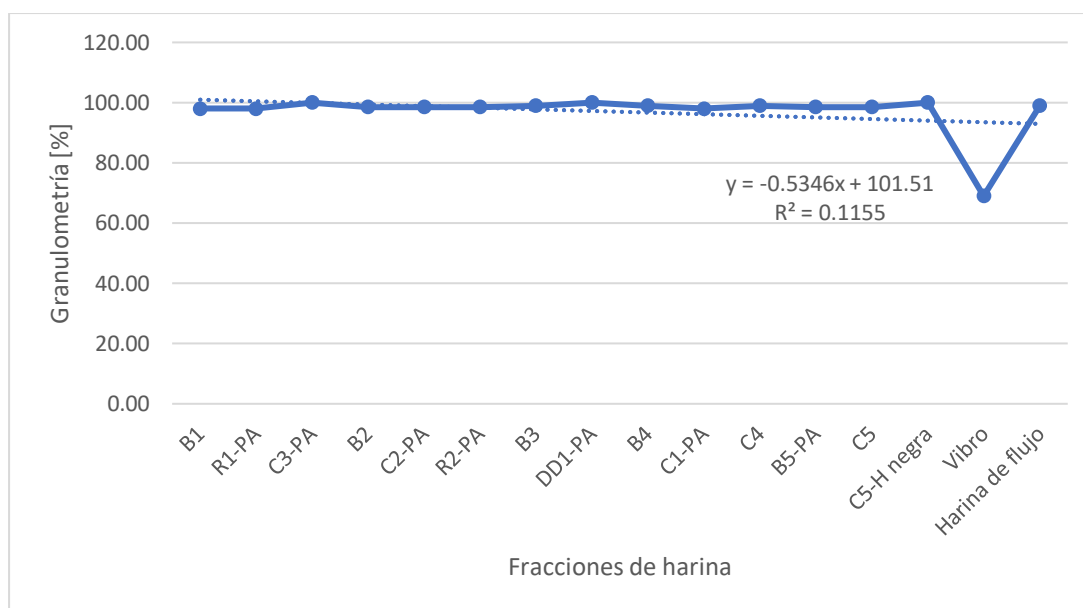


Figura 4. Porcentaje de granulometría bajo malla #7 de las fracciones de harina.

El pasaje B4 corresponde a la etapa de trituración del grano de trigo y representó el porcentaje más alto de harina bajo malla #10 con el 93,50% como se observa en la Figura 5. La harina proveniente de B4 posee un mayor grado de extracción del endospermo que de las capas externas; sin embargo, los pasajes C5 y C5-H negra con valores de 64,50% y 66% respectivamente, poseen una menor granulometría ya que provienen de molinos de compresión al cual se dirigen las sémolas intermedias del grano de trigo, es decir, el salvado con residuos de endospermo (**Alimenti & Maldonado, 2020**).

Tabla 3. Resultados experimentales del porcentaje de granulometría bajo malla #10 de las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	76	76	76,00	0,0000
R1-PA	75	75	75,00	0,0000
C3-PA	88	88	88,00	0,0000
B2	80	82	81,00	1,4142
C2-PA	75	73	74,00	1,4142
R2-PA	73	74	73,50	0,7071
B3	80	78	79,00	1,4142
DD1-PA	83	83	83,00	0,0000
B4	95	92	93,50	2,1213
C1-PA	72	72	72,00	0,0000
C4	89	86	87,50	2,1213

B5-PA	65	69	67,00	2,8284
C5	66	63	64,50	2,1213
C5-H negra	66	66	66,00	0,0000
Vibro	41	42	41,50	0,7071
Harina de flujo	80	82	81,00	1,4142

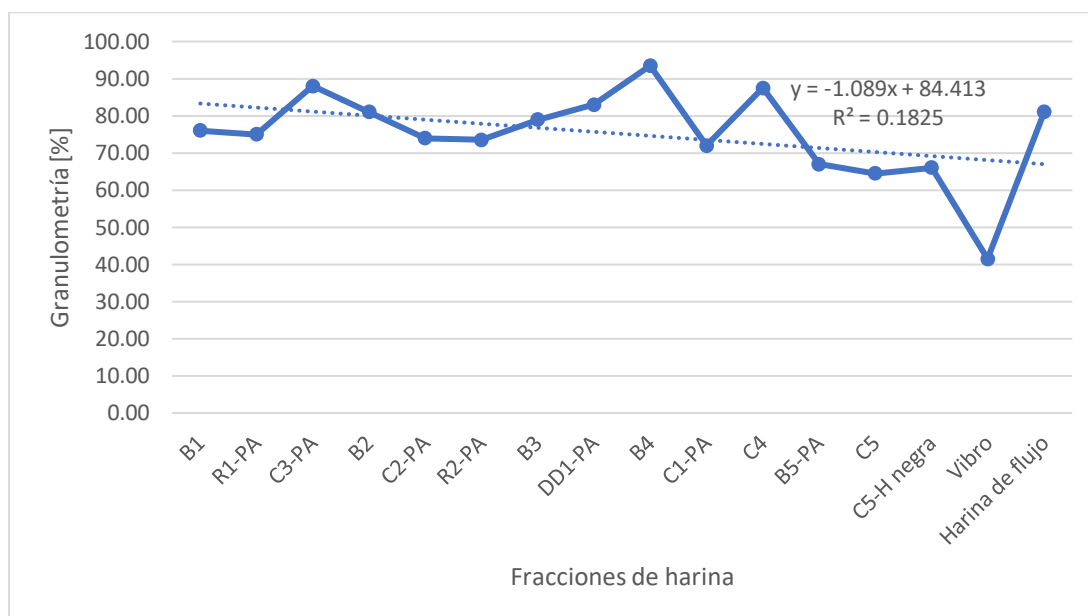


Figura 5. Porcentaje de granulometría bajo malla #10 de las fracciones de harina.

3.1.1.3. Cenizas

El principal objetivo de la industria de molinería radica en la obtención del mayor rendimiento de la materia prima y del proceso como tal, sin embargo, los diferentes procesos que conllevan la producción de harina, generan diferentes composiciones en las fracciones de cada molino, por lo que el producto final obtiene cualidades específicas. El mayor reto de la industria se focaliza en la obtención de un mayor rendimiento con el mínimo porcentaje de cenizas que generalmente es de 72 a 75% (Alimenti & Maldonado, 2020).

Tabla 4. Resultados experimentales del porcentaje de cenizas de las fracciones de harina

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	0,54	0,54	0,54	0,0000
R1-PA	0,35	0,35	0,35	0,0000
C3-PA	0,92	0,92	0,92	0,0000
B2	0,47	0,47	0,47	0,0000

C2-PA	0,46	0,46	0,46	0,0003
R2-PA	0,29	0,29	0,29	0,0000
B3	0,47	0,47	0,47	0,0002
DD1-PA	0,30	0,30	0,30	0,0001
B4	1,77	1,76	1,77	0,0006
C1-PA	0,12	0,12	0,12	0,0000
C4	2,39	2,39	2,39	0,0000
B5-PA	2,65	2,64	2,65	0,0010
C5	2,89	2,89	2,89	0,0010
C5-H negra	2,48	2,48	2,48	0,0000
Vibro	0,70	0,70	0,70	0,0002
Harina de flujo	0,76	0,76	0,76	0,0003

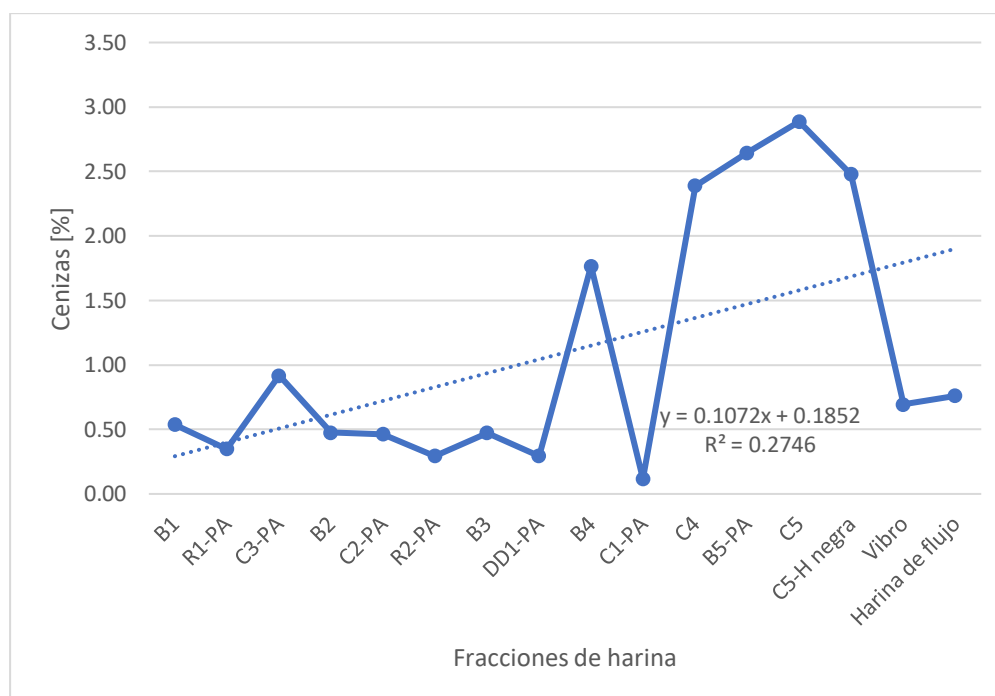


Figura 6. Porcentaje de cenizas de las fracciones de harina.

Los resultados experimentales obtenidos del porcentaje de cenizas reportados en la Tabla 4 y Figura 6, muestra que el contenido de cenizas se encuentra en un rango entre 0,12 – 2,89% por lo cual la variación en los resultados se le otorga al sistema al que pertenece cada fracción de harina, es decir, el mayor porcentaje de cenizas se localiza en los últimos pasajes de trituración B4 y B5-PA; también en la fase de compresión (C4 y C5) y en una corriente auxiliar C5-H negra donde se tamiza de mejor manera el producto. **Moreno et al. (2020)** menciona que el incremento en el porcentaje de ceniza se asocia a la contaminación de la harina con partículas ajenas al endospermo y la

presencia de un porcentaje de la capa de aleurona; ambos factores afectan la calidad panadera de la harina.

Por otro lado, **Brütsch et al. (2017)** afirma que el grado de extracción de la harina también define el porcentaje de cenizas, en otras palabras, a mayor grado de extracción incrementa la cantidad de endospermo periférico, aleurona y salvado, como resultado el porcentaje de cenizas es mayor. En contraste, **Moreno et al. (2020)** en su estudio alude que el proceso de molienda es progresivo por lo que, incrementa el nivel de extracción de la harina, sin embargo, la calidad panadera es menor. Por tanto, un menor grado de extracción permite extraer en gran magnitud los componentes internos del endospermo otorgando a esta harina una mayor calidad panadera y con menor contaminación de cenizas; como es el caso de las corrientes de la fase de reducción (R1-PA y R2-PA), la primera corriente de compresión C1-PA con 0,12% y la corriente auxiliar DD1-PA.

3.1.1.4. Almidón Dañado

A lo largo del proceso de molienda, las moléculas de almidón del grano de trigo pueden ser laceradas debido a la fuerza con la que se realizó la molienda y el grado de dureza del grano (**Delcour & Hosney, 2010**). De acuerdo con **Barrera et al. (2012)** el almidón dañado afecta sustancialmente las propiedades tecnológicas de la harina, principalmente altera la capacidad de hidratación, es decir, el almidón dañado absorbe el 100% de su peso en agua, el triple de lo que absorbería el gránulo de almidón sano y se considera como un efecto negativo en la calidad industrial de la harina de trigo.

Tabla 5. Resultados experimentales del porcentaje de almidón dañado de las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	3,89	3,87	3,88	0,0141
R1-PA	9,02	9,02	9,02	0,0000
C3-PA	9,09	9,09	9,09	0,0000
B2	4,65	4,86	4,76	0,1485
C2-PA	6,80	6,86	6,83	0,0424
R2-PA	7,28	7,36	7,32	0,0566
B3	5,84	5,89	5,87	0,0354
DD1-PA	4,44	4,35	4,40	0,0636
B4	7,81	7,62	7,72	0,1344
C1-PA	6,21	6,29	6,25	0,0566

C4	9,77	9,81	9,79	0,0283
B5-PA	9,37	9,37	9,37	0,0000
C5	9,94	10,01	9,98	0,0495
C5-H negra	9,10	9,32	9,21	0,1556
Vibro	8,96	8,89	8,93	0,0495
Harina de flujo	7,38	7,41	7,40	0,0212

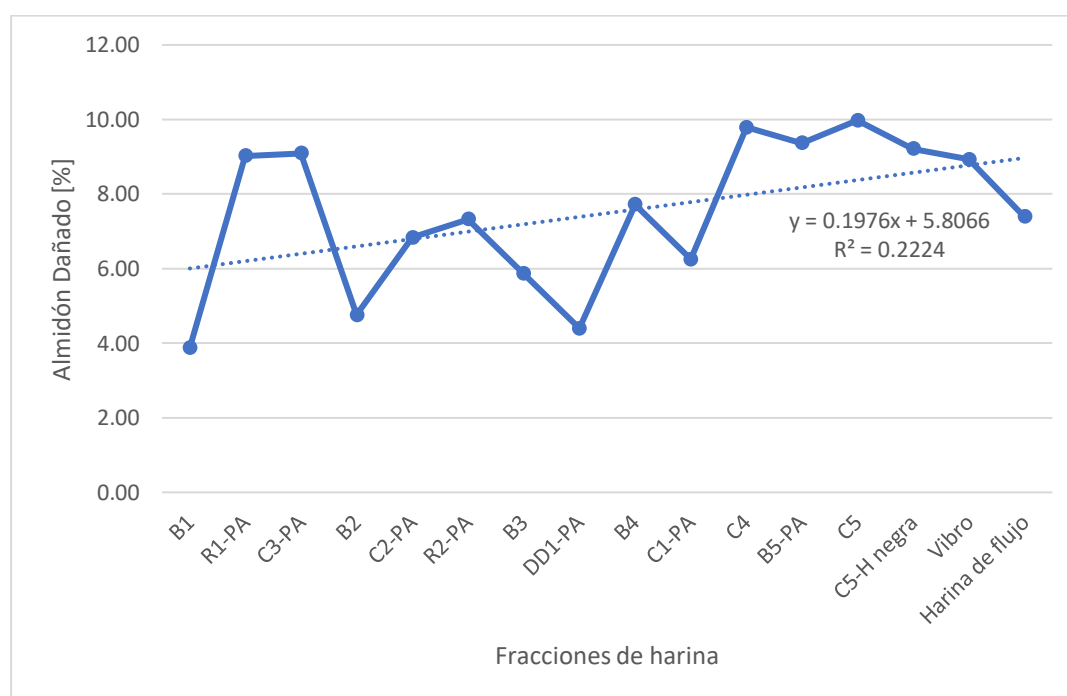


Figura 7. Porcentaje de almidón dañado de las fracciones de harina.

El contenido de almidón dañado en las corrientes de harina mostró valores de 3,88% y 9,98%. Como se evidencia en la Tabla 5 y Figura 7, las fracciones de compresión C3-PA, C4, C5; el pasaje R1-PA de reducción, la muestra de trituración B5-PA y el pasaje auxiliar C5-H negra, presentan un elevado porcentaje de almidón dañado. **Barrera et al. (2012)** explica que el endospermo que resulta de la primera fase de rotura del grano, al pasar a las fases de reducción y compresión demanda un gasto energético elevado por lo que lesiona en gran medida a los gránulos de almidón. Sin embargo, **Brütsch et al. (2017)** manifiesta que la rotura de los granos de trigo se realiza bajo rodillos estriados que ejercen menor presión sobre el endospermo que los rodillos de compresión lisa, no obstante, en los pasajes de reducción el espacio disminuye notablemente por lo cual, la presión que ejerce el rodillo se incrementa generando así un mayor porcentaje de daño en el almidón (**Pojić et al., 2014**).

La fracción de harina obtenida del pasaje Vibro también presenta un elevado grado de almidón dañado (8,98%), que por ser de carácter auxiliar para incrementar el rendimiento molinero, recolecta todos los gránulos de harina provenientes del entorno del sistema neumático de transporte principalmente de los molinos que generan mayor cantidad de partículas extra finas como son los de compresión y reducción, obteniendo el valor elevado.

3.1.1.5. Acidez titulable

El grano de trigo se caracteriza porque su fuente de lípidos se localiza en el germen, pero tras pasar por el molturado, la presencia es escasa en la harina. La acidez titulable en la harina de trigo se expresa como ácido sulfúrico debido a que es el ácido que se genera por la acción de los microorganismos y el enranciamiento de lípidos en el envejecimiento de la harina, principalmente para normalizar resultados.

Tabla 6. Resultados experimentales del porcentaje de acidez en las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	0,0942	0,0942	0,0942	0,0000
R1-PA	0,0459	0,0459	0,0459	0,0000
C3-PA	0,1691	0,1691	0,1691	0,0000
B2	0,0703	0,0703	0,0703	0,0000
C2-PA	0,0687	0,0687	0,0687	0,0000
R2-PA	0,0695	0,0695	0,0695	0,0000
B3	0,1048	0,1048	0,1048	0,0000
DD1-PA	0,0934	0,0934	0,0934	0,0000
B4	0,2066	0,2066	0,2066	0,0000
C1-PA	0,0808	0,0808	0,0808	0,0000
C4	0,3163	0,3163	0,3163	0,0000
B5-PA	0,3413	0,3413	0,3413	0,0000
C5	0,4236	0,4236	0,4236	0,0000
C5-H negra	0,3799	0,3799	0,3799	0,0000
Vibro	0,1368	0,1368	0,1368	0,0000
Harina de flujo	0,1152	0,1152	0,1152	0,0000

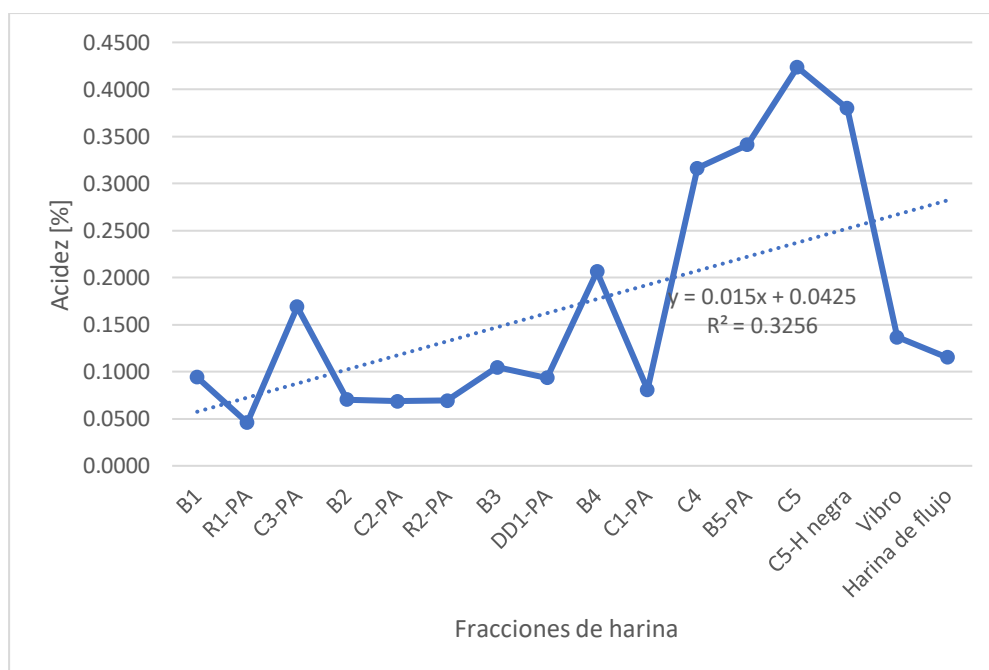


Figura 8. Porcentaje de acidez titulable de las fracciones de harina.

La normativa **NTE INEN 616 (2015)** plantea que el porcentaje de acidez titulable de la harina expresado como ácido sulfúrico no debe sobrepasar el 0,2%. Sin embargo, los pasajes B4, C4, B5-PA, C5 y C5-H negra presentaron valores superiores a los establecidos en la normativa; representados en la Tabla 6 y Figura 8. **Romero et al. (2011)** afirma que el germen de trigo es rico en ácidos grasos no saturados por lo que no se suele incluir en la harina, pero que se encuentran en las fracciones de harina que purifican las capas externas del grano como es el caso de los últimos pasajes de trituración y compresión por lo que arroja valores elevados de acidez titulable.

Los pasajes que presentaron un porcentaje inferior a 0,1% de acidez corresponde a B1, B2, C1-PA, C2-PA, R1-PA, R2-PA y DD1-PA que corresponden a los primeros pasajes de molinos de trituración, compresión y reducción del grano de trigo, por tal motivo tratan directamente el endospermo y posee bajos niveles de contaminación con las capas externas del grano incluido el germen. **Meriles et al. (2018)** afirma que el germen de trigo es de gran potencial para la dieta humana, sin embargo, implica un riesgo en la vida útil para la harina ya que conforma la parte lipídica del grano y posee ciertas enzimas endógenas que se deben desactivar para incrementar la vida útil.

3.1.1.6. Gluten húmedo

En el grano de trigo, la distribución de los componentes nutricionales no es homogénea por lo que, se adquiere diferentes partes morfológicas del grano a través de los pasajes

de molienda dando como resultado una diferencia significativa de las propiedades fisicoquímicas de la harina (Brütsch et al., 2017).

Tabla 7. Resultados experimentales del porcentaje de gluten húmedo en las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	27,70	27,81	27,76	0,0778
R1-PA	24,60	24,58	24,59	0,0141
C3-PA	27,62	27,58	27,60	0,0283
B2	35,40	35,32	35,36	0,0566
C2-PA	23,67	23,71	23,69	0,0283
R2-PA	30,09	30,02	30,06	0,0495
B3	40,55	40,46	40,51	0,0636
DD1-PA	31,78	31,65	31,72	0,0919
B4	41,45	41,28	41,37	0,1202
C1-PA	23,92	24,01	23,97	0,0636
C4	26,00	26,20	26,10	0,1414
B5-PA	26,81	26,91	26,86	0,0707
C5	0,87	0,80	0,84	0,0495
C5-H negra	10,59	10,64	10,62	0,0354
Vibro	28,20	28,15	28,18	0,0354
Harina de flujo	30,41	30,35	30,38	0,0424

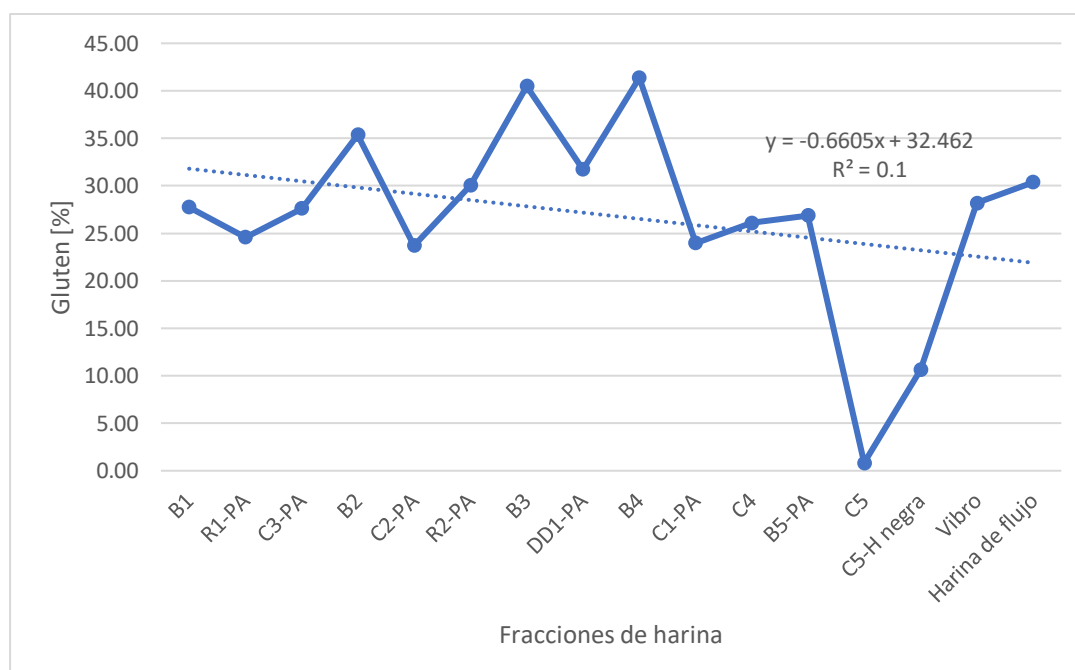


Figura 9. Porcentaje de gluten húmedo de las fracciones de harina.

En la Tabla 7 y Figura 9, se observan los resultados obtenidos correspondientes al gluten húmedo de cada uno de los pasajes, los mismos que se mantienen en un rango aproximado de 0,84% y 41,51%. Esto indica que, las corrientes de harina que proveen la mayor cantidad de gluten en la harina comercial y que corresponden a la primera etapa de molturación, es decir, B2, B3 y B4 con un porcentaje superior al 35%, sin embargo, los pasajes restantes también cuentan con excelentes niveles de gluten en su composición. **Brütsch et al. (2017)** menciona que con la molienda progresiva el gluten incrementa principalmente en los pasajes de trituración y clasificación mientras disminuye el contenido de cenizas, ya que ambos parámetros están relacionados entre sí. El contenido de gluten se define como un importante parámetro de calidad de la proteína e indica la capacidad de la masa para aumentar su volumen durante la fermentación.

Por otro lado, las corrientes C5 y C5-H negra presentaron el menor porcentaje de gluten con 0,84% y 10,62% respectivamente, dado que, el salvado y la capa de aleurona son ricos en proteína, pero no en gluten, su incorporación en la harina incrementa el contenido proteico más no el gluten húmedo. Por tal motivo, los gránulos de germen y salvado pueden interferir en la formación de la red de gluten, llevando consigo su debilitamiento y, dificultando su determinación. No obstante, en el endospermo predominan las proteínas de origen formador de gluten, por lo cual, se concluye que las diferencias en el contenido de gluten húmedo se relaciona con el contenido de proteína y la cantidad de salvado y germen que adquiriera en el proceso de molienda (**Brütsch et al., 2017; Pojić et al., 2014**).

3.1.1.7. Falling number

Mediante el test de índice de caída se logra determinar la actividad de la enzima α -amilasa en la harina, es decir, permite detectar el daño ocasionado por pregerminación en el grano de trigo. En contexto, la actividad de la α -amilasa está ligada a la calidad del pan, donde, una elevada actividad enzimática proporcionará bajos índices de caída ocasionada por la degradación inmediata del almidón y por ende genera problemas en la calidad panadera (**Gil & Serra, 2010**).

Tabla 8. Resultados experimentales de *Falling number* de las fracciones de harina.

Pasajes	R1	R2	Promedio	Desviación estándar
B1	282	299	290,50	12,0208

R1-PA	360	340	350,00	14,1421
C3-PA	276	278	277,00	1,4142
B2	336	347	341,50	7,7782
C2-PA	331	328	329,50	2,1213
R2-PA	339	331	335,00	5,6569
B3	318	328	323,00	7,0711
DD1-PA	353	341	347,00	8,4853
B4	283	281	282,00	1,4142
C1-PA	369	361	365,00	5,6569
C4	241	246	243,50	3,5355
B5-PA	ND	ND	ND	ND
C5	205	200	202,50	3,5355
C5-H negra	ND	ND	ND	ND
Vibro	245	249	247,00	2,8284
Harina de flujo	281	284	282,50	2,1213

ND: No determinable

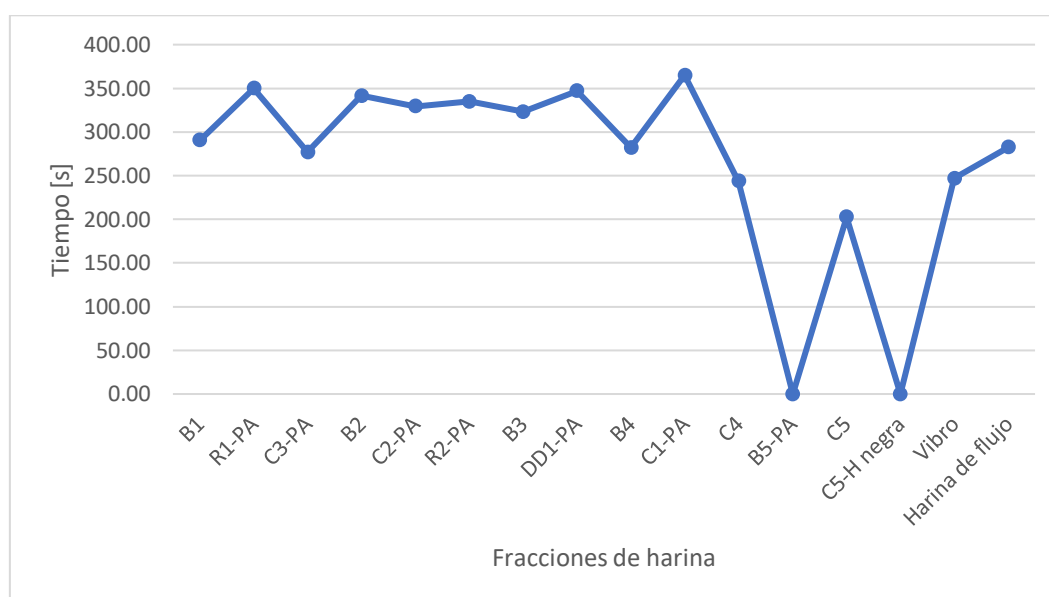


Figura 10. *Falling Number* de las fracciones de harina.

Los valores experimentales de Falling number obtenidos se ubican entre 202 y 350 segundos. **Quiroga (2019)** propone que este parámetro es determinante en la calidad final de la harina de trigo, se considera como harina de óptimo comportamiento para panificación y derivados cuando obtienen valores superiores a 250 segundos e inferiores a 400 segundos.

Los pasajes C4, C5 y Vibro no alcanzaron el valor establecido. De acuerdo a **Mühlenchemie (2022)** un falling number menor a 250 segundos se asocia a un alto nivel de α -amilasa en el grano de trigo, en consecuencia, indica el daño en el grano por germinación, actuando la enzima α -amilasa sobre las cadenas de almidón generando dextrinas y en consecuencia, productos panarios pobres en textura, miga pegajosa y difíciles de procesar. **Suárez (2018)** menciona que la α -amilasa se encuentra en el germen y en las capas externas del grano de trigo en cantidades pobres en la harina de trigo comercial. Por otro lado, las harinas que poseen valores altos de falling number presentan menor vida útil del pan, debido a que provoca panes secos, apelmazados y con una miga de mayor densidad (**Perten Instruments, 2017**).

Los pasajes B5-PA y C5-H negra no fueron viables de determinar debido a que el principio del test de Falling number se fundamenta en la determinación de la actividad de la α -amilasa en harinas con contenido de almidón. Por consiguiente, en ambas muestras se infiere que no poseían el contenido requerido de almidón para el test, dando como resultado muestras líquidas de rápido descenso, nula cohesión de las moléculas de almidón y viscosidad.

3.1.2. Caracterización reológica

3.1.2.1. Análisis Mixolab

Los resultados experimentales de las harinas analizadas a través del Mixolab se reportan en la tabla 9, donde se observan datos de porcentaje de hidratación, estabilidad, tiempo de desarrollo de la masa; además de los parámetros C1, CS, C2, C3, C4, C5 en unidades de torque (Nm) y las pendientes α , β y γ .

Tabla 9. Resultados reológicos de las fracciones de harina obtenidas del Mixolab.

Pasajes	Humedad [%]	Absorción de agua [%]	Tiempo de desarrollo [min]	Estabilidad [min]	C1 [Nm]	CS [Nm]	C2 [Nm]	C3 [Nm]	C4 [Nm]	C5 [Nm]	α [Nm/min]	β [Nm/min]	γ [Nm/min]
B1	15,90	56,0	9,78	10,65	1,110	1,078	0,529	1,922	1,822	2,455	-0,101	0,558	-0,021
R1-PA	13,70	68,7	8,98	10,35	1,125	1,111	0,562	1,741	1,59	2,133	-0,092	0,425	-0,031
C3-PA	12,20	71,4	8,22	10,15	1,141	1,133	0,595	1,557	1,307	1,829	-0,105	0,271	-0,025
B2	15,51	56,4	6,61	9,40	1,107	1,055	0,532	1,359	1,037	1,440	-0,096	0,229	-0,027
C2-PA	13,50	63,7	5,09	8,45	1,068	0,974	0,458	1,146	0,737	1,024	-0,086	0,200	-0,045
R2-PA	14,55	62,3	7,14	9,45	1,110	1,042	0,508	1,503	1,262	1,778	-0,101	0,331	-0,016
B3	15,00	59,8	9,38	10,75	1,156	1,125	0,571	1,874	1,815	2,566	-0,110	0,259	-0,008
DD1-PA	15,20	55,9	8,85	10,40	1,109	1,095	0,538	1,741	1,563	2,206	-0,107	0,191	-0,034
B4	13,76	67,7	7,69	9,90	1,066	1,057	0,504	1,615	1,312	1,833	-0,098	0,329	-0,053
C1-PA	14,30	60,5	8,00	10,05	1,107	1,087	0,523	1,644	1,371	1,905	-0,094	0,335	-0,042
C4	12,39	77,3	8,53	10,30	1,145	1,125	0,54	1,665	1,425	1,987	-0,097	0,340	-0,022
B5-PA	13,00	74,2	7,26	10,50	1,144	1,128	0,563	1,655	1,463	2,047	-0,074	0,381	-0,009
C5	11,20	77,9	7,00	10,70	1,131	1,115	0,578	1,646	1,514	2,141	-0,048	0,421	0,001
C5-H negra	11,41	79,6	8,22	11,00	1,132	1,114	0,574	1,790	1,707	2,431	-0,098	0,475	-0,001
Vibro	13,20	65,0	9,37	11,15	1,147	1,117	0,576	2,043	1,995	2,698	-0,136	0,270	-0,016
Harina de flujo	14,10	61,0	8,20	8,80	1,136	1,088	0,509	1,670	1,503	2,016	-0,107	0,168	-0,035

Fase 1. Comportamiento de la mezcla - C1 a 30°C

La primera fase de la curva mixográfica determina el punto máximo en el que la masa alcanza la consistencia (C1) y se evidencia en la figura 14, además de que es un indicador de la absorción de agua, tiempo de desarrollo y estabilidad de la masa.

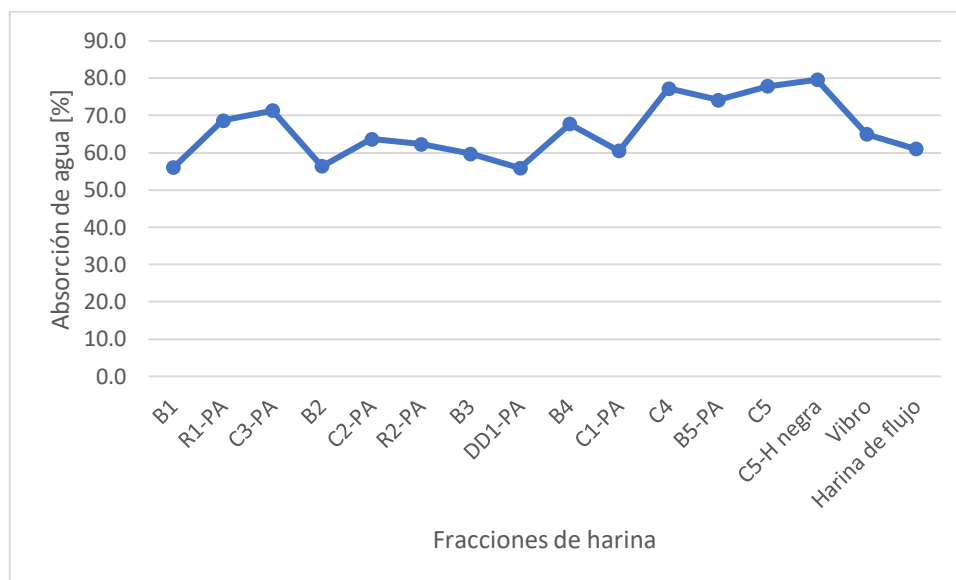


Figura 11. Porcentaje de absorción de agua de las fracciones de harina.

En cuanto al porcentaje de absorción de agua de las fracciones de harina; como se muestra en la figura 11, los pasajes C3-PA, C4, B5-PA, C5 y C5-H negra presentaron valores superiores al 70% de absorción. **Banu et al. (2010)** menciona que la elevada capacidad de absorción de agua de las corrientes de compresión y la última fracción de trituración se debe principalmente al alto contenido de proteínas y a la presencia de la mayor cantidad de salvado en las corrientes finales del proceso de molienda, además influencia el contenido del alto contenido almidón dañado en estas corrientes (ver Tabla 5) que también incrementa la absorción de agua.

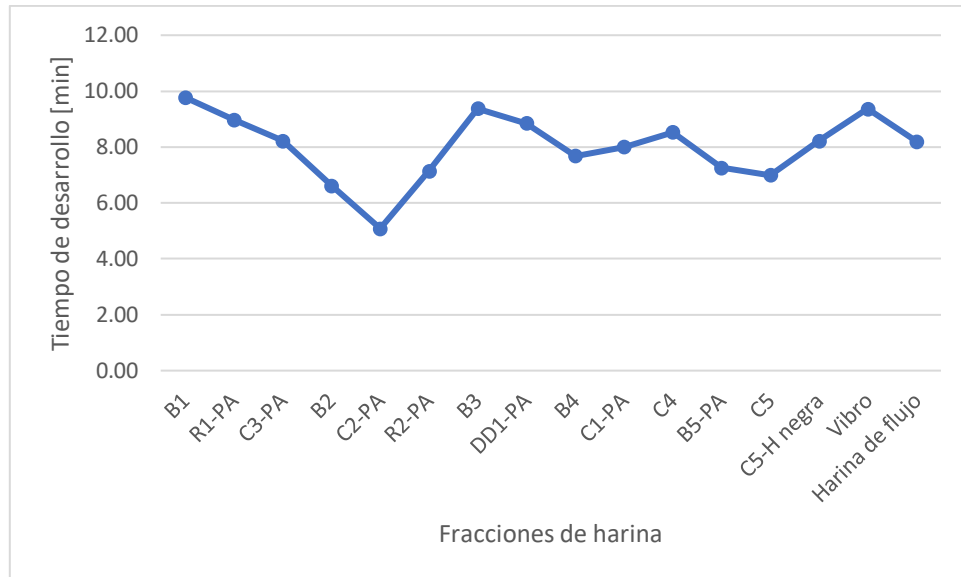


Figura 12. Tiempo de desarrollo de las fracciones de harina.

Por otro lado, las últimas fracciones de trituración (B4 y B5-PA), compresión (C3-PA, C4, C5-PA y C5-H negra), auxiliares (Vibro) y la harina de flujo; presentaron valores reducidos de tiempo de desarrollo medido a través del tiempo requerido para alcanzar C1 (ver Figura 12). **Mixolab applications handbook (2012)** afirma que el tiempo de desarrollo de la masa está ligado a la fuerza de la harina, es decir, cuanta más fuerza presente la harina, mayor será el tiempo de desarrollo. Sin embargo, **Banu et al. (2010)** propone en su investigación que el tiempo de desarrollo de la masa también se relaciona con la granulometría, es decir, las fracciones de harina que tenían granulometría inferior a 125 μm adquirieron un tiempo de desarrollo menor, como es el caso de los últimos molinos de compresión (C5 y C5-H negra), el último molino de trituración (B5-PA) y la fracción auxiliar (Vibro) que obtuvieron un porcentaje menor a 132 μm de granulometría.

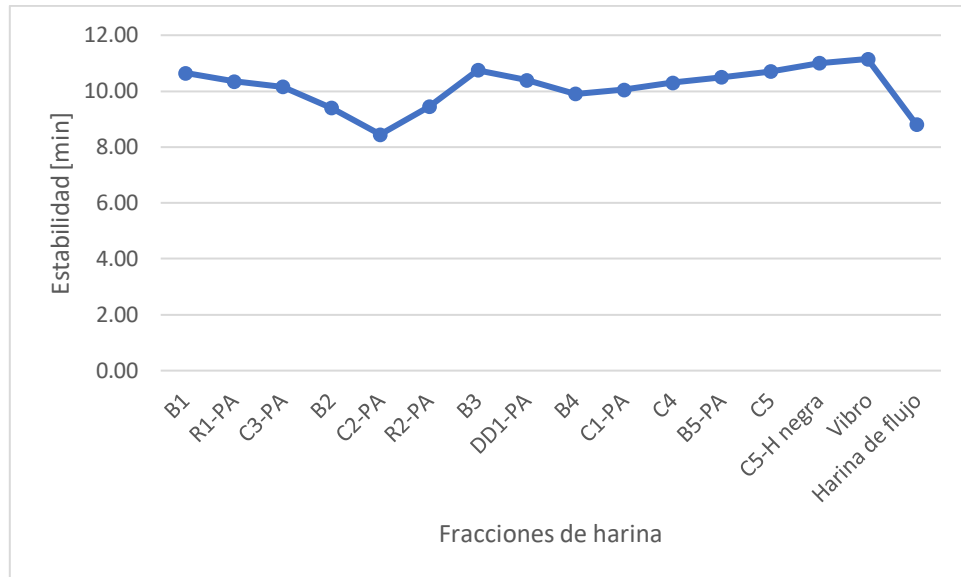


Figura 13. Estabilidad de las fracciones de harina.

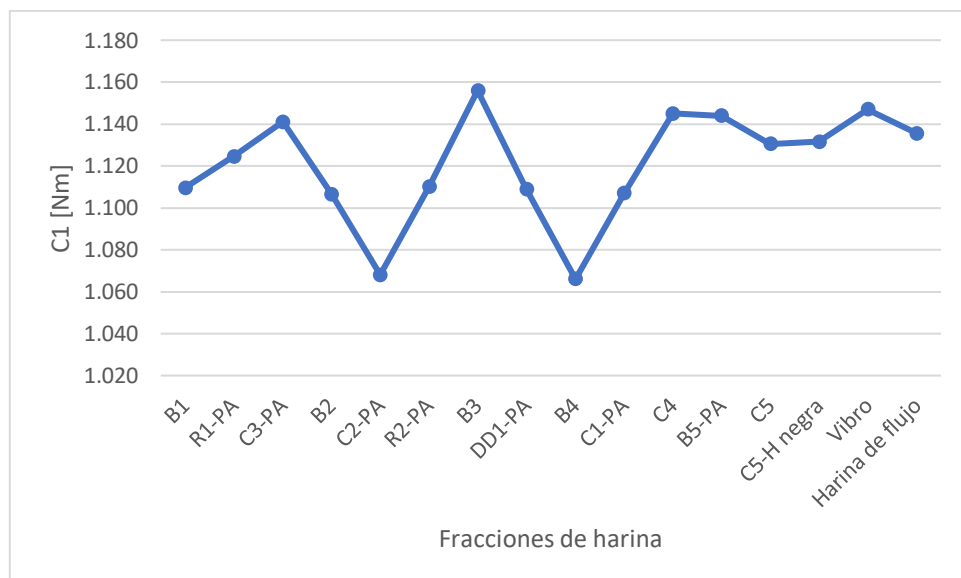


Figura 14. Parámetro C1 de las fracciones de harina.

La estabilidad de la masa durante el proceso de amasado hace alusión a la cantidad de proteínas insolubles como gliadinas y gluteninas que experimentan el debilitamiento en consecuencia al efecto mecánico de las paletas mezcladoras (**Beasoain, 2019**). Se observó en la figura 13, un descenso de la estabilidad con la molienda progresiva en los últimos pasajes de trituración (B4 y B5-PA) y compresión (C4, C5 y C5-H negra) con valores entre 2,90 y 6,50 minutos. **Brütsch et al. (2017)** señala que la disminución de la estabilidad se asocia al impacto mecánico que vence la resistencia interna de las proteínas

insolubles, lo que genera la ruptura de los enlaces disulfuro y por ende el ablandamiento de la masa. Por consiguiente, el descenso de la estabilidad ocurre por la baja calidad del gluten, mientras que los demás pasajes sobrepasan los 8 minutos mínimos para harinas de gluten fuerte.

Fase 2. Calidad del gluten – C1 y C2 entre 30°C y 50°C

Durante esta fase, la temperatura comienza a incrementar llevando consigo la caída de la consistencia de la masa por el debilitamiento de las proteínas, es decir, la ruptura de la red de gluten creada en la fase 1 por el amasado. Por este motivo, se ocasiona la disminución del torque definido en C2 como se observa en la figura 15 (**Chopin Technologies, 2012**).

Los últimos pasajes de trituración (B5-PA) y compresión (C4, C5 y C5-H negra) obtuvieron valores menores de par entre 0,297 y 0,426 Nm, sin embargo, presentaron valores elevados de pendiente α (ver figura 16). Según **Banu et al. (2010)** el endospermo periférico contiene una baja calidad proteica debido a una mayor actividad proteolítica que se representa con precisión en la curva de Mixolab por la pendiente α . No obstante, **Beasoain (2019)** afirma que cuanto mayor es el resultado de C2, mayor es la resistencia de las proteínas al debilitamiento, mientras que cuanto menor es la pendiente α , mayor es la velocidad de caída de la consistencia. Por tal motivo, los pasajes de menor C2 presentaron mayor debilitamiento de las proteínas y velocidad de caída de la consistencia, respectivamente; concluyendo que la calidad de las proteínas es baja en las mencionadas fracciones de harina.

Moza & Gujral (2018) manifiesta que las fracciones que experimentan menor grado de debilitamiento de las proteínas se atribuye a la fibra que forma parte del salvado, mismo que causa la obstrucción del rompimiento de las superestructuras de las proteínas y retrasa el debilitamiento de estas, que concuerda con el porcentaje elevado de cenizas en los pasajes B5, C4, C5 y C5-H negra plasmados en la Tabla 4.

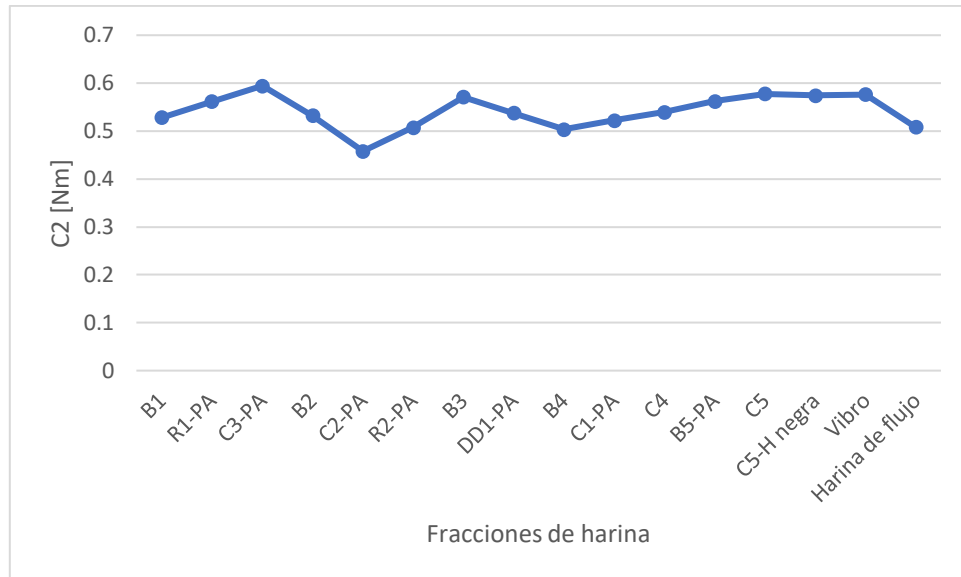


Figura 15. Parámetro C2 de las fracciones de harina.

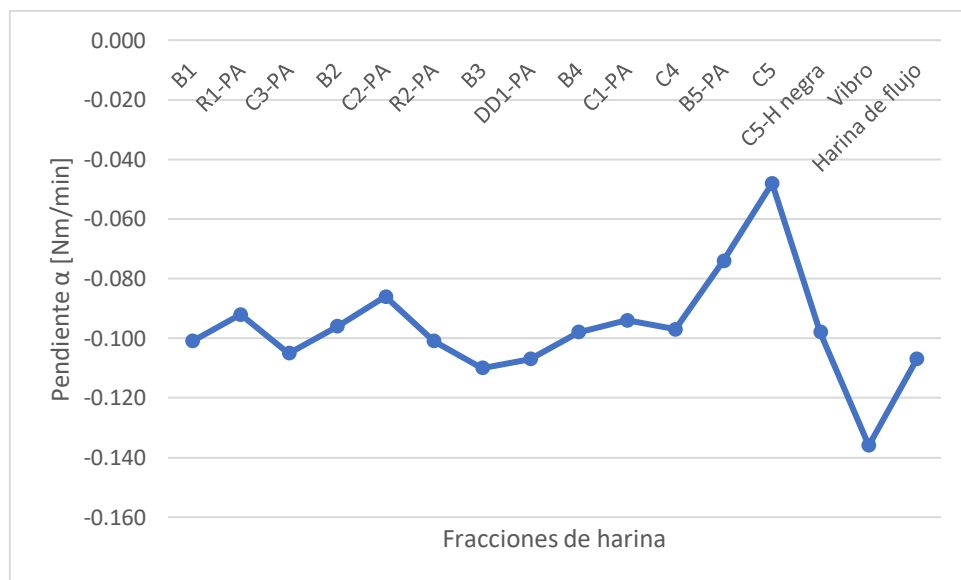


Figura 16. Datos obtenidos de pendiente α de las fracciones de harina.

Fase 3. Gelatinización del almidón – C2 y C3 entre 55°C y 60°C

Tan pronto como sigue incrementando la temperatura, se produce un cambio en la consistencia de la masa por efecto de los gránulos de almidón, debido a que absorben el agua libre y genera el aumento del torque (**Beasoain, 2019**).

En este aspecto, la mayoría de fracciones de harina presentaron un valor alto de C3 y de la pendiente β representados en la Figura 17 y 18. La masa fue más viscosa y con mayor velocidad de gelatinización. Sin embargo, los pasajes B5-

PA, C4, C5 y C5-H negra correspondientes a la última fase de trituración y compresión, respectivamente; adquirieron valores de torque inferiores a 0,961 Nm y de pendiente β ($< 0,180$ Nm/min). **Chopin Technologies (2012)** señala que la gelatinización del almidón se relaciona con la actividad amilásica, por lo que, **Banu et al. (2010)** afirma que las corrientes de harina que presentan valores altos de velocidad de gelatinización se caracterizan por tener una baja actividad enzimática, puesto que corresponden a la harina del endospermo central, no obstante, los pasajes B5-PA, C4, C5 y C5-H negra son una excepción puesto que contienen partes externas del grano de trigo, por lo cual, adquieren menor velocidad de gelatinización debido a la alta actividad enzimática que se corrobora con los resultados experimentales de *Falling Number* reportado en la Tabla 8.

Además, **Rosell et al. (2010)** menciona que la fibra implica la desestabilización del gluten que afecta directamente a la matriz almidón-gluten y perturba a la consistencia de la masa, sin embargo, **Khalid et al. (2017)** afirma en su estudio que la fibra insoluble ocasionaría la gelatinización prematura del almidón debido al elevado porcentaje de absorción de agua por parte de las corrientes que lo contienen, alterando la masa y generando la menor velocidad de gelatinización.

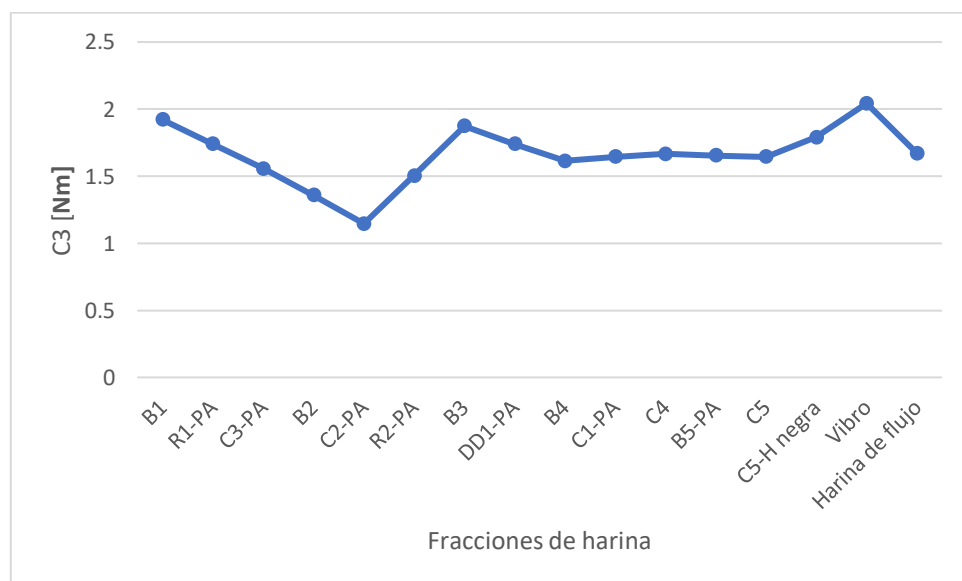


Figura 17. Parámetro C3 de las fracciones de harina.

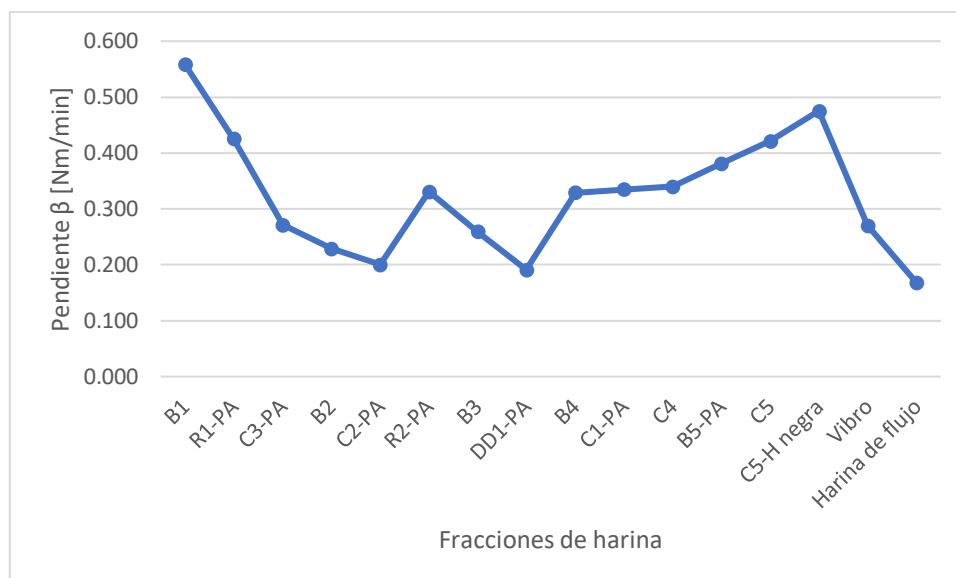


Figura 18. Datos obtenidos de pendiente β de las fracciones de harina.

Fase 4. Actividad amilásica – C3 y C4 a 90°C

Beasoain (2019) menciona que por el efecto mecánico de las paletas amasadoras y la temperatura inducen a la ruptura de los gránulos de almidón, dando paso al descenso de la consistencia de la masa. Este fenómeno depende del grado de almidón dañado y la cantidad de amilasas en la muestra ya que, cuando la amilasa alcanza su actividad máxima produce la hidrólisis del almidón.

Los pasajes que presentaron una reducida actividad α -amilásica mostraron valores elevados de la pendiente γ (ver Figura 19 y 20), como es el caso de las últimas fracciones de trituración (B5-PA) y compresión (C4, C5 y C5-H negra). **Banu et al. (2010)** en su estudio explica que las fracciones de la zona periférica del grano de trigo generalmente tiene valores reducidos de la pendiente γ ; mientras tanto, **Suárez (2018)** señala que la mayor cantidad de α -amilasa se ubica en las partes externas del grano de trigo, principalmente en el salvado y el germen. Es por ello, que las fracciones de harina mencionadas contienen un elevado porcentaje de cenizas y por ende mayor actividad amilásica responsable de la licuefacción del almidón (ver Tabla 4 y 8).

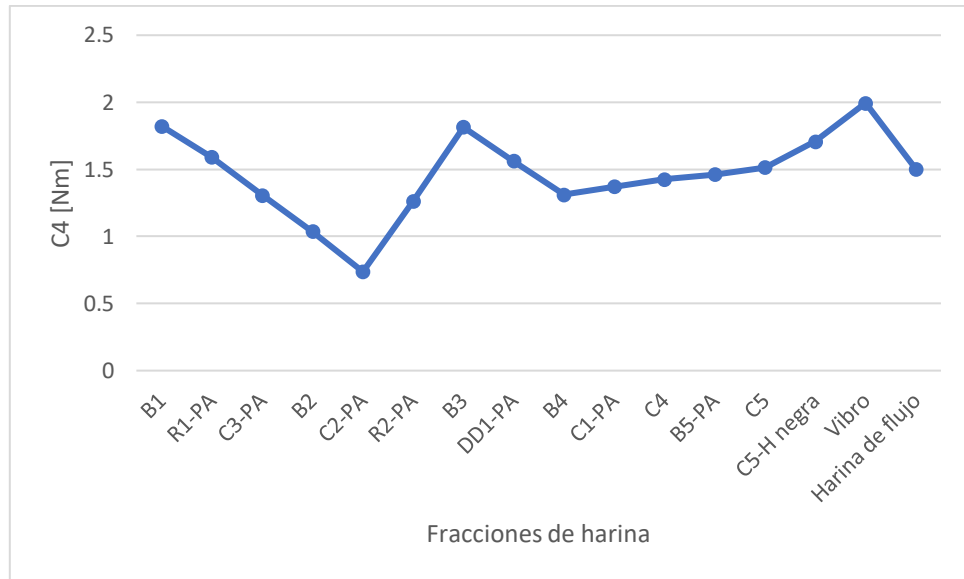


Figura 19. Parámetro C4 de las fracciones de harina.

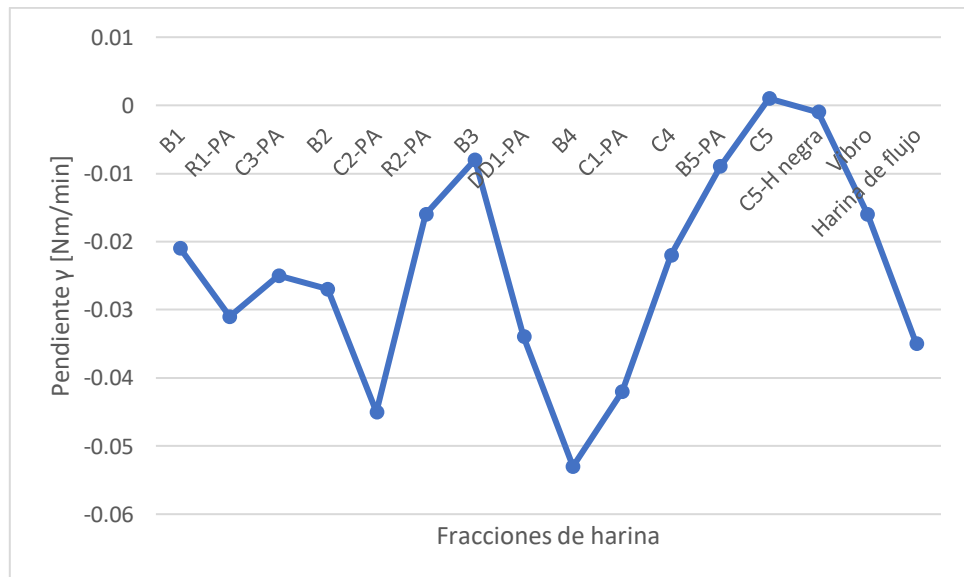


Figura 20. Datos obtenidos de pendiente γ de las fracciones de harina.

Fase 5. Retrogradación del almidón – C4 y C5 entre 90°C y 50°C

Durante esta etapa comienza el descenso de la temperatura en la cubeta a 50°C ocasionando el aumento de la consistencia asociada a la retrogradación (Chopin Technologies, 2012). En este caso, las últimas fracciones de compresión correspondientes a C4, C5 y C5-H negra, arrojaron un torque menor a 0,756 Nm. Banu et al. (2010) menciona que las fracciones de la zona periférica del grano adquieren un valor menor de C5 debido a que impide la re-asociación de los gránulos de almidón en su estructura ordenada por lo que

incrementa la vida útil de los productos de panadería. **Bustos (2015)** menciona que la diferencia de torque entre el parámetro C4 y C5 debe ser mínima para que se dé como resultado una relación inversamente proporcional, es decir, a menor retrogradación del almidón mayor vida útil obtendrán los productos panaderos. No obstante, la retrogradación es influenciada por diversos factores como la fuente de almidón, la relación que exista entre la amilosa y amilopectina, y la longitud de la cadena (**Beasoain, 2019**), puesto que, la amilosa se recristaliza al enfriarse dando paso a la vitrificación del almidón y se encarga de textura de la miga del pan, de acuerdo a lo mencionado por **Rosell et al. (2010)**.

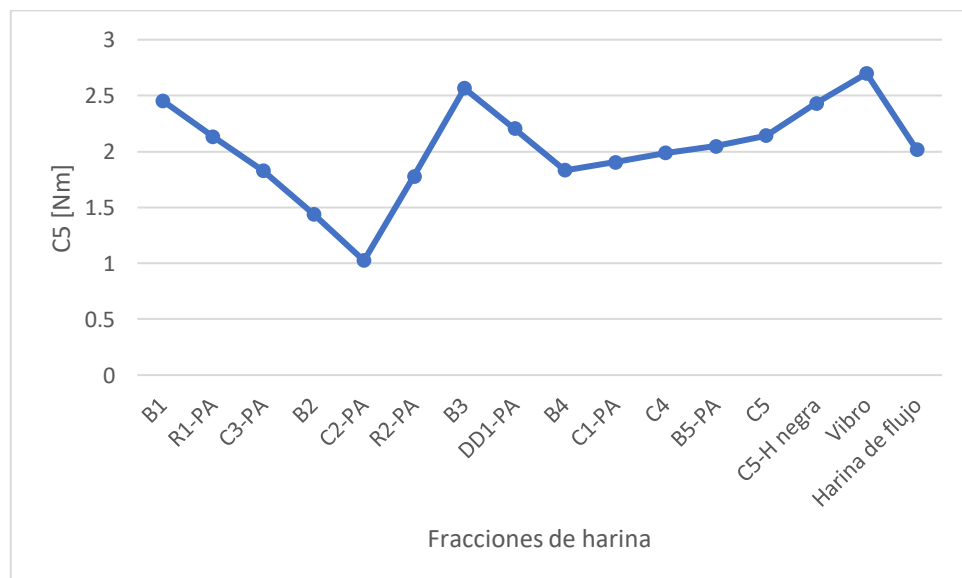


Figura 21. Parámetro C5 de las fracciones de harina.

3.1.3. Organizador de aptitud industrial

En base a los resultados experimentales obtenidos tanto de la caracterización fisicoquímica como reológica y los estudios reportados en el **Mixolab applications handbook (2012)**, se desarrolló el organizador de aptitud industrial de la harina proveniente de los pasajes de molienda.

Los parámetros tomados en cuenta fueron:

- Absorción de agua
- Tolerancia al amasado
- Calidad del gluten

- Viscosidad
- Actividad amilásica
- Retrogradación del almidón

Tabla 10. Aptitud industrial de los pasajes de harina.

Pasaje	Mixolab Profiler	Aptitud industrial
B1	<p>A radar chart with five axes: Absorción (top), amasado (right), Gluten + (bottom-right), viscosidad (bottom), and retrogradación (left). The chart has five concentric rings. A blue line connects the data points, showing moderate scores across all parameters, roughly between the 2nd and 3rd rings from the center.</p>	<p>Pizza Galletas</p>
R1-PA	<p>A radar chart with five axes: Absorción (top), amasado (right), Gluten + (bottom-right), viscosidad (bottom), and retrogradación (left). The chart has five concentric rings. A blue line shows high scores in Absorción and amasado (reaching the 4th ring), and lower scores in Gluten + and viscosidad (reaching the 2nd ring).</p>	<p>Pan de molde Dumpling</p>
C3-PA	<p>A radar chart with five axes: Absorción (top), amasado (right), Gluten + (bottom-right), viscosidad (bottom), and retrogradación (left). The chart has five concentric rings. A blue line shows very high scores in Absorción and amasado (reaching the 5th ring), and low scores in Gluten + and viscosidad (reaching the 1st ring).</p>	<p>Pan de molde Galletas</p>

B2



Pizza
Brioche
Baguette

C2-PA



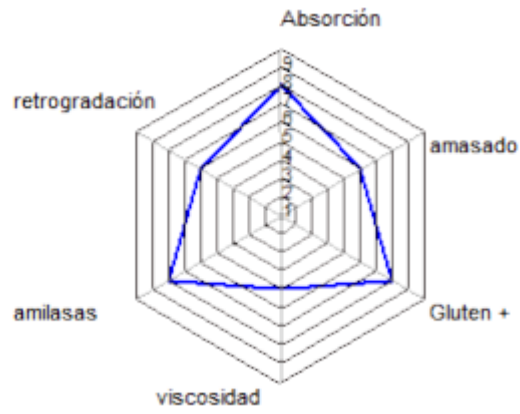
Dumpling
Pan de molde
Pastelería

R2-PA



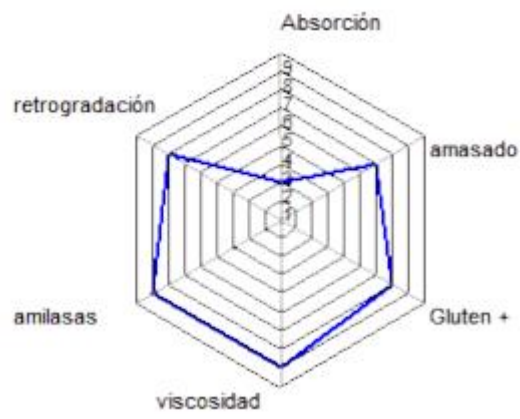
Dumpling
Pan de molde
Pastelería

B3



Dumpling
Pasta
Pan de molde

DD1-PA



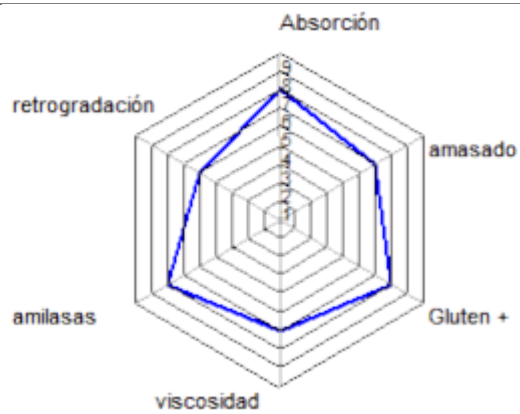
Galletas
Pizza

B4



Baguette
Galletas

C1-PA



Dumpling
Pan de molde

C4



Galletas
Pan de molde

B5-PA



Pan de molde
Galletas

C5



Galletas
Pan de molde

C5-H negra



Galletas
Pan de molde

Vibro



Pan de molde
Galletas
Pan al vapor

**Harina de
flujo**



Pan de molde
Galletas

Fuente: Mixolab applications handbook (2012).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó los pasajes de harina que obtuvieron mayor porcentaje de humedad correspondientes a los primeros molinos de la fase de trituración del grano, es decir, B1 y B2 con el 15,90 y 15,29% respectivamente, debido a que proceden del grano acondicionado, mientras que en los pasajes de compresión se disminuyó progresivamente el contenido de humedad por la evaporación del agua.
- En cuanto a la granulometría, se evaluó este parámetro a través de la malla #7 de las fracciones de harina que oscilo en un promedio entre 98 y 100%, sin embargo, el pasaje Vibro obtuvo el 69% dado que es harina reaprovechada por aspiración de las partículas de harina viable dispersas en el ambiente para un mayor rendimiento de la producción. No obstante, los resultados obtenidos de la malla #10 expresaron que el pasaje B4 obtuvo el mayor porcentaje correspondiente al 93,5% puesto que contiene mayor cantidad de partículas finas provenientes del endospermo central y no de las capas externas del grano, mientras que los pasajes C5 y C5-H negra adquirieron un menor porcentaje (<66%) dado que provienen de la compresión de las sémolas intermedias y sobre la malla queda retenido los gránulos de salvado fino.
- El contenido de cenizas de denotó en mayor proporción en los últimos pasajes de trituración y compresión correspondientes a B4, B5-PA, C4, C5-PA y C5-H negra con valores que oscilan entre 1,77 y 2,89% mismo que se asocia a la contaminación de la harina con partículas ajenas al endospermo y al mayor grado de extracción de harina en estos pasajes.
- Se evaluó el contenido de almidón dañado para lo cual los pasajes C3-PA, C4, C5, C5-H negra, R1-PA y B5-PA presentaron un mayor porcentaje de almidón dañado superior al 9% puesto que en las fases de compresión y reducción el gasto energético es elevado por lo que lesiona en gran medida los gránulos de almidón.
- La acidez titulable expresada como ácido sulfúrico en la harina de trigo, no debe sobrepasar el 0,2%, no obstante, los pasajes B4, C4, B5-PA, C5 y C5-H negra

presentaron valores superiores al establecido puesto que contienen las capas externas del grano de trigo, principalmente el germen que es la fuente de lípidos en la harina y que un valor elevado pone en riesgo la vida útil del producto final.

- Se determinó el contenido de gluten húmedo en los pasajes de harina siendo los mayores proveedores de gluten, los pasajes B2, B3 y B4 con valores superiores al 35% en relación a las demás fracciones de harina debido a que la distribución de los componentes nutricionales en el grano de trigo no es homogénea, por lo cual, cada fracción adquiere una parte morfológica del grano. Sin embargo, los pasajes C5 y C5-H negra proveen el menor porcentaje de gluten por la presencia mayoritaria de salvado y capa de aleurona que son fuentes de proteína soluble.
- En cuanto al índice de caída Falling number, los pasajes C4, C5 y Vibro presentaron mayor actividad amilásica que puede generar masas pegajosas y difíciles de procesar; por otro lado, los pasajes B5-PA y C5-H negra no fueron posibles de determinar por su contenido mínimo de gránulos de almidón sanos lo que dio como resultado muestras líquidas de rápido descenso y nula cohesión de las moléculas de almidón y viscosidad.
- La caracterización reológica con el equipo Mixolab, en la primera fase, los pasajes B5-PA, C3-PA, C4, C5 y C5-H negra presentaron valores superiores al 70% de absorción de agua por su alto contenido de proteínas y salvado además de que poseen un alto grado de almidón dañado. En cuanto al tiempo de desarrollo, los pasajes B4, B5-PA, C3-PA, C4, C5, C5-H negra, Vibro y la harina de flujo arrojaron valores reducidos de tiempo de desarrollo que se relaciona con la fuerza de la harina. Se observó el descenso de la estabilidad de las fracciones de molienda conforme pasaban las tres fases de molienda, por lo cual, los pasajes B4, B5-PA, C4, C5 y C5-H negra debido al impacto mecánico que excede la resistencia interna de las proteínas insolubles provocando la ruptura de los enlaces disulfuro, es decir, hace referencia a la baja calidad del gluten.

En la fase 2 se hace referencia a la calidad del gluten, los pasajes B5-PA, C4, C5 y C5-H negra obtuvieron valores menores de torque ($<0,426$ Nm) pero elevada pendiente α por lo cual se deduce que estas corrientes de harina arrojaron menor resistencia de las proteínas al debilitamiento y menor velocidad de caída de la consistencia de la masa. Por otro lado, para la fase 3 referente a

la gelatinización del almidón, los pasajes mencionados en la fase 2, presentaron valores menores de torque ($< 0,961$ Nm) y pendiente β ($< 0,180$ Nm/min) por lo cual las masas presentaron menor viscosidad y menor velocidad de gelatinización, dado que se relaciona con la actividad amilásica. Sin embargo, en la fase 4 de la actividad amilásica de igual forma, los pasajes mencionados arrojaron valores elevados de actividad amilásica y menor pendiente γ , puesto que contienen salvado y capa de aleurona, mismas que contienen en mayor proporción α -amilasa.

En cuanto a la fase 5 de retrogradación del almidón, los pasajes correspondientes a la compresión (C4, C5 y C5-H negra) reportaron valores de torque inferiores a 0,756 Nm debido a que contienen fracciones de la zona periférica del grano de trigo.

- Finalmente, se desarrolló el organizador de aptitud industrial en base al Mixolab Profiler de cada pasaje, resultando harinas de fuerza los pasajes B1, B2, B3, DD1-PA y C1-PA con aptitud para el desarrollo de masas para pizzas, pasta, galletas, brioche y pan de molde. Por otro lado, los pasajes B4, B5-PA, C2-PA, C3-PA, C4, C5, C5-H negra, Vibro, Harina de flujo, R1-PA y R2-PA tienen aptitud para la producción de galletas, baguette, pan de molde y pastelería en general.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable realizar pruebas prácticas que comprueben la aptitud industrial de las fracciones de harina y se culmine el estudio.
- En base a la información recopilada, se pueden desarrollar diferentes mezclas de harina que satisfagan las necesidades del mercado panadero, pastelero y de pastas para un mayor rendimiento de la producción y ganancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alimenti, L., & Maldonado, J. P. (2020). Trigo-Molienda-Harina, La industria que nos atraviesa. *Nutrición y Biotecnología Para La Salud*.
- AOAC. (2016). Método 923.03. Determinación de Cenizas Totales en Alimentos Método Gravimétrico. In J. Dr. George W. Latimer (Ed.), *Journal of AOAC* (20th ed., Vol. 1, Issue 1909). AOAC International.
- Banu, L., Stoenescu, G., Ionescu, V., & Aprodu, I. (2010). Physicochemical and rheological analysis of flour mill streams. *Cereal Chemistry*, 87(2), 112–117. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-87-2-0112>
- 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. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2012000200002
- BBC News. (2022). Rusia y Ucrania: del trigo al aluminio, 4 exportaciones estratégicas de los dos países . *Economía*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-60693406>
- Beasoain, E. (2019). *Caracterización de harinas de grano entero a través de Mixolab y su relación con la calidad del pan* [Tesis de posgrado, Universidad Pública de Navarra]. <https://core.ac.uk/download/pdf/231879334.pdf>
- Becerra, E., & Tuñoque, Y. (2018). *Influencia de la variedad de trigo (Triticum aestivum) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa alimentaria PERÚ S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2120/BC-TES-TMP-990.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bianco, H., Capote, T., & Garmendia, C. (2015). Determination of moisture in flour precooked white corn using a domestic microwave oven. *Revista Del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 45(2), 50–63. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004#:~:text=La técnica por excelencia para,volatilización del agua \(2\).](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004#:~:text=La técnica por excelencia para,volatilización del agua (2).)
- Brütsch, L., Huggler, I., Kuster, S., & Windhab, E. J. (2017). Industrial Roller Milling Process

- Characterisation for Targeted Bread Quality Optimization. *Food and Bioprocess Technology*, 10(4), 710–719. <https://doi.org/10.1007/S11947-016-1856-1>
- Bustos, D. (2015). *Estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de amaranto crudo y cocido en la elaboración de pan* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14307/1/63857_1.pdf
- Cadena, J., Pereira, N., & Pérez, Z. (2019). La innovación y su incidencia en el crecimiento y desarrollo de las empresas del sector alimentos y bebidas del Distrito Metropolitano de Quito durante el 2017. *Revista ESPACIOS*, 40(22), 17. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n22/19402217.html>
- Cai, L., Choi, I., Lee, C. K., Park, K. K., & Baik, B. K. (2014). Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retrogradation. *Cereal Chemistry*, 91(4), 398–405. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-13-0198-R>
- Chopin Technologies. (2012). *Comprender mejor la curva Mixolab*. http://www.concereal.es/concereal_sp/files/files/folletos/chopin/Mixolab_Comprender_mejor_la_curva.pdf
- Chopin Technologies. (2015a). *Medida del porcentaje de almidón dañado de las harinas*. www.chopin.fr
- Chopin Technologies. (2015b). *Mixolab 2 Manual de manejo*. <http://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/Mixolab-Espanol.pdf>
- Concereal. (2021). *Almidón Dañado, 5 cosas que conviene recordar - SDmatic*. <https://concereal.net/almidon-danado-5-cosas-que-conviene-recordar/>
- De la Horra, A., Seghezzi, M., Molfese, E., Ribotta, P., & León, A. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2), 81–89. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-298X2012000200003&script=sci_arttext&tlng=pt
- Delcour, J., & Hosney, R. C. (2010). *Principles of Cereal Science and Technology* (3rd ed.). AACC International; St. Paul, MN, USA.
- Espinoza, C., & Quispe, M. (2013). *Manual de Tecnología de Cereales y Leguminosas* (1st ed., Vol. 1). Universidad Nacional del Centro del Perú.

- <https://maqsolano.files.wordpress.com/2014/04/manual-de-tecnologia-de-cereales.pdf>
- FAO. (2021). *El índice de precios de los alimentos de la FAO vuelve a subir en septiembre*.
<https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-food-price-index-rises-further-07-10-2021/es>
- Garrido, F. (2015). *Estabilidad de la actividad alfa amilásica determinada mediante Falling Number en variedades de trigo panadero cultivadas en el sur de Chile* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile].
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fag241e/doc/fag241e.pdf>
- Gil, Á., & Serra, L. (2010). *Libro Blanco del Pan* (1st ed., Vol. 1). Editorial Médica Panamericana.
[https://books.google.com.ec/books?id=HcjQ7OBGvy8C&pg=PA28&dq=proceso+de+molienda+de+trigo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjupbatMz4AhXofTABHbXBAqwQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=proceso de molienda de trigo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=HcjQ7OBGvy8C&pg=PA28&dq=proceso+de+molienda+de+trigo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjupbatMz4AhXofTABHbXBAqwQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=proceso+de+molienda+de+trigo&f=false)
- Harinera del mar. (2017). *Almidón Dañado*. <https://www.harineradelmar.es/almidon-danado>
- Hidalgo, M. (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.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28454/1/AL_689.pdf
- Huanca, W. (2021). *Determinación de Cenizas Totales en Harina de Trigo*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-agustin-de-arequipa/analisis-instrumental-1/laboratorio-no-2-determinacion-de-cenizas-totales-en-harina-de-trigo/16301220>
- Index Mundi. (2022). *Importaciones de Trigo en Ecuador por año (miles de toneladas)*. Trigo.
<https://www.indexmundi.com/agriculture/?pais=ec&producto=trigo&variable=importaciones&l=es>
- Khalid, K., Ohm, J.-B., & Simsek, S. (2017). Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality. *Journal of Cereal Science*, 78, 48–56.
<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2017.03.011>
- León, K. (2019). *Determinación de gluten en harina compuesta de trigo, cebada y centeno destinada para la obtención de piezas de pan* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13587/1/LEON_RIOFRIO

KATHIA DAYANNARA.pdf

- Lizarzaburo, G. (2021). La demanda encarece el trigo. *Economía*.
<https://www.expreso.ec/actualidad/economia/demanda-encarece-trigo-99197.html>
- Meriles, P., Gili, R., Penci, M., Curet, S., Boillereaux, L., & Ribotta, P. (2018). Propiedades ingeribles del germen de trigo involucradas en el modelado de su tratamiento térmico. *IV Congreso Argentino de Ingeniería*. https://cadi.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/4_CADI_y_10_CAEDI_paper_142.pdf
- Mixolab applications handbook. (2012). *Mixolab applications Handbook: Rheological and enzyme analyses Analysis methods, studies and applications*.
- Moreno, O., Torres, P., Ramírez, B., Magaña, E., Montaña, 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>
- Moza, J., & Gujral, H. (2018). Mixolab, retrogradation and digestibility behavior of chapatti made from hullless barley flours. *Journal of Cereal Science*, 79, 383–389.
<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2017.11.003>
- Mühlenchemie. (2022). *Panes y panecillos, galletas, barquillos o pasta: La producción y procesamiento de la harina requieren un alto nivel de experiencia*. Preguntas y Respuestas. <https://muehlenchemie.com/es/preguntas-y-respuestas/>
- Noort, M. W. J., van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H. A., & Hamer, R. J. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52(1), 59–64.
<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2010.03.003>
- NTE INEN-ISO 7035. (2015). *Productos de cereales molidos. Determinación de la acidez de la grasa (ISO 7305:1998, IDT)*.
- NTE INEN-ISO 712. (2013). *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia (IDT)*.
- NTE INEN 517. (2013). *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_517-1.pdf

- NTE INEN 616. (2015). *Harina de trigo. Requisitos.*
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_616-4.pdf
- Pazmiño, M. J. (2013). *Determinación del perfil de la harina de trigo (Genustriticum) tipo panadera elaborada en Molinos Cordillera - Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5051/1/54957_1.pdf
- Perten Instruments. (2017). *Falling Number 250. Método y aplicación. El estándar mundial en la detección de daños por germinación.*
- Pojić, M., Spasojević, N., & Atlas, M. (2014). Chemometric Approach to Characterization of Flour Mill Streams: Chemical and Rheological Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 7(5), 1298–1309. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1133-5>
- Puma, A. (2017). *Caracterización de flujos de harina de trigo (Triticum aestivum) de cada pasaje de molienda en “Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.”* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].
https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25812/1/AL_632.pdf
- Quiroga, F. (2019). *Variabilidad del índice de caída y gluten en una colección internacional de genotipos de trigo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Plata].
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/93450/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Radwag. (2013). *Manual de instrucciones del analizador de humedad de la serie PMC.*
www.radwag.com
- Riquelme, K. (2016). *Determinación de gluten Index y su importancia en la calidad de harinas panaderas.* Universidad de Concepción.
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199–207.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262012000100021
- Romero, A., Salazar, M., Reyes, F., & García, A. (2011). Galletas enriquecidas con fibra a partir de subproductos de la molienda del trigo: Caracterización química, física y

sensorial. *Epistemos*, *I*(10), 34–39.
https://web.archive.org/web/20180410032451id_/http://www.epistemos.uson.mx/revistas/pdf/numero10.pdf#page=36

Rosell, C., Santos, E., & Collar, C. (2010). Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab®. *European Food Research and Technology*, *231*(4), 535–544. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1310-y>

Sarmiento, Y. (2015). *Estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de amaranto crudo y tostado en la elaboración de pan* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5131/1/59116_1.pdf

Suárez, S. (2018). *Comprendiendo la prueba de calidad del índice de caída para el trigo*.

Valdiviezo, L. (2019). Análisis De Acidez En La Harina De Trigo. In *Repositorio Universidad Técnica de Machala*. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14699/1/E-5073_VALDIVIEZO AGUILERA LUDY DEL CISNE.pdf%0Ahttp://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14733](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14699/1/E-5073_VALDIVIEZO_AGUILERA_LUDY_DEL_CISNE.pdf%0Ahttp://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14733)

Villanueva, R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, *32*, 231–246. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337432679010.pdf>

ANEXOS

A. Equipos y materiales empleados para la caracterización fisicoquímica de la harina.



Figura 22. Analizador halógeno de humedad Radweg



Figura 23. Materiales para la determinación de acidez titulable



Figura 24. SDmatic determinación de almidón dañado



Figura 25. Equipo Falling number



Figura 26. Mufla



Figura 27. Vibrador de tamices Simón

B. Instalaciones de Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda



Figura 28. Bancos de molienda



Figura 29. a. Despuntadora; b. Despedradora



Figura 30. a. Purificador de sémolas (sasores); b. Cernedor



Figura 31. Filtro de aire (sifter)



Figura 32. Área de empaque de harina

C. Resultados del ensayo Mixolab

Mixolab

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

Harina de trigo_PB1 - Harina de trigo_PB1_1

Fecha : 29/04/2022 Hora : 11:28 Protocolo : Chopin+
 Muestra : Peso de la masa : 75.0 g
 Hydration : 58.0 % base 15% (b15) Temperatura del depósito : 30.0 °C
 Contenido de 15.90 % Velocidad de amasado : 80 rpm
 Índice: 2-57-785

α :	-0.120	Nm/min
β :	0.550	Nm/min
γ :	-0.028	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.72	1.116	34.0	0.108	10.70
C5	8.00	1.075	31.6		8.82
C2	17.27	0.927	57.4		
C3	23.88	1.919	82.1		
C4	33.23	1.789	84.6		
C5	45.02	2.472	58.9		

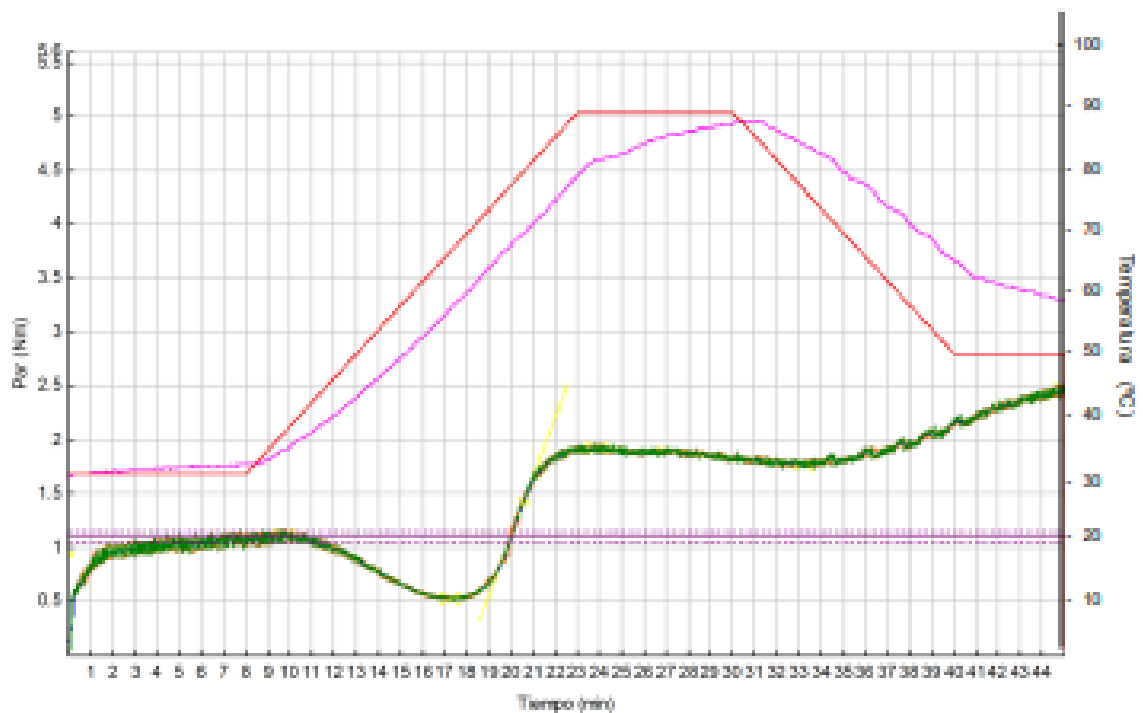


Figura 33. Curva mixográfica pasaje B1 réplica 1

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92300 VILLENUEVE LA GARENNE
 FRANCE

Harina de trigo_KB - Harina de trigo_PB1_2

Fecha : 21/04/2022

Hora : 13:00

Protocolo : Chopin+

α :	-0.082	Nm/min
β :	0.568	Nm/min
γ :	-0.016	Nm/min

Muestra :

Peso de la masa :

75.0 g

Hydration : 58.0 % base 15% (B15)

Temperatura del depósito :

30.0 °C

Contenido de 16.00 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.63	1.103	34.1	0.080	10.00
C5	8.00	1.080	31.3		8.63
C2	17.63	0.530	55.8		
C3	23.63	1.925	61.3		
C4	25.63	1.875	63.8		
C5	44.63	2.437	59.7		

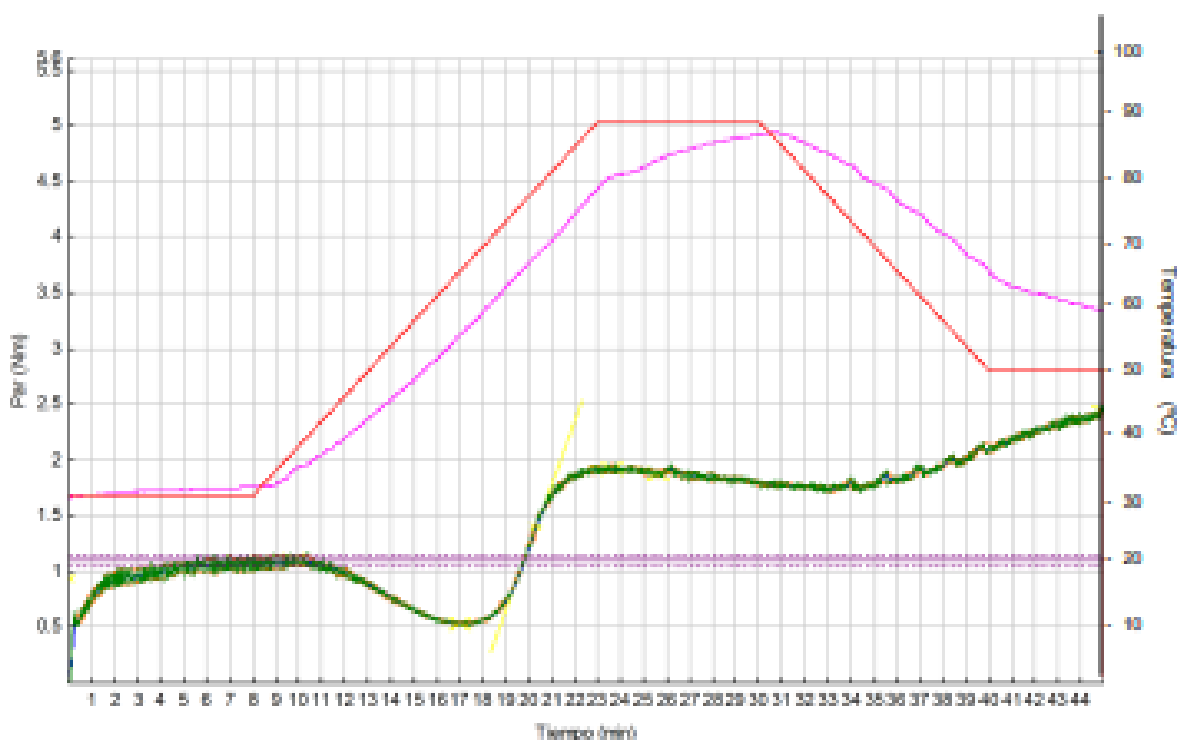


Figura 34. Curva mixográfica pasaje B1 réplica 2

Mixolab

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

Harina de trigo_PB2 - Harina de trigo_PB2_5

Fecha : 28/04/2022

Hora : 11:08

Protocolo : Chopin+

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 56.4 % base 15% (b15)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de : 15.50 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.114	Nm/min
β :	0.462	Nm/min
γ :	0.008	Nm/min

Indice: 3-67-686

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.03	1.161	32.4	0.119	10.60
C8	8.00	1.122	31.3		0
C2	17.17	0.567	57.4		
C3	23.57	1.673	82.1		
C4	32.65	1.814	85.4		
C5	45.00	2.559	58.9		

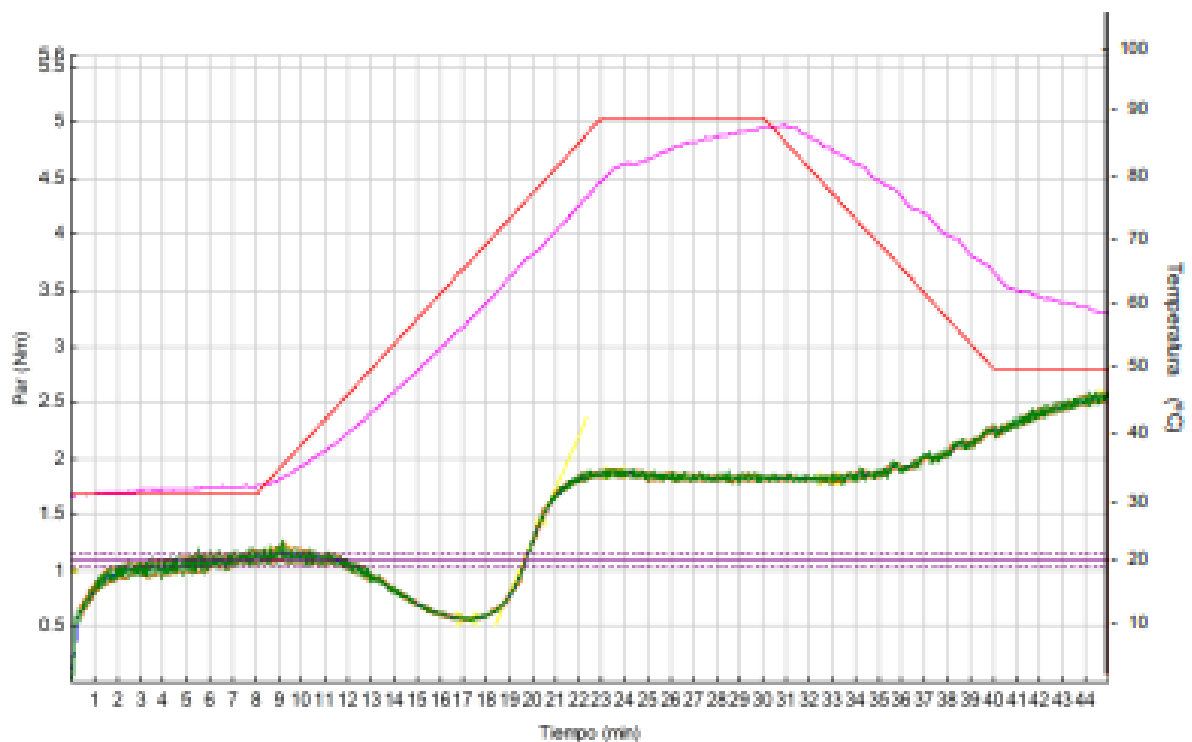


Figura 35. Curva mixográfica pasaje B2 réplica 1

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

Harina de trigo_PaB2 - Harina de trigo_PB2_7

Fecha : 29/04/2022 Hora : 10.08

Muestra :

Hydration : 56.4 % base 15% (b15)

Contenido de 15.50 %

Indice : 3-67-686

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.108	Nm/min
β :	0.056	Nm/min
γ :	-0.024	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.72	1.151	33.8	0.115	10.90
C5	8.00	1.128	31.2		0
C2	17.10	0.575	56.1		
C3	27.80	1.874	66.5		
C4	32.23	1.816	66.3		
C5	45.02	2.573	58.6		

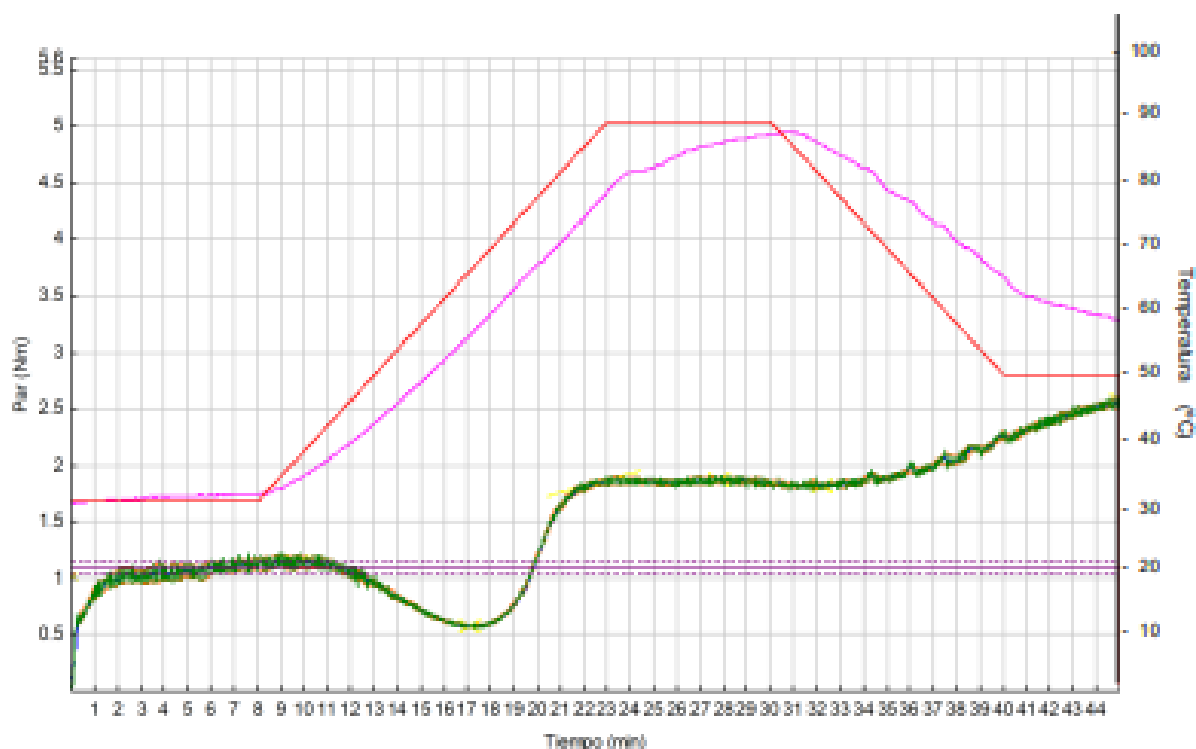


Figura 36. Curva mixográfica pasaje B2 réplica 2

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

Harina de trigo_PB3 - Harina de trigo_PB3_3

Fecha : 25/05/2022

Hora : 10:19

Protocolo : Chopin+

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 59.6 % base 15% (b15)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de 15.00 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice : 6-57-464

α :	-0.054	Nm/min
β :	0.420	Nm/min
γ :	0.004	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6.07	1.147	30.3	0.123	10.60
C5	8.00	1.128	30.9		0
C2	17.45	0.584	58.4		
C3	23.43	1.646	79.3		
C4	32.02	1.503	86.3		
C5	45.02	2.102	59.7		

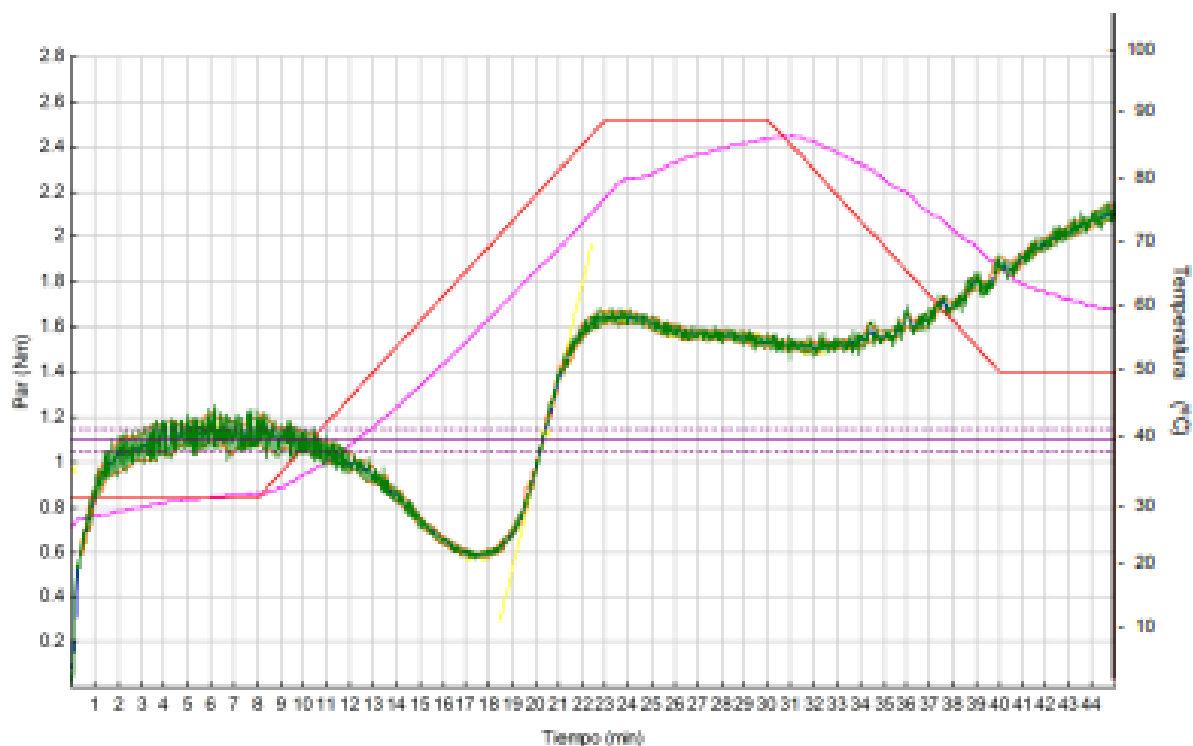


Figura 37. Curva mixográfica pasaje B3 réplica 1

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

Harina de trigo_PB3 - Harina de trigo_PB3_4

Fecha : 25/05/2022

Hora : 11:18

Protocolo : Chopin+

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 59.9 % base 15% (b15)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de 15.00 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice: 7-57-475

α :	-0.042	Nm/min
β :	0.422	Nm/min
γ :	-0.002	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7.92	1.114	31.6	0.093	10.80
C5	8.00	1.101	31.7		0
C2	17.28	0.572	58.9		
C3	22.90	1.646	78.5		
C4	31.38	1.529	87.9		
C5	45.00	2.180	59.6		

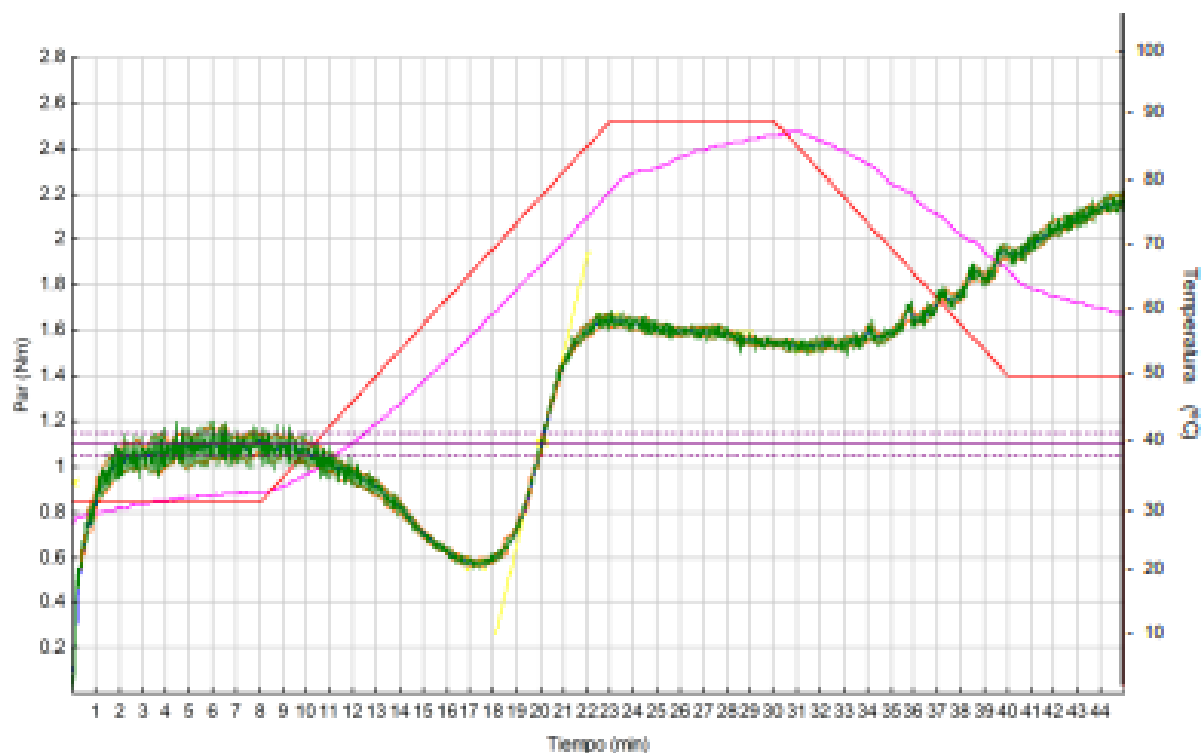


Figura 38. Curva mixográfica pasaje B3 réplica 2

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92300 VILLENEUVE LA GARENNE
 FRANCE

Harina de trigo_PaB4 - Harina de trigo_PaB4_1

Fecha : 09/05/2022 Hora : 14:18

Muestra :

Hydration : 67.7 % base 14% (b14)

Contenido de 13.80 %

Indice: 9-43-132

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.006	Nm/min
β :	0.324	Nm/min
γ :	-0.038	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6.17	1.126	30.9	0.066	6.50
C5	8.00	1.069	30.9		6.00
C2	17.88	0.441	58.6		
C3	23.52	1.188	79.8		
C4	32.50	0.904	84.5		
C6	45.00	1.310	57.6		

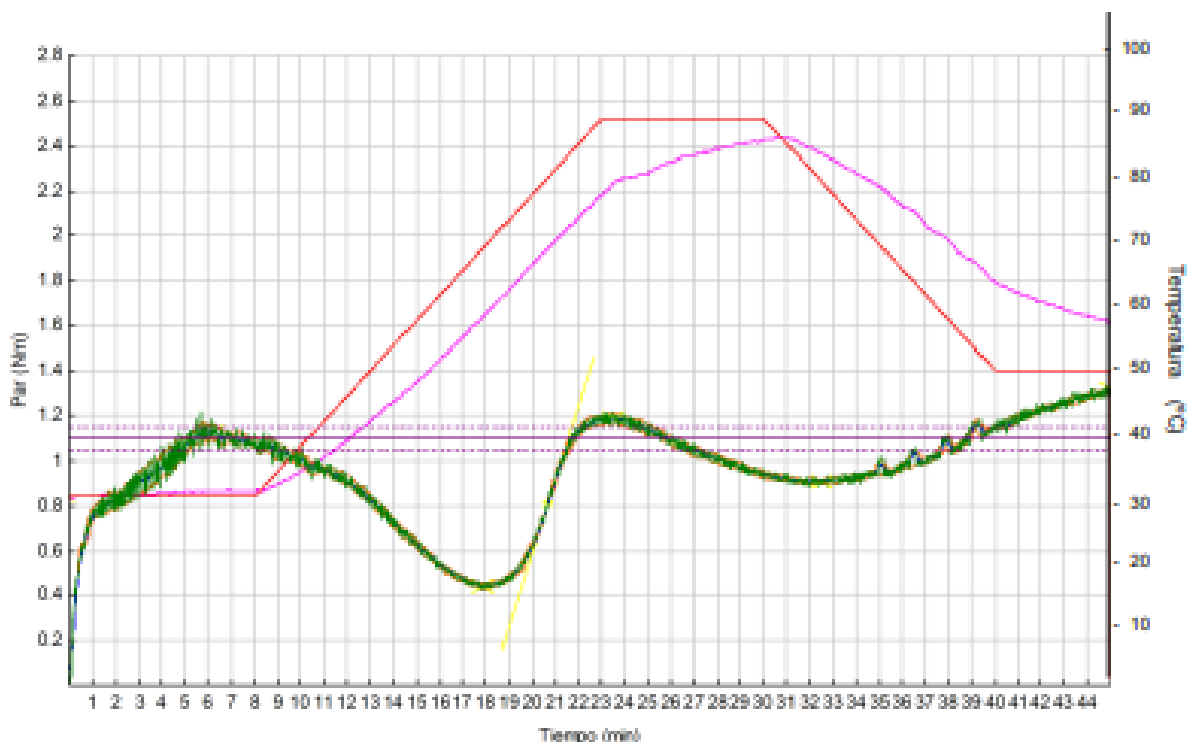


Figura 39. Curva mixográfica pasaje B4 réplica 1

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

Harina de trigo_PB4 - Harina de trigo_PB4_3

Fecha : 04/05/2022

Hora : 15:14

Protocolo : Chopin+

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 67.7 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de 13.80 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice : 9-43-133

α :	-0.138	Nm/min
β :	0.288	Nm/min
γ :	-0.038	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5.67	1.140	31.1	0.099	6.76
C5	8.00	1.079	31.2		7.83
C2	17.78	0.448	59.3		
C3	22.93	1.168	78.7		
C4	31.58	0.894	85.9		
C5	45.00	1.345	57.2		

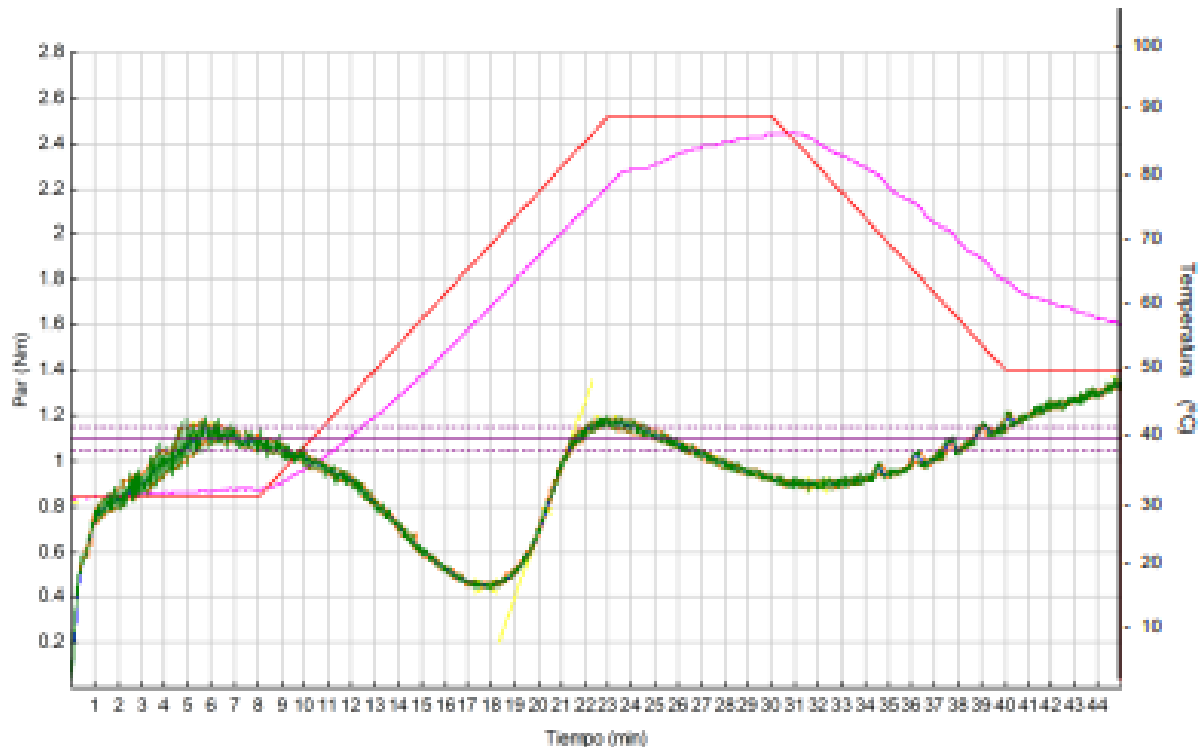


Figura 40. Curva mixográfica pasaje B4 réplica 2

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92300 VILLENEUVE LA GARENNE
 FRANCE

Harina de trigo_PB5PA - Harina de trigo_PB5PA_4

Fecha : 18/05/2022 Hora : 11:23

Muestra :

Hydration : 74.2 % base 14% (b14)

Contenido de 13.00 %

Indice: 9-24-132

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.054	Nm/min
β :	0.180	Nm/min
γ :	-0.038	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5.78	1.115	30.5	0.059	3.70
C8	8.00	0.981	30.8		8.45
C2	18.35	0.426	60.0		
C3	23.32	0.927	78.9		
C4	30.65	0.658	85.8		
C5	45.00	1.028	57.3		

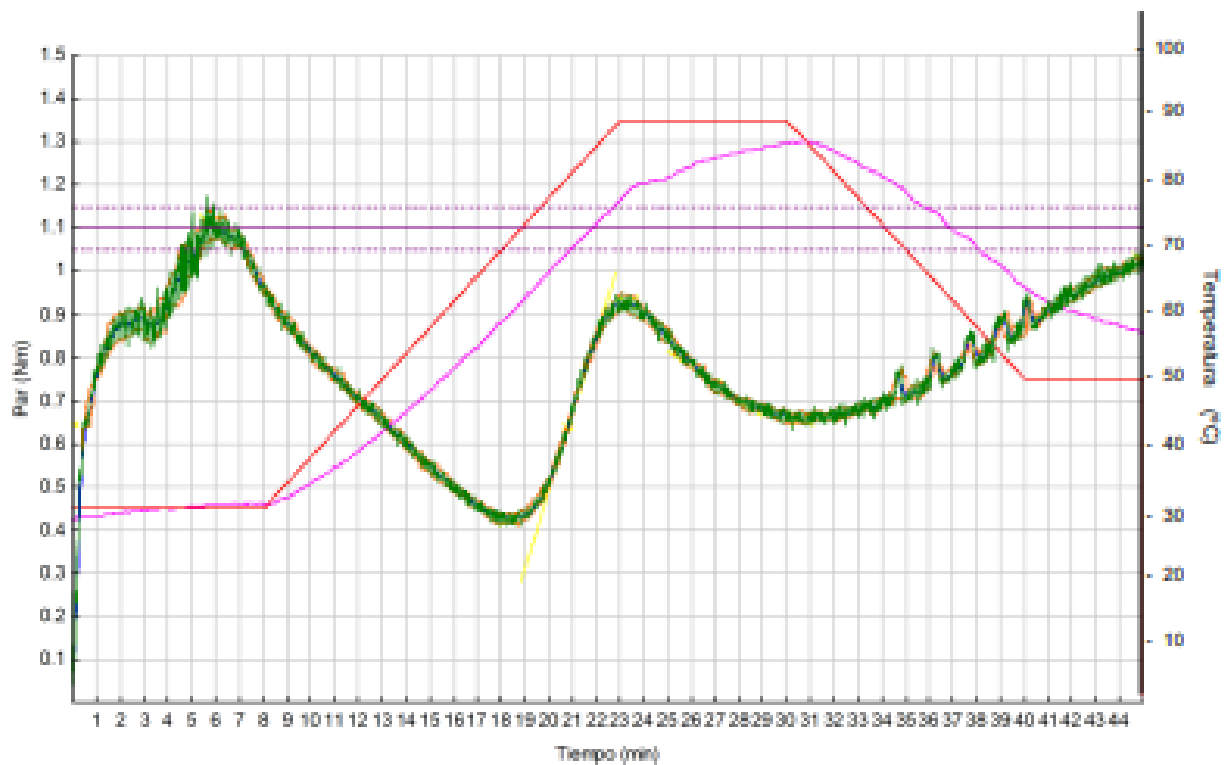


Figura 41. Curva mixográfica pasaje B5-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PB5PA - Harina de trigo_PB5PA_5

Fecha : 18/05/2022 Hora : 16:15

Muestra :

Hydration : 74.2 % base 14% (b14)

Contenido de 13.00 %

Indice: 9-25-133

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.050	Nm/min
β :	0.186	Nm/min
γ :	-0.032	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5.43	1.121	31.0	0.059	3.70
C5	8.00	0.911	31.3		6.98
C2	18.32	0.419	60.1		
C3	23.28	0.933	78.9		
C4	30.98	0.678	87.8		
C5	45.02	1.112	95.5		

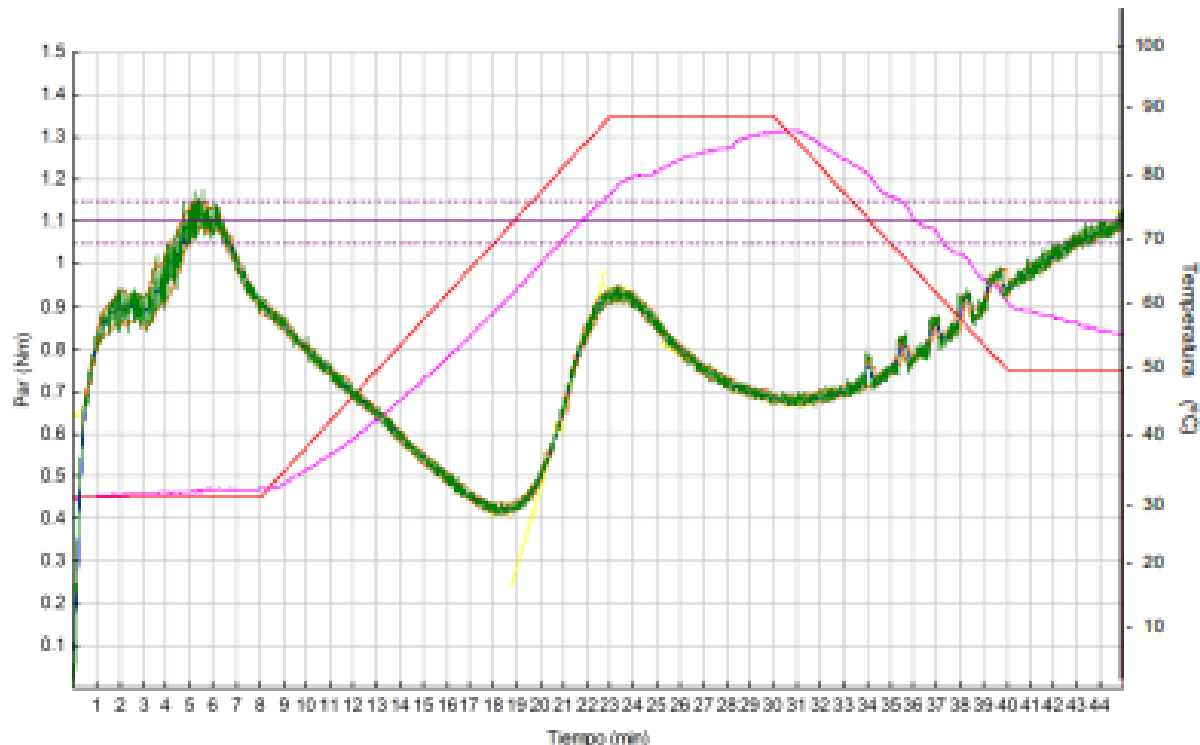


Figura 42. Curva mixográfica pasaje B5-PA réplica 2

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

Harina de trigo_PC2PA - Harina de trigo_PC2PA_2

Fecha : 10/05/2022 Hora : 10:15

Muestra :

Hydration : 63.7 % base 14% (b14)

Contenido de : 13.50 %

Indice : 8-64-343

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.108	Nm/min
β :	0.328	Nm/min
γ :	-0.044	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7.97	1.067	30.9	0.087	9.90
C5	8.00	1.061	30.9		7.5
C2	16.73	0.500	55.1		
C3	23.53	1.608	80.9		
C4	33.20	1.310	83.8		
C5	45.00	1.839	97.7		

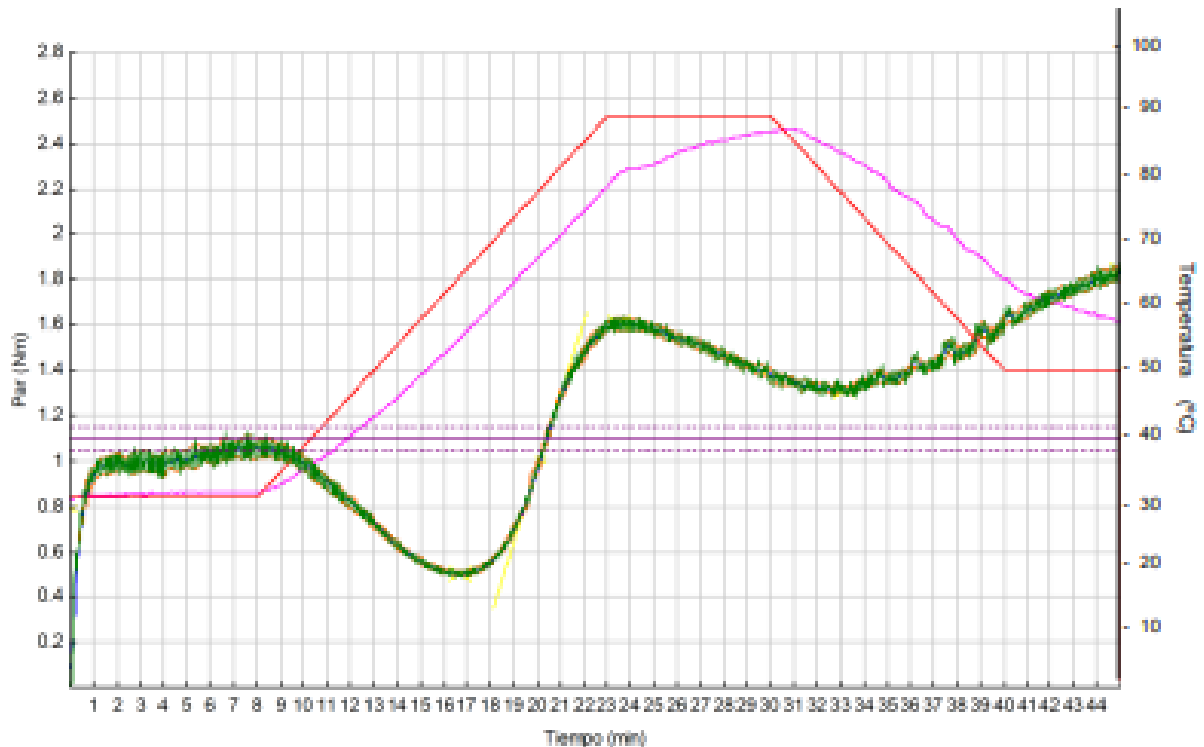


Figura 43. Curva mixográfica pasaje C2-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PC2PA - Harina de trigo_PC2PA_3

Fecha : 10/05/2022 Hora : 11:21

Muestra :

Hydration : 63.6 % base 14% (b14)

Contenido de : 13.50 %

Indice : 8-65-353

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.088	Nm/min
β :	0.332	Nm/min
γ :	-0.062	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7.40	1.065	31.8	0.089	9.90
C5	8.00	1.052	31.8		7.62
C2	16.62	0.507	55.4		
C3	23.73	1.621	81.7		
C4	32.90	1.314	84.9		
C5	45.00	1.626	58.2		

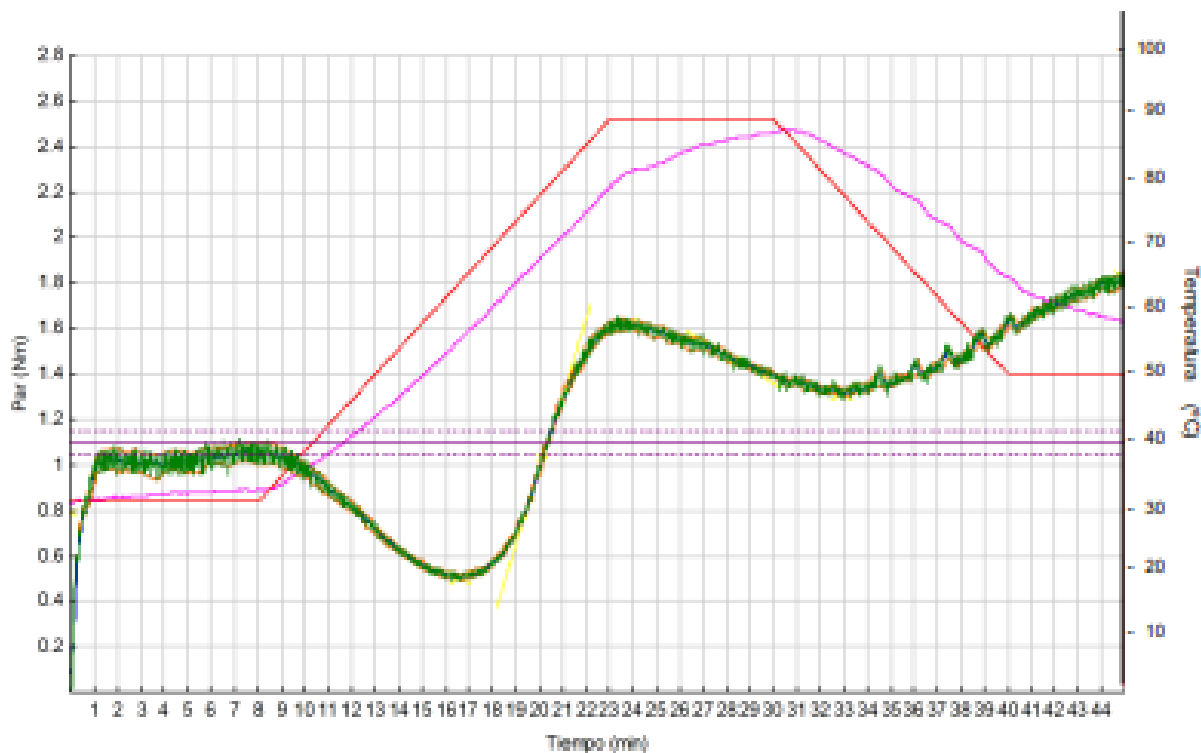


Figura 44. Curva mixográfica pasaje C2-PA réplica 2

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

Harina de trigo_PaC3PA - Harina de trigo_PaC3PA_3

Fecha : 09/06/2022 Hora : 11:07

Muestra :

Hydration : 70.7 % base 14% (b14)

Contenido de 12.20 %

Indice: 9-35-122

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.084	Nm/min
β :	0.200	Nm/min
γ :	-0.050	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4.92	1.077	30.2	0.093	8.60
C5	8.00	0.985	30.8		8.68
C2	17.28	0.468	55.6		
C3	23.65	1.160	78.9		
C4	32.93	0.765	83.6		
C5	45.00	1.052	57.8		

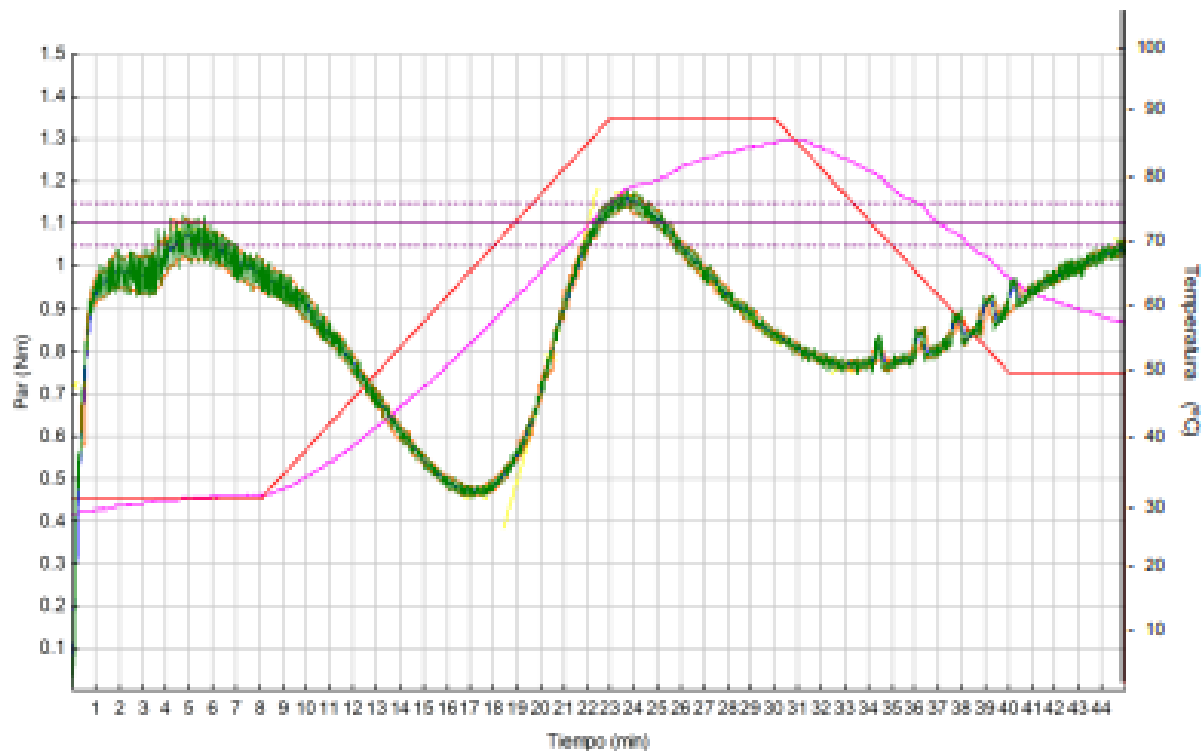


Figura 45. Curva mixográfica pasaje C3-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PC3PA - Harina de trigo_PC3PA_3

Fecha: 01/06/2022 Hora: 11:12

Muestra:

Hydration: 72.0 % base 14% (b14)

Contenido de: 12.20 %

Indice: 9-35-122

Protocolo: Chopin+

Peso de la masa: 75.0 g

Temperatura del depósito: 30.0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

α :	-0.088	Nm/min
β :	0.200	Nm/min
γ :	-0.040	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5.25	1.059	29.9	0.085	8.30
C8	8.00	0.962	30.6		7.53
C2	16.63	0.448	54.8		
C3	23.63	1.132	79.8		
C4	33.90	0.709	81.8		
C5	45.00	0.998	97.3		

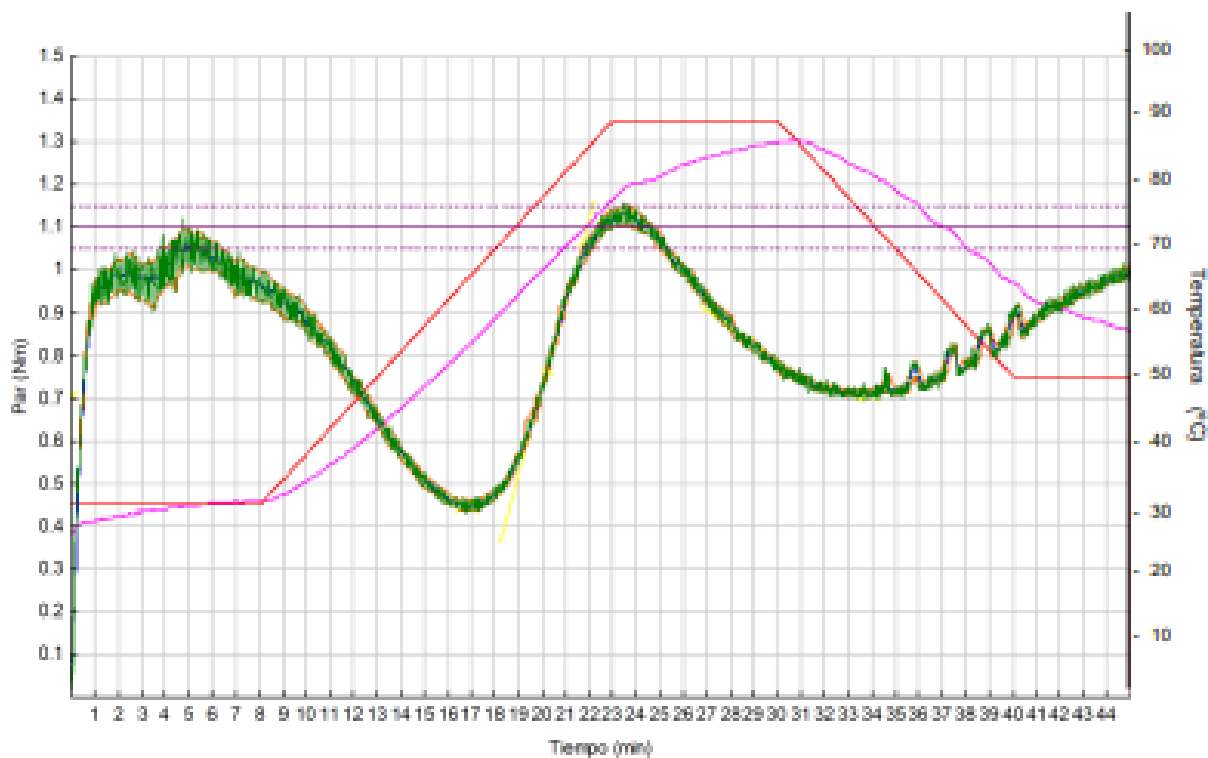


Figura 46. Curva mixográfica pasaje C3-PA réplica 2

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

Harina de trigo_PaC4 - Harina de trigo_PC4_7

Fecha : 27/04/2022 Hora : 10:17

Muestra :

Hydration : 77.3 % base 14% (b14)

Contenido de 12.40 %

Indice: 9-16-132

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.048	Nm/min
β :	0.118	Nm/min
γ :	-0.004	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.92	1.083	30.8	0.053	3.00
C5	8.00	0.702	30.9		7.55
C2	17.60	0.302	57.8		
C3	23.37	0.719	79.4		
C4	31.78	0.482	85.7		
C5	45.00	0.741	58.8		

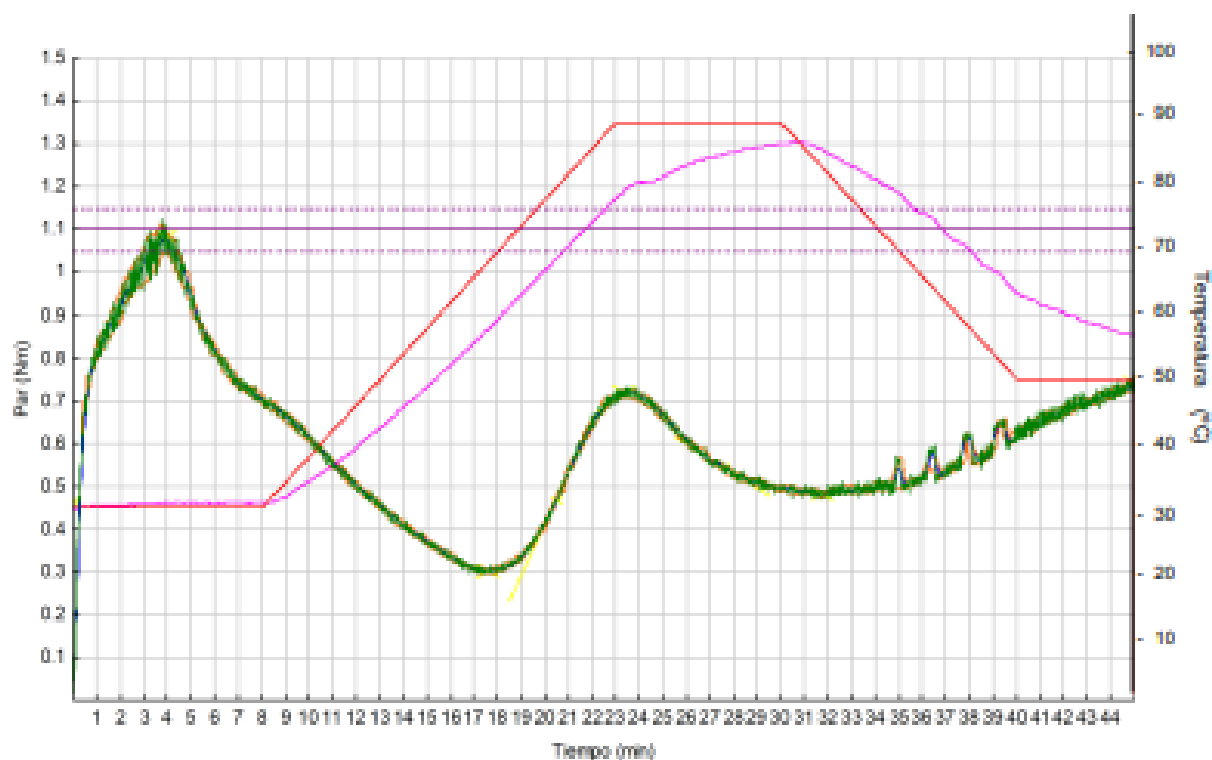


Figura 47. Curva mixográfica pasaje C4 réplica 1

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

Harina de trigo_PaC4 - Harina de trigo_PC4_8

Fecha : 27/04/2022 Hora : 11:28

Muestra :

Hydration : 77.3 % base 14% (b14)

Contenido de 12.40 %

Indica: 9-16-132

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.044	Nm/min
β :	0.122	Nm/min
γ :	-0.022	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.80	1.064	31.7	0.077	2.90
C8	8.00	0.682	31.8		7.5
C2	17.72	0.297	58.8		
C3	23.47	0.718	79.8		
C4	32.05	0.491	85.5		
C5	45.00	0.758	58.7		

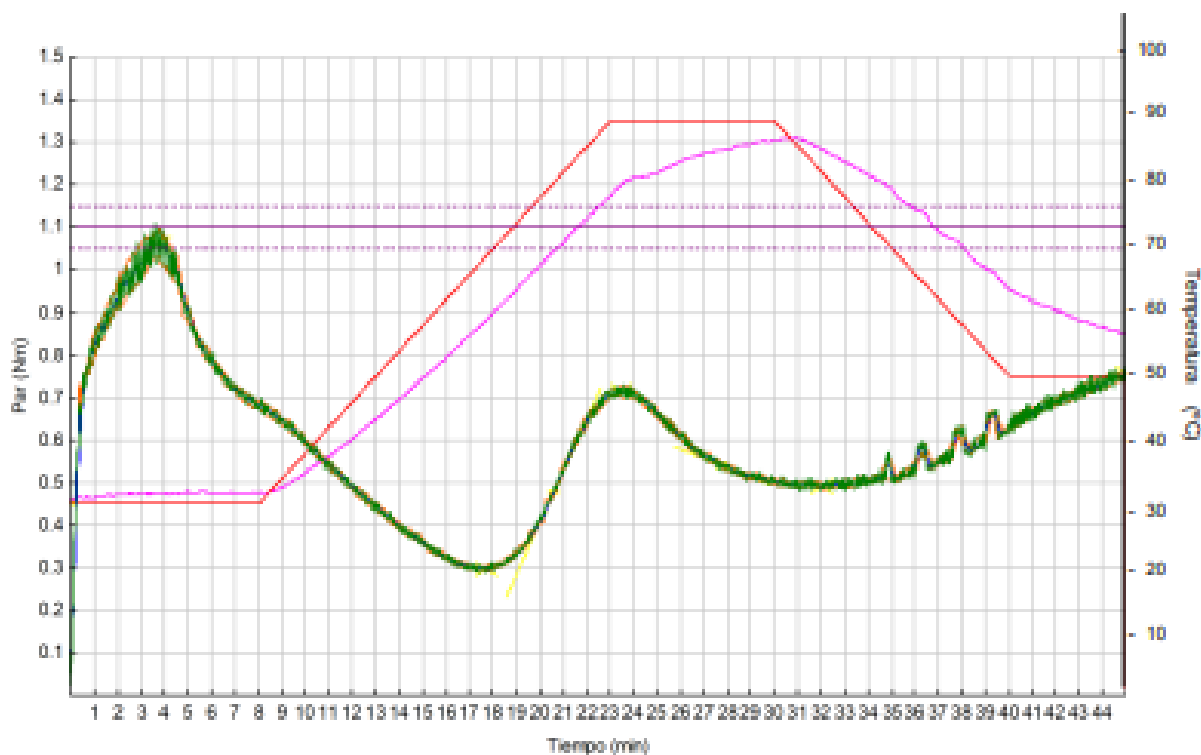


Figura 48. Curva mixográfica pasaje C4 réplica 2

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

Harina de trigo_PC5 - Harina de trigo_PC5_2

Fecha : 17/05/2022

Hora : 10:31

Protocolo : Chopin+

α :	-0.040	Nm/min
β :	0.108	Nm/min
γ :	-0.048	Nm/min

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 77.9 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de 11.20 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice: 9-16-122

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.56	1.089	30.7	0.058	3.20
C5	8.00	0.683	30.8		0
C2	17.47	0.383	55.8		
C3	23.42	0.765	78.0		
C4	31.37	0.451	85.9		
C5	45.02	0.688	57.3		

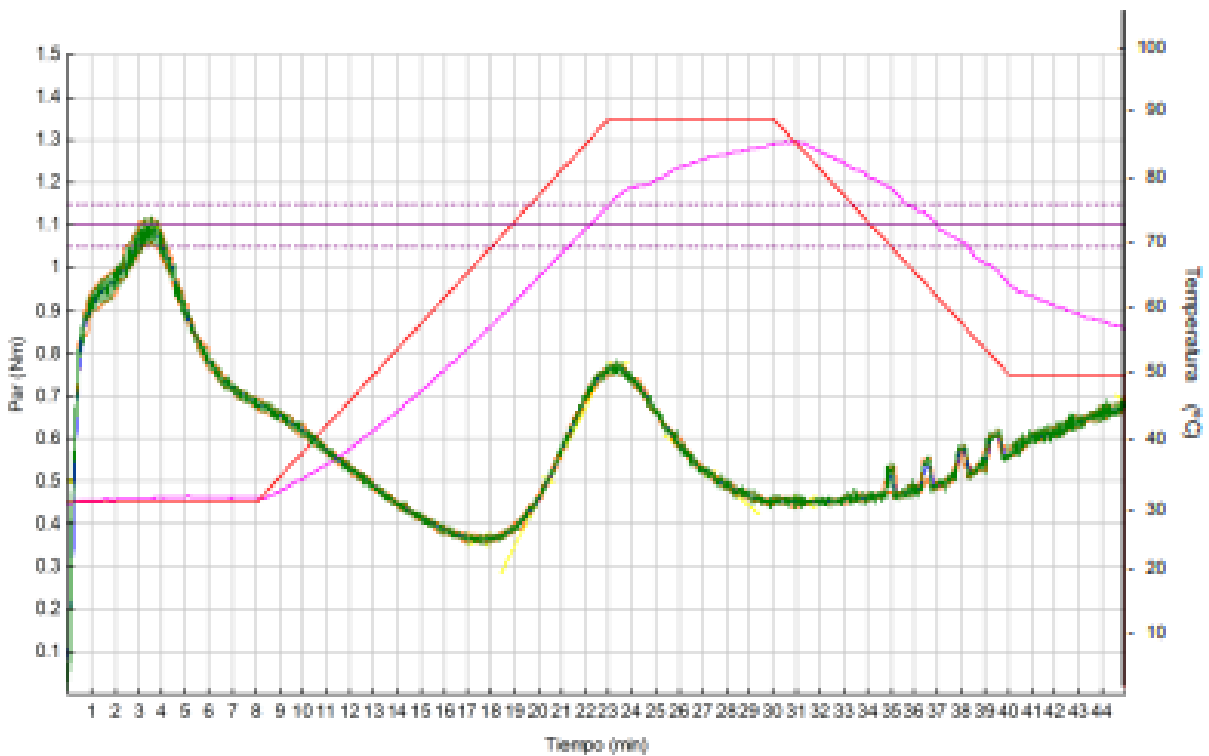
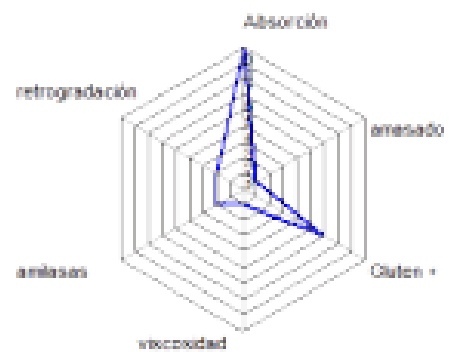


Figura 49. Curva mixográfica pasaje C5 réplica 1

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

Harina de trigo_PC5 - Harina de trigo_PC5_3

Fecha : 17/05/2022

Hora : 11:43

Protocolo : Chopin+

α :	-0.038	Nm/min
β :	0.118	Nm/min
γ :	-0.040	Nm/min

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 77.8 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de 11.20 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice: 9-16-122

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.50	1.087	31.3	0.061	3.50
C5	8.00	0.689	31.4		0
C2	17.67	0.384	57.0		
C3	23.68	0.709	79.4		
C4	31.62	0.458	85.9		
C5	45.00	0.702	57.3		

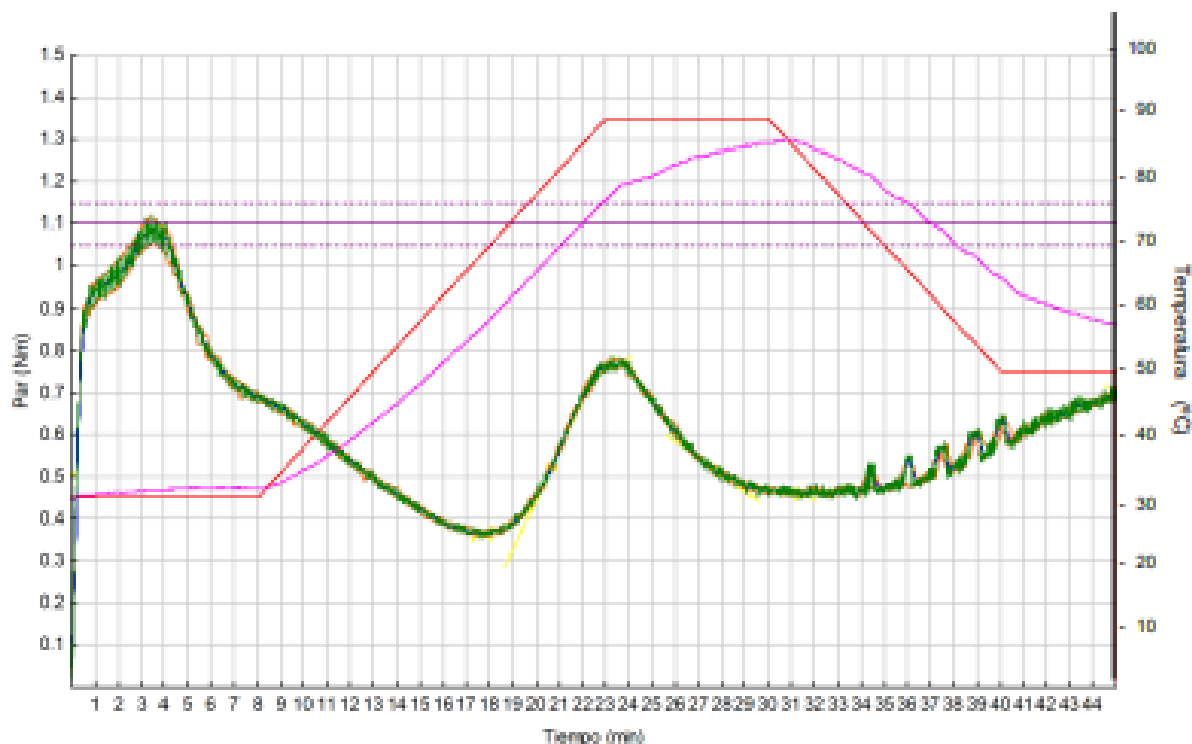


Figura 50. Curva mixográfica pasaje C5 réplica 2

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

Harina de trigo_PC5Hnegra - Harina de trigo_PC5H_4

Fecha : 05/05/2022 Hora : 10:26

Muestra :

Hydration : 79.6 % base 14% (b14)

Contenido de 11.40 %

Indice: 9-16-022

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.050	Nm/min
β :	0.108	Nm/min
γ :	-0.040	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.63	1.118	30.4	0.061	3.20
C5	8.00	0.731	30.8		0
C2	17.43	0.373	57.3		
C3	22.77	0.727	77.1		
C4	31.68	0.368	85.8		
C5	45.02	0.598	58.8		

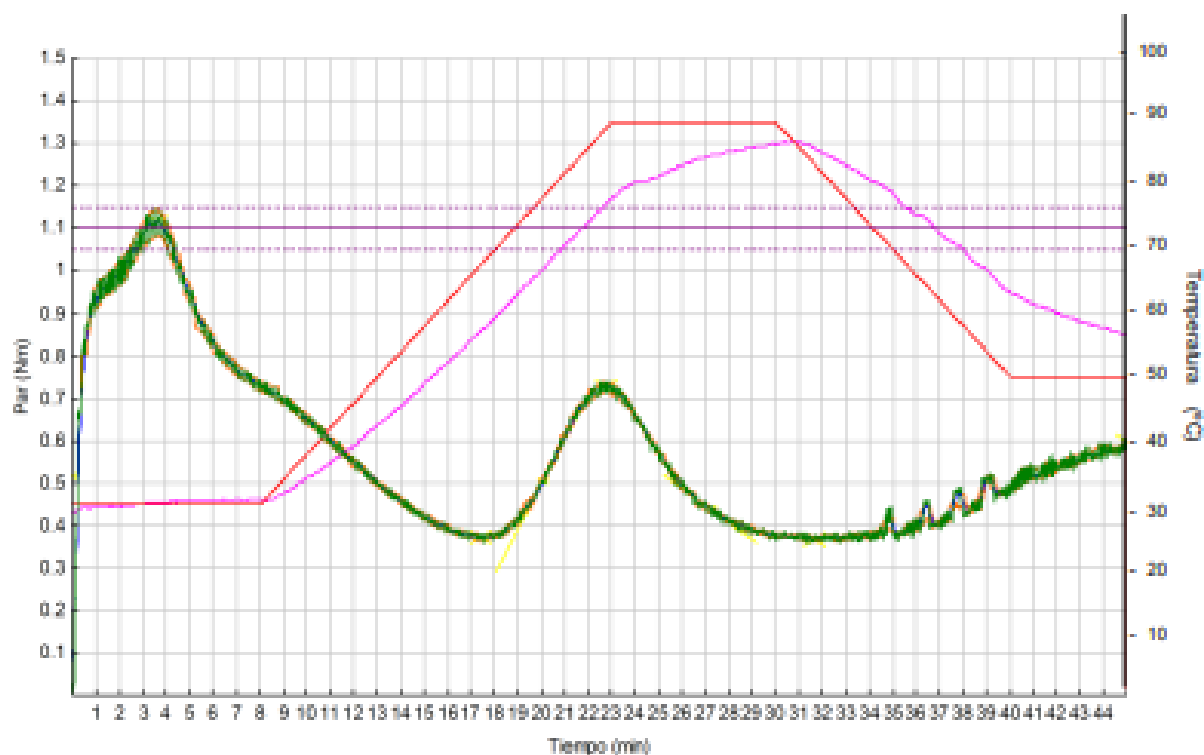
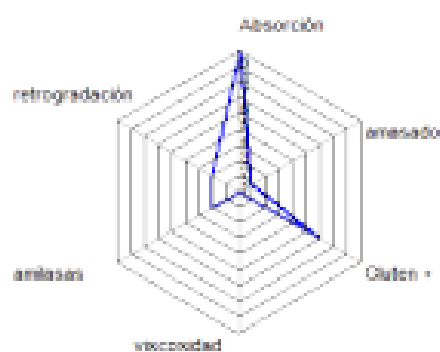


Figura 51. Curva mixográfica pasaje C5-H negra réplica 1

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

Harina de trigo_PC5Hnegra - Harina de trigo_PC5H_5

Fecha : 05/05/2022 Hora : 11:31

Muestra :

Hydratation : 79.6 % base 14% (b14)

Contenido de : 11.40 %

Indice : 9-16-022

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.048	Nm/min
β :	0.102	Nm/min
γ :	-0.028	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3.38	1.125	31.1	0.065	3.60
C5	8.00	0.725	31.5		0
C2	17.43	0.379	57.4		
C3	22.67	0.733	77.0		
C4	33.45	0.375	82.6		
C5	45.02	0.595	56.9		

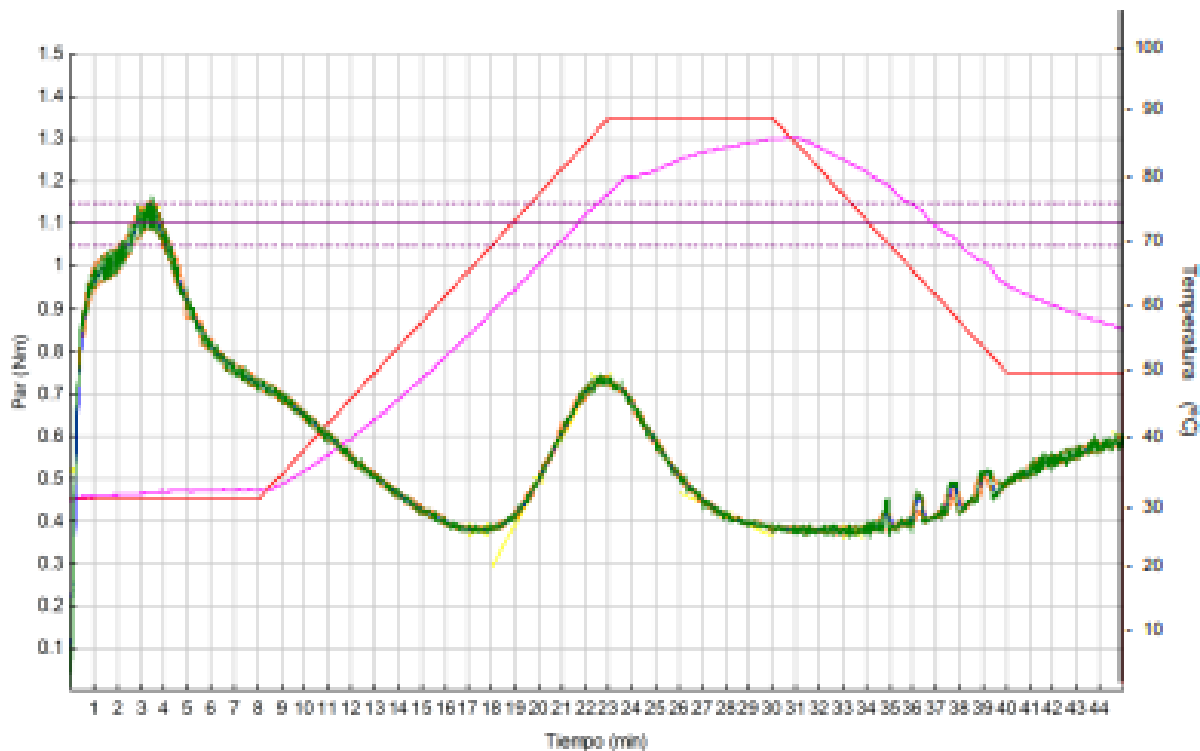


Figura 52. Curva mixográfica pasaje C5-H negra réplica 2

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

Harina de trigo_PDD1PA - Harina de trigo_PDD1PA_3

Fecha : 11/05/2022 Hora : 10:41

Muestra :

Hydration : 55.9 % base 15% (b15)

Contenido de 15.20 %

Indice: 2-57-788

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.154	Nm/min
β :	0.528	Nm/min
γ :	0.000	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8.52	1.149	31.3	0.075	11.20
C5	8.00	1.127	31.1		0
C2	17.57	0.576	58.9		
C3	23.65	1.934	80.1		
C4	26.90	1.889	84.9		
C6	45.02	2.682	59.3		

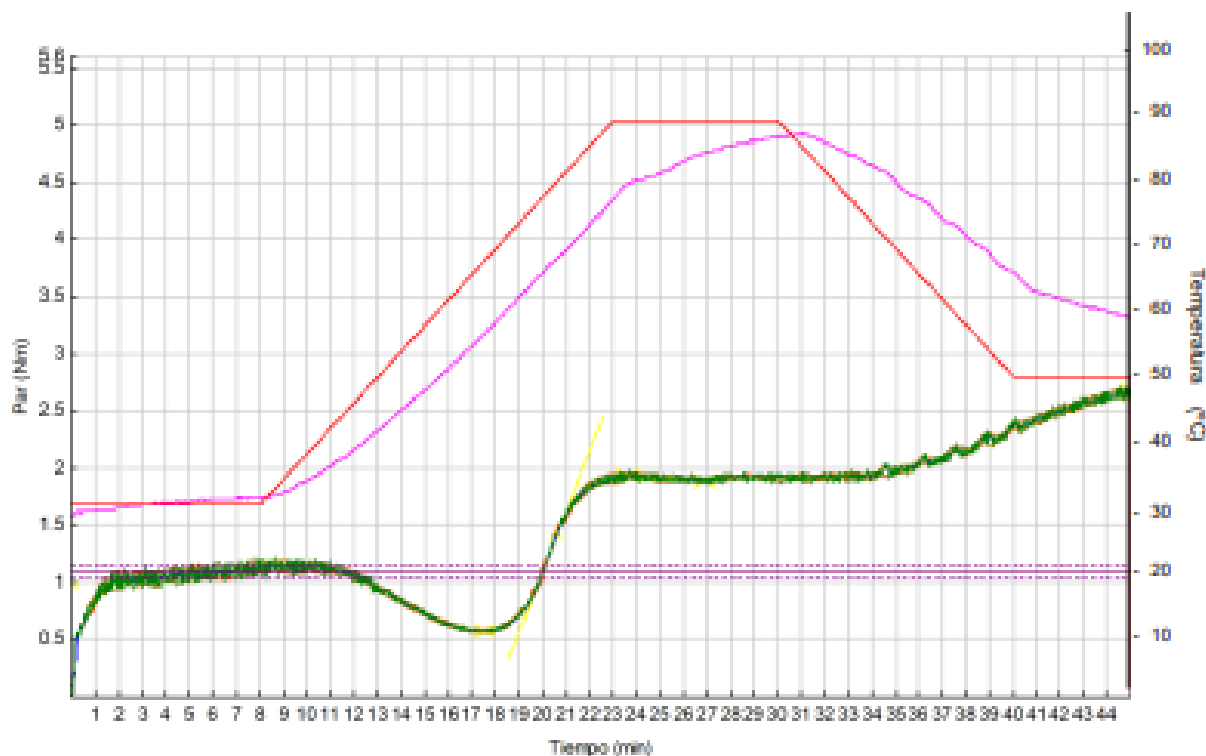


Figura 53. Curva mixográfica pasaje DD1-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PDD1PA - Harina de trigo_PDD1PA_4

Fecha : 11/05/2022 Hora : 13:10

Muestra :

Hydration : 55.9 % base 15% (b15)

Contenido de 15.20 %

Indice: 2-67-887

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.118	Nm/min
β :	0.012	Nm/min
γ :	-0.032	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	10.22	1.145	34.9	0.106	11.10
C5	8.00	1.107	31.4		0
C2	17.25	0.576	56.8		
C3	36.15	2.151	77.8		
C4	36.50	2.101	76.1		
C5	45.00	2.714	59.4		

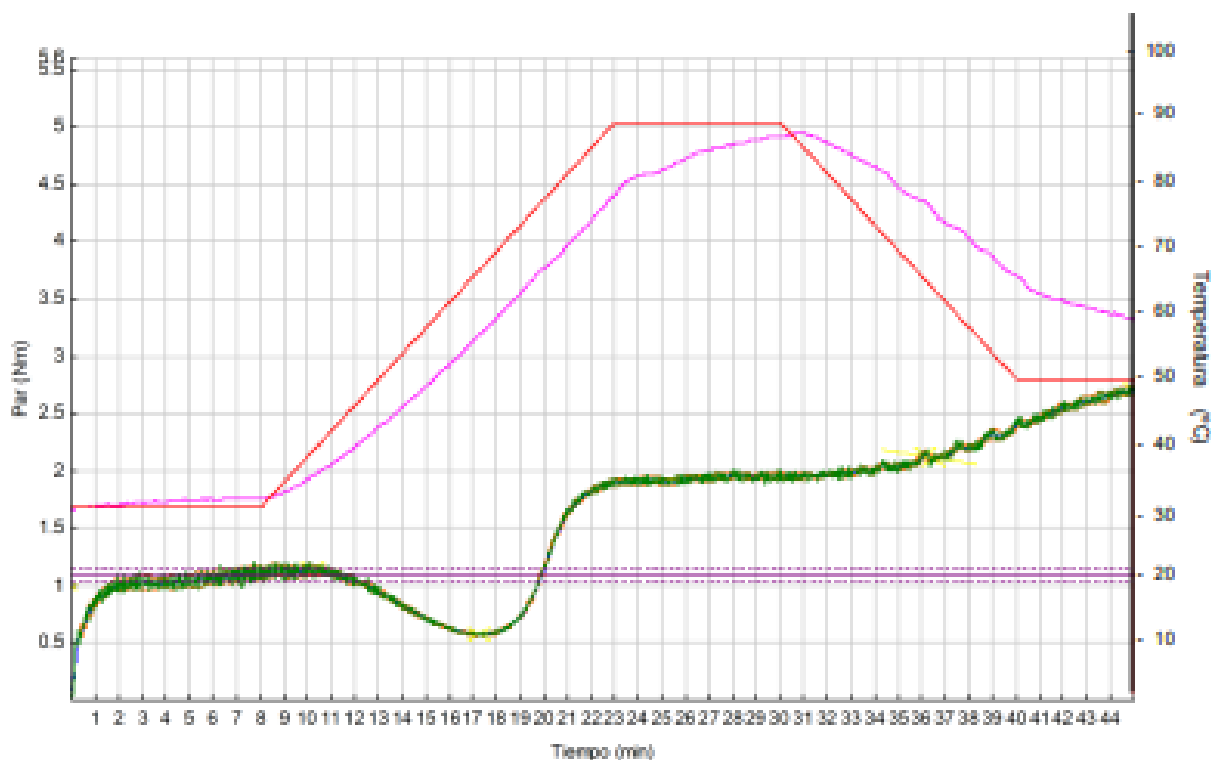


Figura 54. Curva mixográfica pasaje DD1-PA réplica 2

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

Harina de trigo_PHflu - Harina de trigo_PHflu_3

Fecha : 12/05/2022

Hora : 10:21

Protocolo : Chopin+

Muestra :

Peso de la masa : 75.0 g

Hydration : 61.3 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Contenido de : 14.10 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice : 8-32-342

α :	-0.128	Nm/min
β :	0.416	Nm/min
γ :	-0.008	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1.42	1.106	29.4	0.111	9.90
C5	8.00	1.007	30.9		7.32
C2	17.60	0.362	58.4		
C3	24.37	1.429	81.4		
C4	34.23	1.139	81.8		
C5	45.02	1.501	57.8		

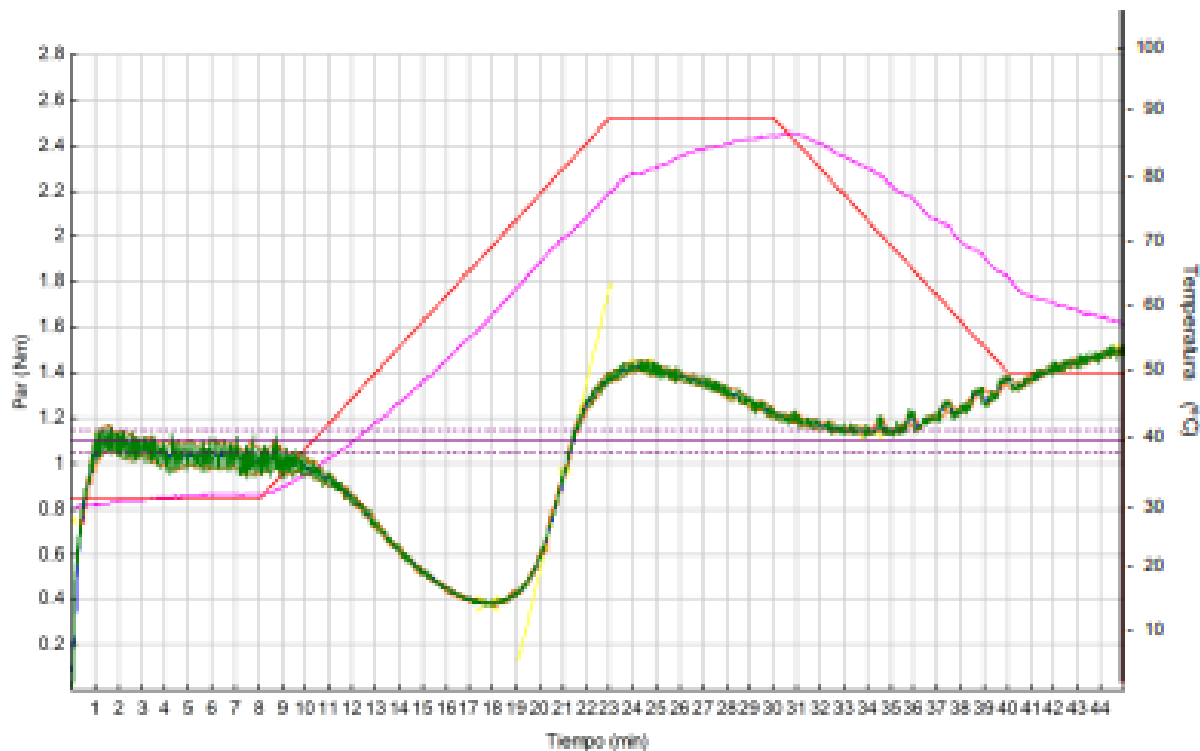


Figura 55. Curva mixográfica de la harina de flujo réplica 1

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

Harina de trigo_PHflu - Harina de trigo_PHflu_5

Fecha : 12/05/2022 Hora : 11:42

Muestra :

Hydration : 60.7 % base 14% (b14)

Contenido de 14.10 %

Indice: 7-42-252

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.118	Nm/min
β :	0.410	Nm/min
γ :	-0.048	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1.65	1.140	29.5	0.072	9.80
C5	8.00	1.057	31.4		7.67
C2	18.13	0.420	58.5		
C3	24.50	1.499	80.4		
C4	33.73	1.298	83.1		
C5	45.02	1.690	59.3		

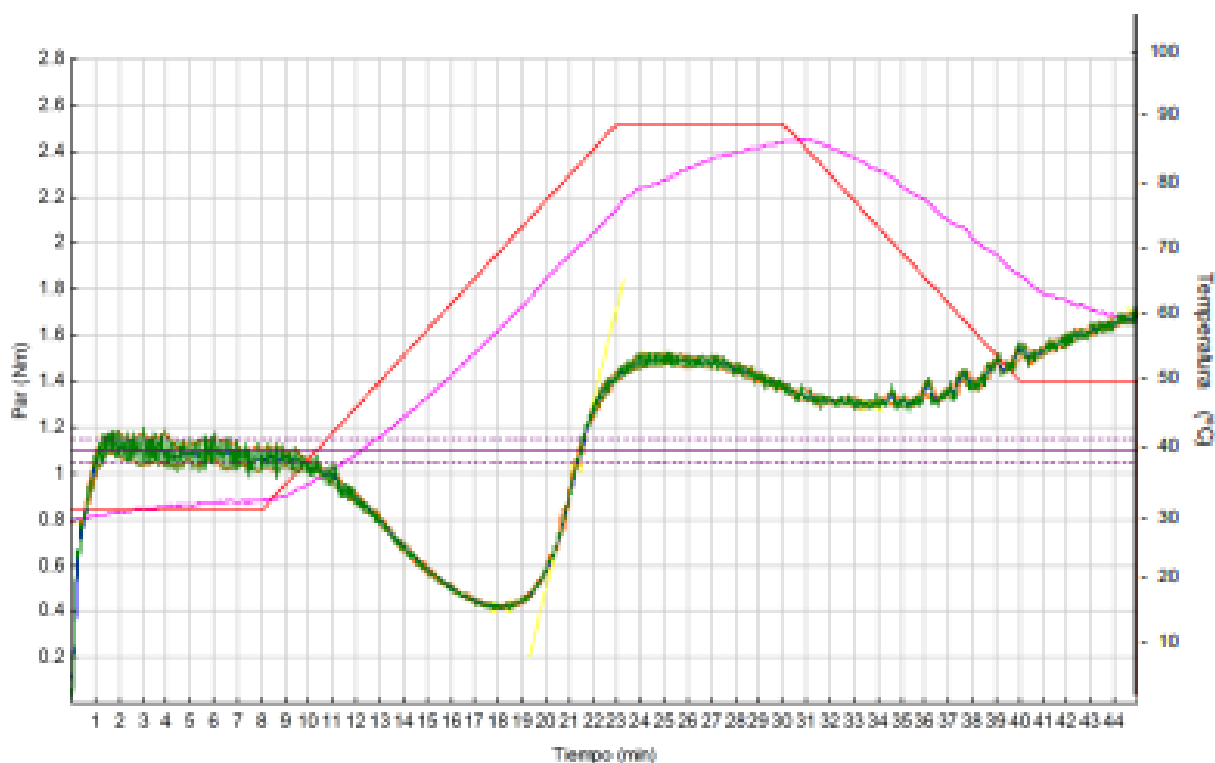


Figura 56. Curva mixográfica de la harina de flujo réplica 2

Mixolab

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92300 VILLENEUVE LA GARENNE
 FRANCE

Harina de Trigo_PR1PA - Harina de Trigo_PR1PA_3

Fecha : 24/05/2022 Hora : 11:02

Muestra :

Hydration : 68.7 % base 14% (b14)

Contenido de 13.70 %

Indice: 9-65-244

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.102	Nm/min
β :	0.264	Nm/min
γ :	-0.048	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8.13	1.146	30.9	0.088	10.10
C5	8.00	1.141	30.9		0
C2	16.67	0.593	55.3		
C3	23.70	1.566	81.3		
C4	31.92	1.304	85.6		
C5	45.02	1.829	57.9		

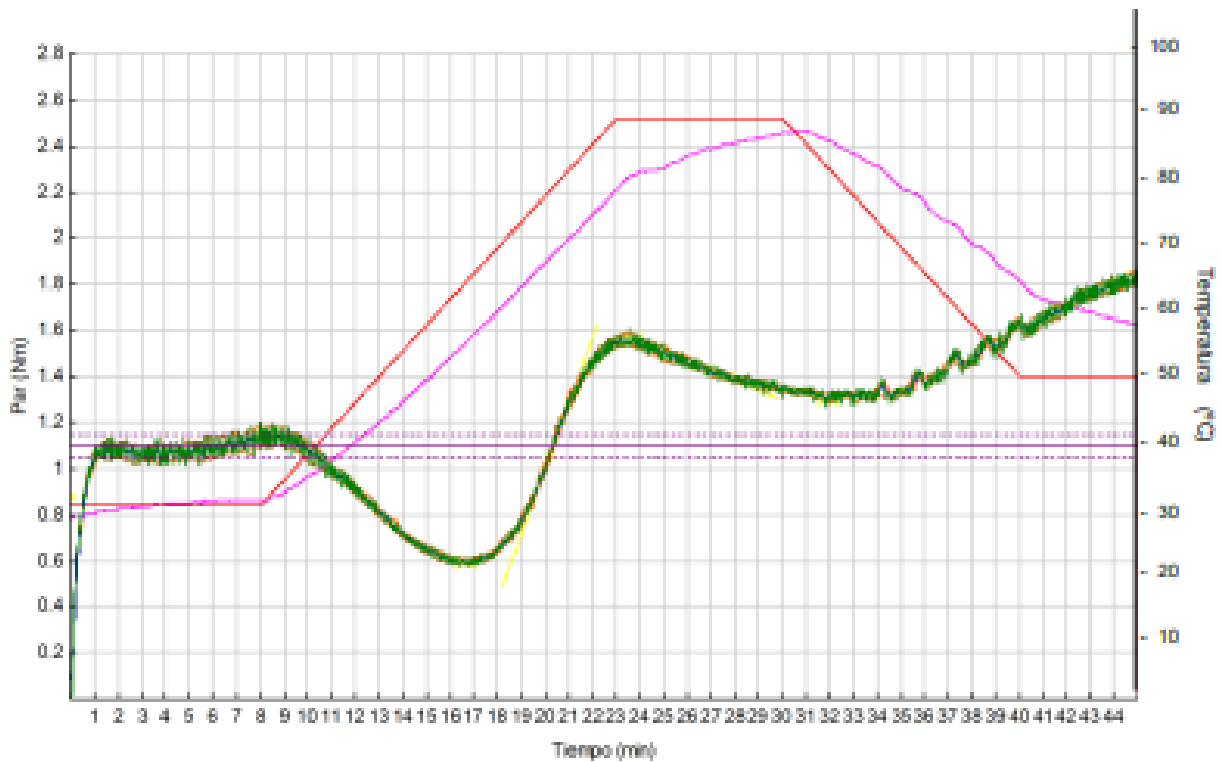


Figura 57. Curva mixográfica pasaje R1-PA réplica 1

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

Harina de Trigo_PR1PA - Harina de Trigo_PR1PA_4

Fecha : 24/05/2022 Hora : 11:58

Muestra :

Hydration : 68.7 % base 14% (b14)

Contenido de 13.70 %

Indice: 9-66-254

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.108	Nm/min
β :	0.258	Nm/min
γ :	-0.004	Nm/min

	Tiempo (min)	Pa (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8.30	1.136	32.1	0.072	10.20
C5	8.00	1.124	31.9		0
C2	16.35	0.596	54.9		
C3	23.17	1.558	80.1		
C4	33.05	1.309	84.8		
C5	45.02	1.828	98.4		

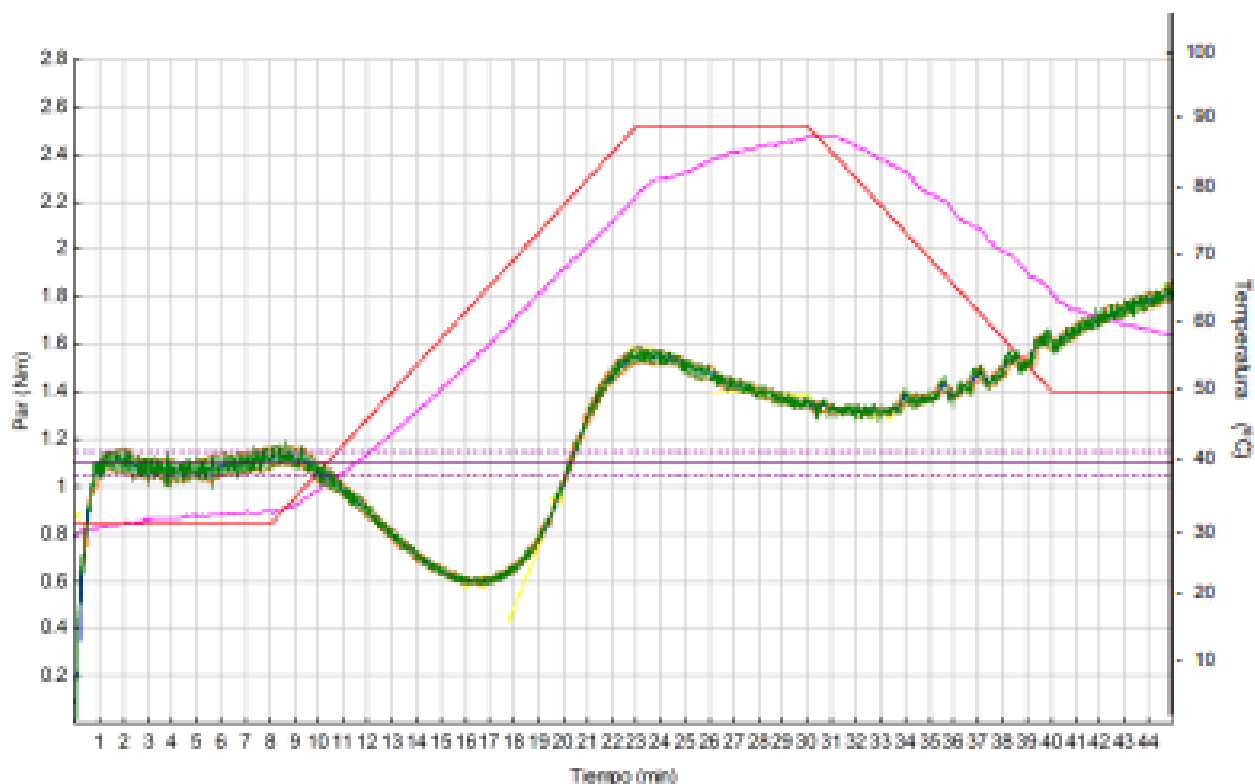


Figura 58. Curva mixográfica pasaje R1-PA réplica 2

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92300 VILLENEUVE LA GARENNE
 FRANCE

Harina de trigo_PR2PA - Harina de trigo_PR2PA_4

Fecha : 03/05/2022 Hora : 11:28

Muestra :

Hydration : 62.3 % base 14% (b14)

Contenido de 14.50 %

Indice: 8-54-464

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.100	Nm/min
β :	0.338	Nm/min
γ :	-0.022	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8.00	1.149	31.8	0.000	10.20
C5	8.00	1.122	31.3		8.05
C2	16.00	0.538	55.0		
C3	24.00	1.686	80.3		
C4	32.77	1.428	84.6		
C5	45.00	1.983	58.8		

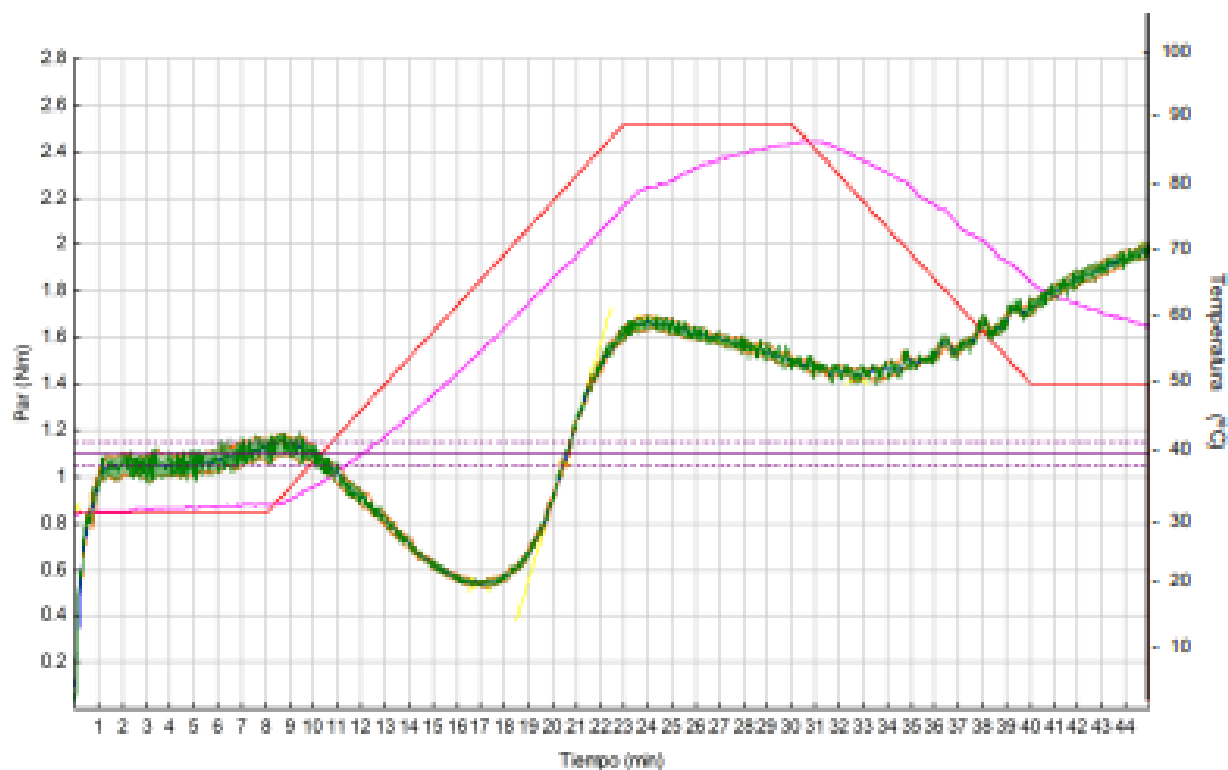


Figura 59. Curva mixográfica pasaje R2-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PR2PA - Harina de trigo_PR2PA_5

Fecha : 03/05/2022 Hora : 12:39

Muestra :

Hydration : 62.3 % base 14% (b14)

Contenido de 14.50 %

Indice: 8-64-364

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.094	Nm/min
β :	0.342	Nm/min
γ :	-0.022	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8.45	1.141	31.8	0.089	10.40
C5	8.00	1.127	31.7		8.2
C2	17.03	0.541	55.1		
C3	24.15	1.684	80.4		
C4	33.08	1.422	84.5		
C6	45.02	1.991	59.1		

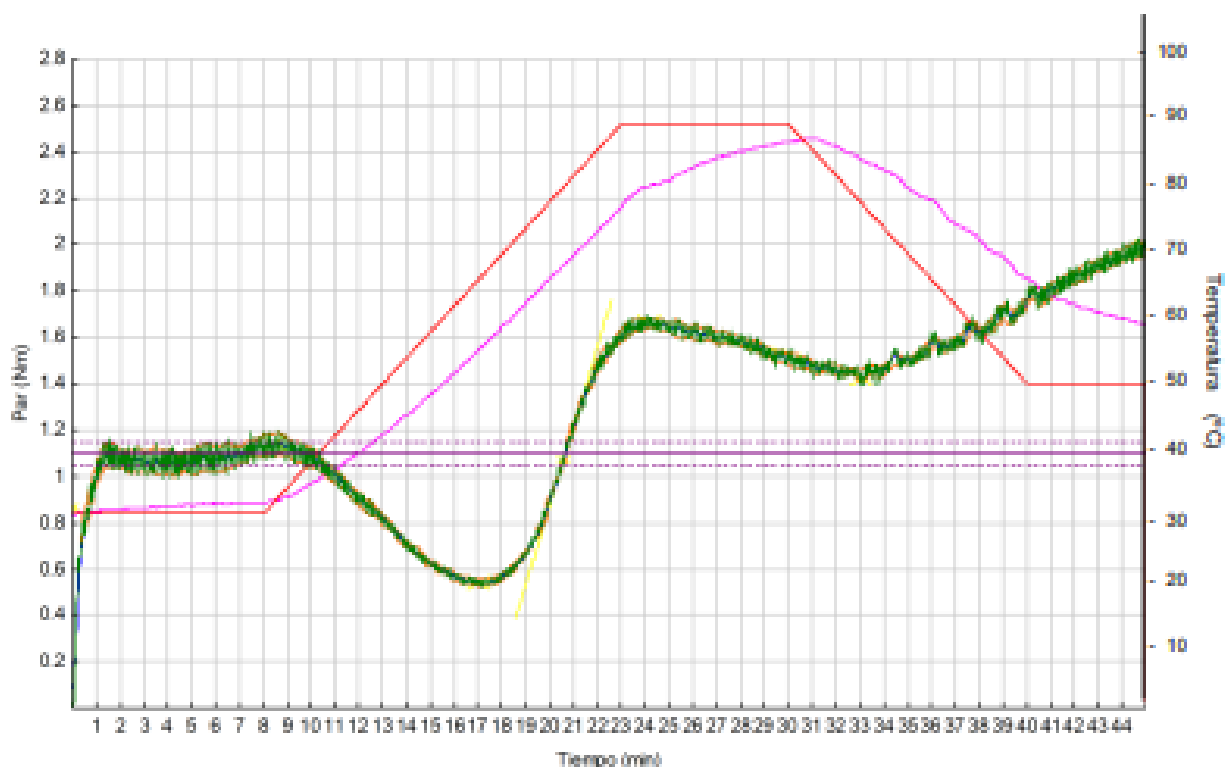


Figura 60. Curva mixográfica pasaje R2-PA réplica 2

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

Harina de trigo_PC1PA - Harina de trigo_PC1PA_3

Fecha : 04/05/2022 Hora : 10:23

Muestra :

Hydration : 60.9 % base 14% (b14)

Contenido de 14.30 %

Indice: 7-67-675

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.098	Nm/min
β :	0.418	Nm/min
γ :	-0.028	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.20	1.135	32.6	0.080	10.60
C8	8.00	1.084	31.0		0
C2	16.83	0.533	58.1		
C3	23.45	1.807	81.1		
C4	34.00	1.612	82.5		
C5	45.02	2.309	88.4		

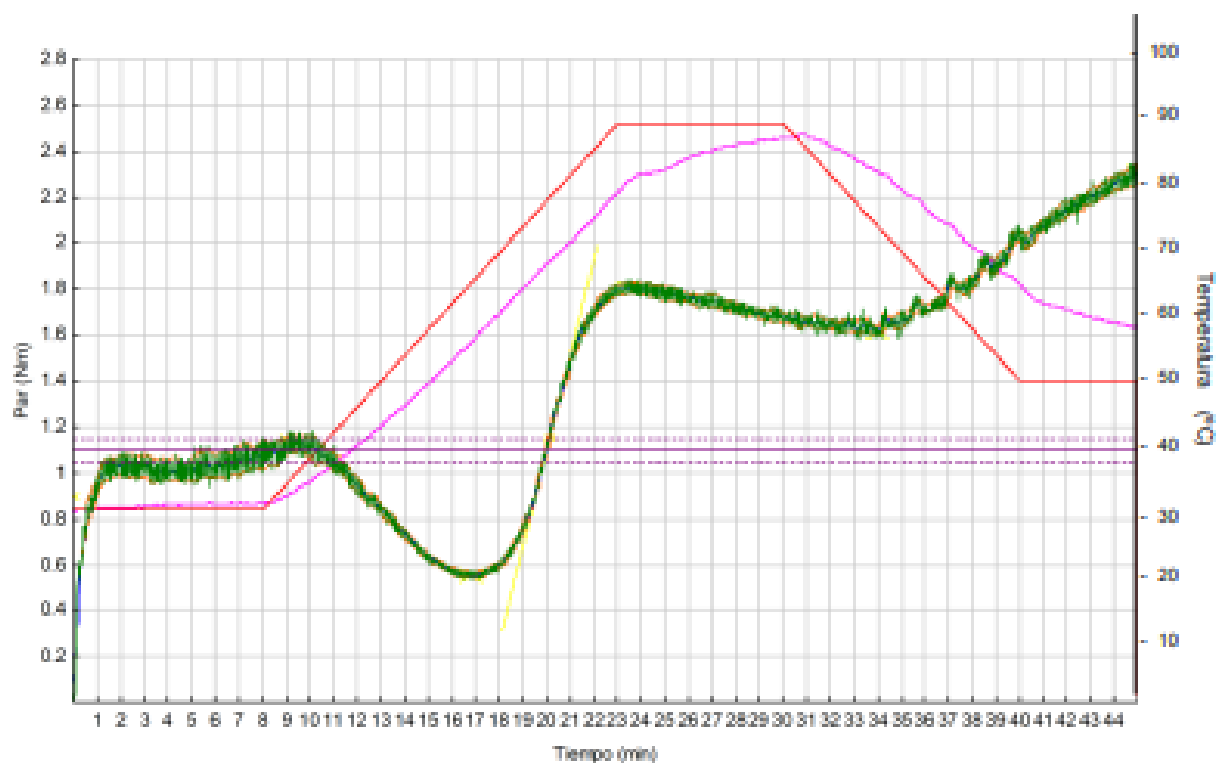


Figura 61. Curva mixográfica pasaje C1-PA réplica 1

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

Harina de trigo_PC1PA - Harina de trigo_PC1PA_5

Fecha : 04/05/2022 Hora : 11:48

Muestra :

Hydration : 60.1 % base 14% (b14)

Contenido de 14.30 %

Indica: 7-67-675

Protocolo : Chopin+

Peso de la masa : 75.0 g

Temperatura del depósito : 30.0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0.004	Nm/min
β :	0.404	Nm/min
γ :	-0.030	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	9.37	1.174	33.4	0.106	10.60
C8	8.00	1.118	31.4		0
C2	16.57	0.583	55.1		
C3	23.50	1.848	81.8		
C4	32.92	1.887	85.1		
C5	45.00	2.344	58.8		

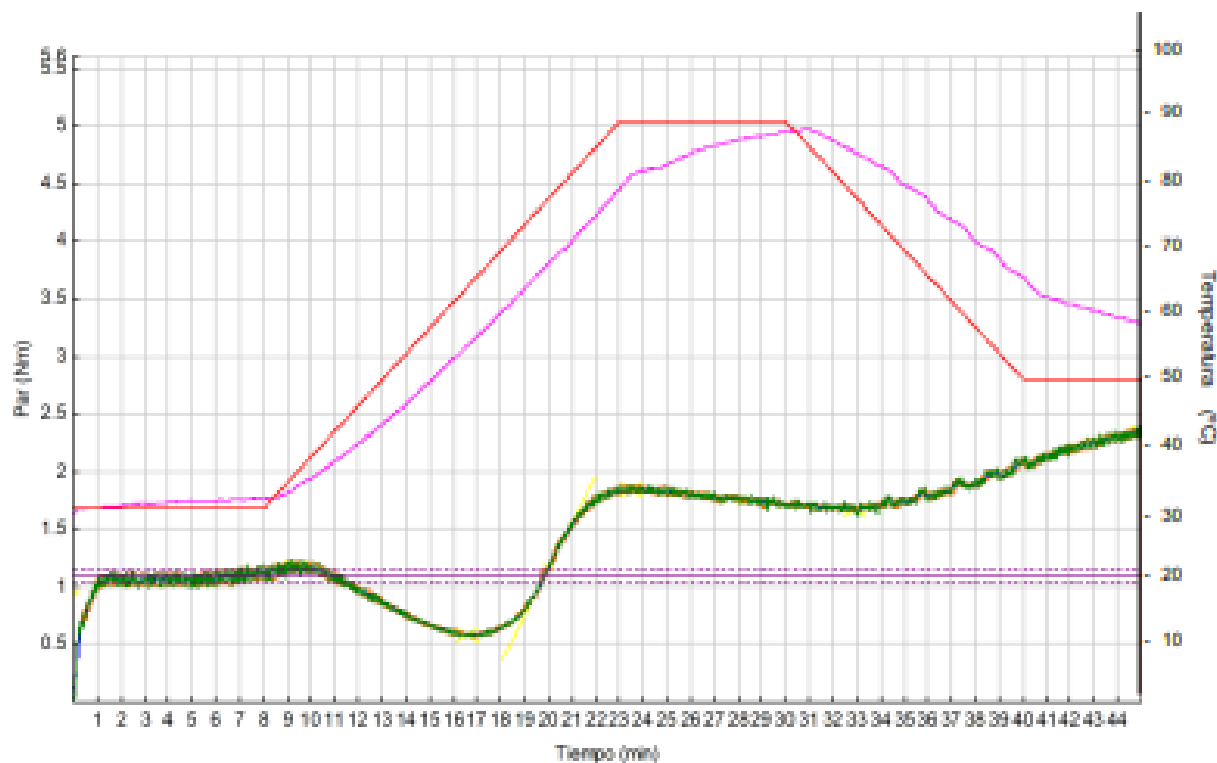


Figura 62. Curva mixográfica pasaje C1-PA réplica 2

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

Vibro - Harina de trigo_PVib_1

Fecha : 13/05/2022 Hora : 15:05
 Muestra :
 Hydration : 64.7 % base 14% (b14)
 Contenido de : 13.20 %
 Índice: 8-55-132

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

α :	-0.130	Nm/min
β :	0.268	Nm/min
γ :	-0.044	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	2.15	1.099	30.6	0.102	11.00
C5	8.00	1.044	31.9		8.17
C2	17.88	0.470	58.5		
C3	23.90	1.247	80.3		
C4	32.38	0.943	85.2		
C5	48.00	1.337	58.1		

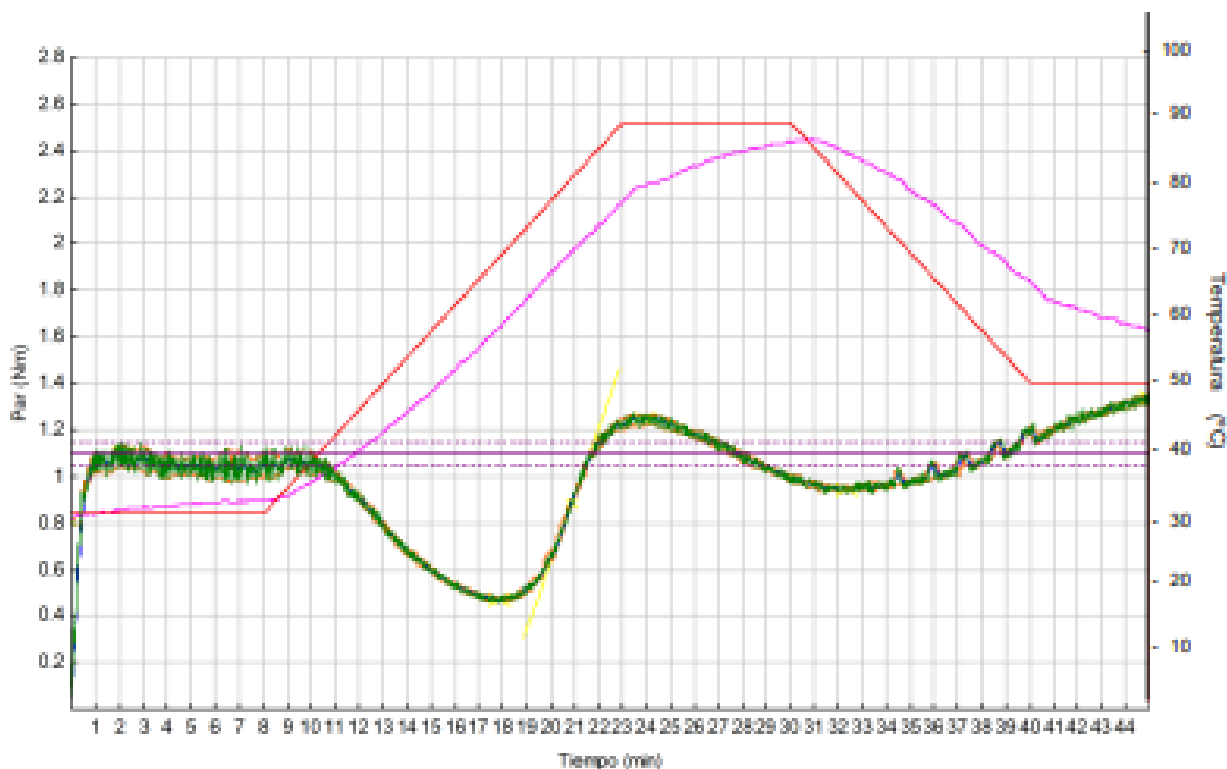


Figura 63. Curva mixográfica pasaje Vibro réplica 1

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

Harina de trigo_PVibro - Harina de trigo_PVibro_2

Fecha : 13/05/2022 Hora : 10:23
 Muestra :
 Hydration : 65.2 % base 14% (b14)
 Contenido de : 13.20 %

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

α :	-0.120	Nm/min
β :	0.276	Nm/min
γ :	-0.034	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	2.10	1.062	30.7	0.064	10.90
C5	8.00	1.021	31.9		8.28
C2	17.82	0.460	57.7		
C3	23.73	1.240	79.6		
C4	32.38	0.939	85.1		
C6	44.97	1.331	58.2		

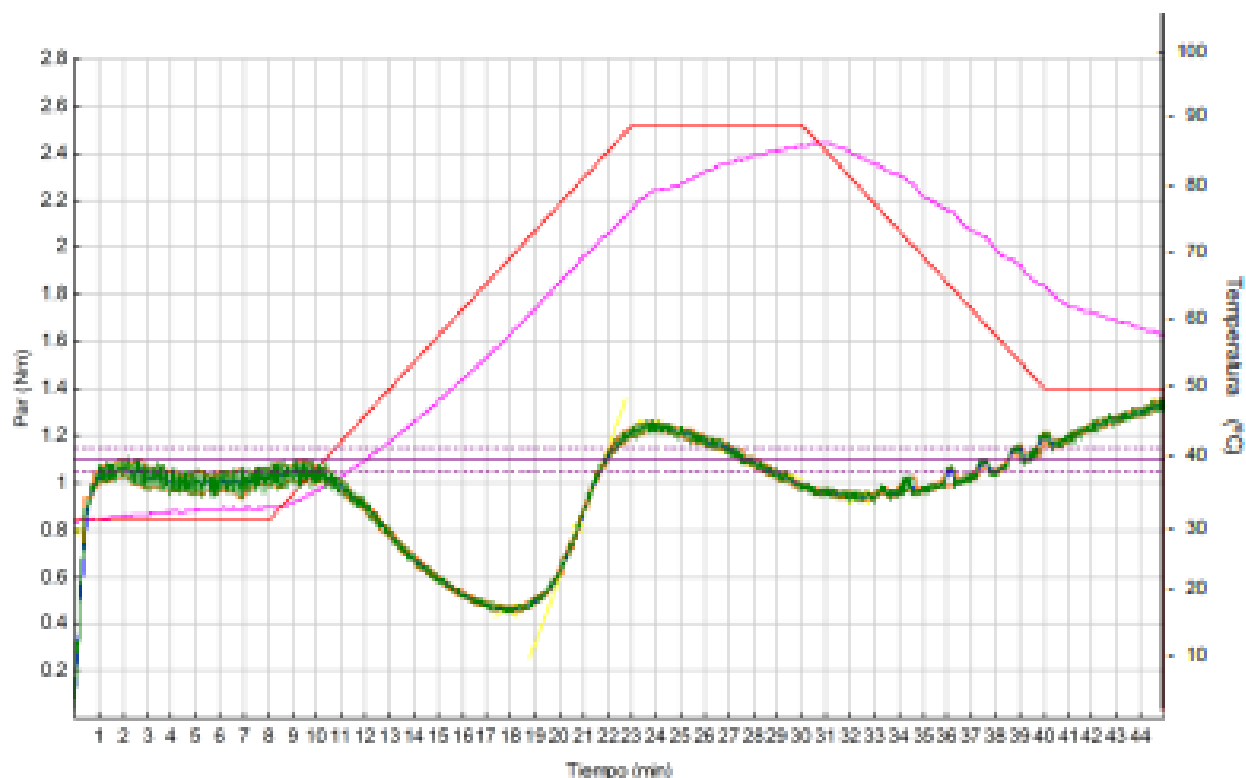


Figura 64. Curva mixográfica pasaje Vibro réplica 2

D. Normativa vigente para harina de origen vegetal



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 616
Cuarta revisión
2015-01

HARINA DE TRIGO. REQUISITOS

WHEAT FLOUR. REQUIREMENTS

DESCRPTORES: Productos alimenticios, cereales, productos derivados, harina de trigo, requisitos
ICS: 67.090

ii
Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINA DE TRIGO REQUISITOS	NTE INEN 616:2015 Cuarta revisión 2015-01
---	---------------------------------------	--

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo destinadas al consumo humano y al uso en la elaboración de otros productos alimenticios.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias con fecha, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier enmienda).

NTE INEN 517, *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas*

NTE INEN 520, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*

NTE INEN 521, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable*

NTE INEN 525, *Determinación del bromato de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral (Método cualitativo y cuantitativo)*

NTE INEN 1334-1, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos*

NTE INEN 1334-2, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*

NTE INEN 1334-3, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables*

NTE INEN 1529-8, *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli*

NTE INEN 1529-10, *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*

NTE INEN-CODEX 192, *Norma general del Codex para los aditivos alimentarios (Mod)*

NTE INEN-CODEX 193, *Norma general para los contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y piensos*

NTE INEN-CODEX STAN 228, *Métodos de análisis generales para los contaminantes*

NTE INEN-ISO 712, *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia*

NTE INEN-ISO 2171, *Cereales, leguminosas y subproductos. Determinación del rendimiento de cenizas por incineración*

NTE INEN-ISO 20483, *Cereales y leguminosas. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta. Método Kjeldahl*

NTE INEN-ISO 24333, *Cereales y productos derivados. Toma de muestras*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 11085, *Cereales, productos a base de cereales y alimentos para animales. Determinación del contenido de grasa bruta y grasa total mediante el método de extracción Randall*

NTE INEN-ISO 21415-1, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación de gluten húmedo mediante un método manual*

NTE INEN-ISO 21415-2, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 2: Determinación de gluten húmedo por medios mecánicos*

ISO 15141-1, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 1: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en gel de sílice*

ISO 15141-2, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 2: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en bicarbonato*

Rec. TE INEN-OIML R 87, *Cantidad de producto en paquetes*

AOAC 2003.06, *Grasa bruta en piensos, granos de cereales y forrajes. Método de extracción Randall/Soxhlet*

AOAC 997.02, *Contaje de mohos y levaduras en alimentos. Película seca rehidratable. (Método Petrifilm™)*

AOAC 991.14, *Coliformes y Escherichia coli. Contaje en alimentos. Película seca rehidratable (Método Petrifilm™ E. coli/Coliform)*

AOAC 2000.03, *Ocratoxina A en Cebada. Inmunofinidad por columna de HPLC columna*

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones.

3.1 Harina de trigo. Producto que se obtiene de la molienda de los granos de trigo. Puede o no tener aditivos alimentarios.

3.2 Fortificación o enriquecimiento. Adición de uno o más micronutrientes a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población.

3.3 Harina fortificada. Harina de trigo a la que se ha adicionado vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes.

3.4 Agentes de tratamiento de harinas. Aditivos alimentarios que se añaden a la harina de trigo para mejorar su funcionalidad.

3.5 Gluten. Sustancia viscoelástica compuesta principalmente por dos fracciones proteicas (gliadina y glutenina) hidratadas.

3.6 Leudante. Toda sustancia química u organismo que actúa como agente de gasificación mediante la producción de dióxido de carbono (CO₂).

3.7 Harina autoleudante. Harina de trigo que contiene sustancias leudantes.

3.8 Harina integral. Harina elaborada a partir de granos de trigo que conserva el salvado y el germen.

4. CLASIFICACIÓN

La harina de trigo se clasifica de acuerdo a su uso en:

4.1 Harina de trigo para panificación,

4.2 Harina de trigo para pastificios,

4.3 Harina de trigo para pastelería y galletería,

4.4 Harina de trigo autoleudante,

4.5 Harina de trigo para todo uso,

4.6 Harina de trigo integral.

5. REQUISITOS

5.1 Generalidades

La harina de trigo debe cumplir los siguientes requisitos:

- Estar exenta de cualquier peligro físico, químico o biológico que afecte la inocuidad del producto,
- Tener un olor y sabor característico del grano de trigo molido.

5.2 Requisitos físicos y químicos

Para efectos de esta norma deben cumplirse los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

REQUISITOS	Unidad	Paesificas	Paesificas	Paesificas y galatena	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Gluten húmedo, mínimo	%	28	26	20	20	25	-	NTE INEN-ISO 21415-1 o NTE INEN-ISO 21415-2
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	2	3	NTE INEN-ISO 11085 AOAC 2003.08**
Tamaño de partícula Pasa por un tamiz de 212 µm, mínimo	%	95					-	NTE INEN 517

* Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $w_N = 5,7$.
** Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

5.3 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malleados con actividad enzimática, fabricados con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

NOTA: La harina de trigo puede ser tratada con enzimas como coadyuvantes tecnológicos, el nivel de uso debe estar de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación, BPF.

5.4 Aditivos alimentarios

5.4.1 La harina de trigo debe cumplir con el nivel máximo permitido de los aditivos y de los agentes de tratamiento de harinas, conforme a lo establecido en la NTE INEN-CODEX 192.

5.4.2 Bromato de potasio

En la harina de trigo no se admite el uso de bromato de potasio. La determinación debe realizarse según la NTE INEN 525, cuyo resultado debe ser "ausencia".

5.5 Sustancias de fortificación

La harina de trigo debe fortificarse conforme al "Reglamento de fortificación y enriquecimiento de la harina de trigo en el Ecuador para la prevención de las anemias nutricionales" y sus reformas vigentes.

Los métodos de ensayo para determinar las sustancias de fortificación en la harina de trigo, utilizados con fines de control de calidad, se muestran en el apéndice Y.

5.6 Requisitos microbiológicos

La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para la harina de trigo

REQUISITO	UNIDAD	Caso	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1×10^3	1×10^4	NTE INEN 1529-10 AOAC 997.02*
E. Coli	UFC/g	5	5	2	< 10	-	NTE INEN 1529-8 AOAC 991.14*

* Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

donde

- n Número de muestras del lote que deben analizarse,
- c Número de muestras defectuosas aceptables,
- m Límite de aceptación,
- M Límite de rechazo.

5.7 Contaminantes

La harina de trigo debe ser elaborada con granos de trigo que cumpla los niveles máximos de contaminantes establecidos en la Tabla 3 y Tabla 4, según la NTE INEN-CODEX 193.

TABLA 3. Metales pesados en granos de trigo

Metal	Nivel máximo mg/kg
Cadmio	0,2
Plomo	0,2

El análisis de contaminantes para fines de control de calidad puede realizarse de acuerdo a los métodos indicados en la NTE INEN-CODEX STAN 228.

TABLA 4. Micotoxinas en granos de trigo

Micotoxina	Nivel máximo mg/kg
Ocratoxina A	5

El análisis de ocratoxina A puede realizarse de acuerdo a las ISO 15141-1 o ISO 15141-2. El método AOAC 2000.03 puede ser utilizado para fines de control de calidad.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestras

Las muestras que se tomen para el ensayo pueden realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 24333 y para la determinación de la cantidad de muestras puede realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 2850-1.

7. ENVASADO Y ROTULADO

7.1 Envasado

La harina debe envasarse en recipientes de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto. Como requisito metrológico debe utilizarse la Recomendación Técnica INEN-OIML R 87.

7.2 Rotulado

El rotulado del producto contemplado en esta norma debe cumplir con lo especificado en las NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

APÉNDICE Y

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LAS SUSTANCIAS DE FORTIFICACIÓN

TABLA Y.1 Métodos de ensayo para la determinación de las sustancias de fortificación

Sustancia de fortificación	Método de ensayo
Hierro	AOAC 944.02, Hierro en harina. Método espectrofotométrico. AOAC 999.11, Plomo, cadmio, cobre, hierro y zinc en alimentos. Espectrofotometría de absorción atómica tras incineración en seco
Niacina	AOAC 975.41, Niacina y niacinamida en productos cereales. Método automatizado AOAC 961.14, Niacina y niacinamida en medicamentos, alimentos y piensos. Método colorimétrico
Tiamina	AOAC 953.17, Tiamina (vitamina B ₁) en productos de granos. Método fluorométrico (rápido) AOAC 957.17, Tiamina (vitamina B ₁). Método fluorométrico
Riboflavina	AOAC 970.65, Riboflavina (vitamina B ₂) en alimentos y preparaciones vitamínicas. Método fluorométrico AOAC 981.15, Riboflavina (vitamina B ₂) en alimentos y preparaciones vitamínicas. Método automatizado
Acido fólico*	AOAC 944.12, Acido fólico (ácido pteroilglutámico) en preparaciones vitamínicas

* Otro método de ensayo para determinar ácido fólico en cereales fortificados puede ser: Eolo S Ouseyl, Randy L Wehling, Julie A Albrecht. Liquid chromatographic method for determining added folic acid in fortified cereal products. Journal of Chromatography A, Volume 826, Issue 2, 27 November 1998, Pages 235-240.

APÉNDICE Z**BIBLIOGRAFÍA**

CAC/GL 10-1979:2008 *Listas de referencia de compuestos de nutrientes para su utilización en alimentos para fines dietéticos especiales destinados a los lactantes y niños pequeños.*

CODEX STAN 152-1985:1995, *Norma del Codex para la harina de trigo.*

CODEX STAN 178-1991:1995, *Norma del Codex para la sémola y la harina de trigo duro.*

CAC/GL 09-1987:1991, *Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos.*

NTC 267:2007, *Harina de trigo.*

NB 680:2006, *Harina y derivados. Harina de trigo. Requisitos.*

COVENIN 217:2001 *Harina de trigo.*

NTP 205.027:1986, *Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.*

NMX-F-007-1982, *Alimento para humanos. Harina de trigo.*

Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs, Part 184 *Direct food substances affirmed as generally recognized as safe.* Food and Drug Administration.

Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs, Part 137 *Cereal flours and related products.* Food and Drug Administration.

PRESIDENTIAL DECREE N° 187 *Regulation for the revision of laws concerning the production and sale of milling products and pasta, pursuant to Article 50 of Law N° 146, dated 22 February 1994.* Official Journal n. 117. Roma. 2001.

Seventy-first meeting of the Joint FAO/WHO and Expert Committee on Food Additives (JECFA) WHO *Food Additives series: 62 Safety evaluation of certain food additives.* World Health Organization. Ginebra. 2010.

United Nations Children's Fund, United Nations University and World Health Organization *Iron Deficiency Anaemia. Assessment, Prevention and Control.* World Health Organization. Ginebra. 2001.

Microorganisms in Foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and Specific applications. Second edition. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1986.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 616 Cuarta revisión	TÍTULO: HARINA DE TRIGO. REQUISITOS	Código ICS: 67.060
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo: 2005-12-14 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 06-024 de 2006-01-12 publicado en el Registro Oficial No. 195 de 2006-01-25 Fecha de iniciación del estudio: 2014-04-07	
Fechas de consulta pública: 2014-07-23 al 2014-08-07		
Comité Técnico de: Cereales y leguminosas		
Fecha de iniciación: 2014-08-06	Fecha de aprobación: 2014-10-08	
integrantes del Comité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Erika Mosquera (Presidenta)	LA INDUSTRIA HARINERA S.A.	
Alejandro Jaramillo	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Álvaro Mayorga Chávez	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Andrés Guerrón	CORPORACIÓN SUPERIOR	
Angélica Murillo	MOLINOS POULTIER S.A.	
Carolina Zambrano	TIOSA	
Clara Benavides	GRANOTEC	
Emiliano Zapata	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Fanny Fernández Guamán	MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	
Héctor Recalde	MOLINOS MIRAFLORES S.A.	
José Modesto Ponce	ASEORIA TÉCNICA	
Katherine Carrera	MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD	
Lucía Navas	AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN Y VIGILANCIA SANITARIA	
Marcela Balseca	SUCESORES DE JACOBO PAREDES S.A (TOSCANA)	
Medardo Garoís	INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	
Mireya Moya	MOLINOS ROYAL	
Paulina Arias Machado	MODERNA ALIMENTOS S.A.	
Victor Campos	3M ECUADOR	
Margoth Casco (Secretaría Técnica)	SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN	
Otros trámites: Esta norma NTE INEN 616:2015 (Cuarta revisión) reemplaza a la NTE INEN 616:2006 (Tercera revisión)		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 14497 de 2014-12-04 Registro Oficial No. 417 de 2015-01-15		