

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la FAO¹, cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas y galletas. Es importante mencionar que el concepto de harinas compuestas se fue extendiendo, modificando a medida que pasaba el tiempo y se realizaban más investigaciones. Las harinas compuestas pueden prepararse también a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo. En 1975, el INCAP² propuso extender el concepto de harinas compuestas para cubrir también otro tipo de harinas que no fuera necesariamente solo a base de cereales y tubérculos o usada únicamente para la preparación de productos de panadería, como es el caso de las harinas compuestas, desarrolladas para la preparación de alimentos de alto valor nutritivo a base harina de cereales, leguminosas, oleaginosas y otras. (Luis G. Elías, 1996).

El proceso de obtención de harinas compuestas entre cereales – leguminosas viene siendo estudiado desde años atrás, con la finalidad de que se complementen y potencien sus valores nutricionales, específicamente se quiere que se complementen los aminoácidos esenciales, dando como resultado un producto en contenido de proteína de alta calidad. De esta manera también se da otro tipo de valor agregado a las leguminosas.

Bastantes proyectos similares o parecidos para la obtención de harinas compuestas para producir alimentos de alto valor nutritivo a partir de una base de mezcla cereales – leguminosas, se realizaron en varios países. Una de las investigaciones se llevó a cabo en Perú en el departamento de Junín. En el proyecto propusieron la elaboración de una mezcla alimenticia a base de Tarwi, quinua, maca y lúcuma mediante extrusión. El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de obtener una mezcla alimenticia de calidad

¹ Organización para la Agricultura y la Alimentación

² Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá

proteica, dirigida a niños en edad preescolar. Se ensayaron formulaciones diferentes utilizando proporciones de los ingredientes, tomando como criterio para la selección de esta mezcla el mejor cómputo químico³ siendo favorecida la mezcla que contiene 10% de Tarwi, 78% de quinua, 7% de maca y 5% harina de lúcuma. Posteriormente la mezcla fue humectada a humedades de 11%, 15%, 18%. Estas mezclas fueron sometidas al proceso de cocción extrusión a temperaturas de 150°C y 180°C a una velocidad de rotación del tornillo sin fin constante de 457rpm. Cada una de estas mezclas extruidas sometidas a diferentes tratamientos fueron evaluadas para la selección de la mezcla con mejor índice de gelatinización. La mezcla tratada con 15% de humedad, 180°C de temperatura y 457 rpm, fue la que obtuvo el mayor índice de gelatinización de 95.30% considerándose un buen índice de cocción de la mezcla instantánea. Huaccho, Lope (2007).

Otro proyecto en Quito, Ecuador se propuso un proceso de producción de una bebida instantánea en polvo a base de harina pre cocida de amaranto, quinua, maíz y plátano para niños en etapa escolar. Para la elaboración de dicho producto, se establecieron tres formulaciones con contenido de harina de semillas de amaranto reventadas entre 35 y 40%. La formulación con mayor aceptación fue la constituida por 40% de harina de amaranto, 25% de harina pre cocida de quinua, 20% de harina pre cocida de plátano y 15% de harina pre cocida de maíz. García, Idrovo (2010).

En Antofagasta, Chile se desarrolló de una bebida de alto contenido proteico a partir de la mezcla de los extractos líquidos de un pseudocereal, quinua y dos plantas leguminosas: algarrobo y lupino, saborizándose con pulpa de frambuesa para contribuir en la alimentación de niños entre 2 a 5 años. La formulación se definió por programación lineal, se determinó su composición por análisis proximal⁴ y se realizaron pruebas físicas, microbiológicas y de aceptación sensorial. Cerezal, Acosta, Rojas, Romero y Arcos (2011).

³ Que consiste en dividir la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en los concentrados proteicos entre la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en la proteína de referencia y multiplicar este valor por cien (100).

⁴ El análisis proximal comprende la determinación de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos.

En El Salvador desarrollaron una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar. Donde a partir de formulaciones de 70% cereales y 30% leguminosas, se estableció una formulación aceptable sensorial y nutricionalmente con 40% sorgo, 26% arroz y 34% soya. Una de las etapas claves de este proceso es el método de pre cocción que se basa en el tostado de los granos en un horno. Alfaro, García y Méndez (2016).

En Honduras se estableció y evaluó un prototipo de harina de arroz, frijol y chía como alternativa nutricional para niños en edad preescolar. El objetivo del estudio fue elaborar una harina con proteína complementaria utilizando frijol, arroz y chía, los cereales y las leguminosas se combinaron en proporciones recomendadas por INCAP. Donde el mejor tratamiento de harina compuesta fue la de 76% arroz, 19% frijol y 5% chía. El método de pre cocción usado fue el tostado de las harinas, el arroz y el frijol por separado a 140°C por 20 minutos, las semillas de chía fueron tostadas a 130°C por 25 minutos. Solier (2016).

Por tanto, se cuenta con una vasta base de proyectos de investigación aplicada en la obtención de alimentos nutritivos para escolares a partir de diferentes mezclas de harinas compuestas precocidas de cereales – leguminosas. Estos proyectos tienen un factor en común que es solucionar los problemas de malnutrición en los escolares de manera que se logre satisfacer los requerimientos nutricionales. En Bolivia en el departamento de Tarija se cuenta con un programa llamado desayuno escolar que se encarga de proveer los insumos alimenticios, complementos nutricionales, para que se preparen los desayunos en las escuelas, es ahí donde el presente proyecto está alineado al mismo objetivo mediante el desarrollo de una harina compuesta pre cocida en el departamento de Tarija. A continuación, se muestra la producción de cereales y leguminosas en el departamento de Tarija que usaremos para el proyecto.

Tabla I-1 Tarija: producción por año agrícola, cultivos 2020
(En toneladas métricas)

	DESCRIPCIÓN	2019-2020
1	Cañahua	0
2	Cebada en grano	534
3	Maíz en grano	157.918
4	Quínoa	6
5	Trigo	16.727
6	Arveja	4.651
7	Haba	1.677

Fuente: INE⁵

Tarija produce una gran variedad de cereales y leguminosas en sus diferentes provincias, si bien no hay datos oficiales sobre una producción de la cereal cañahua, lo podemos adquirir en los mercados de la ciudad, principalmente en el mercado Campesino.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Obtener una harina precocida formulada a partir de granos de cereal quinua (*Chenopodium quinoa*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), maíz (*Zea mays amyloacea*), trigo (*Triticum spp*) y cebada (*Hordeum vulgare*); y leguminosas, como complemento nutricional aplicados a programas de desayuno escolar.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima: maíz, trigo, cebada, quinua, cañahua, haba y arveja.
- Analizar y seleccionar el proceso tecnológico experimental de obtención de harinas pre cocidas formuladas a partir de granos de cereal y leguminosas.
- Diseñar y ejecutar la fase experimental del proceso tecnológico de obtención harina

⁵ Instituto Nacional de Estadística

pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas.

- Realizar una prueba sensorial de sabor, olor, textura y apariencia.
- Determinar y valorar las propiedades físico – químicas; así como los parámetros de calidad de la harina compuesta por cereales y leguminosas obtenida en la fase experimental.
- Determinar el rendimiento del proceso tecnológico de obtención utilizado para la obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas.

1.3. Justificación

1.3.1. Impacto tecnológico

Se explora en el proceso de transformación de granos a harinas compuestas instantáneas, para lograr que el producto sea una harina instantánea o pre cocida es clave una etapa de precocción eficiente.

Las experiencias tecnológicas muestran que las harinas compuestas por cereales y leguminosas se complementan aumentando la calidad proteica de la harina resultante. Consiguiendo además diversificar en cuestión a nuevos productos en el mercado del departamento de Tarija, Bolivia.

1.3.2. Impacto social

La harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas como complemento nutricional a los programas de desayuno escolar, tiene como población de estudiantes de 14 a 20 años, por su valor nutricional, es ideal para ser utilizado como un suplemento alimenticio para satisfacer los requerimientos nutricionales de proteínas, carbohidratos principalmente. Además, que no solo puede ser usado para escolares sino también para la dieta de deportistas según sus requerimientos nutricionales.

Los resultados de la investigación contribuirán al aporte técnico y científico para futuras investigaciones brindando parámetros que permiten generar nuevas mezclas de estas características con referencias técnicas como tiempo y temperatura para el tostado de los

cereales y leguminosas, resultados de valor nutricional de la materia prima y producto final estudiados ampliando las alternativas de aprovechamiento de los granos de cereal y leguminosas propias de la región.

1.3.3. Impacto económico

La producción de esta harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas será para la población una alternativa de consumo en su alimentación por sus propiedades nutricionales (sobre todo por su contenido de proteínas y carbohidratos), creando así una demanda para los agricultores en la producción de dichos granos y legumbres.

De este modo se continúa dando valor agregado a la materia prima nacional y regional en este caso maíz, trigo, cebada, quinua, cañahua, haba y arveja. Una ventaja competitiva de este producto es la disponibilidad, accesibilidad de los mismos y el precio de la materia prima que es relativamente bajo como es el caso del maíz, trigo, cebada y haba, el caso de la quinua, cañahua y arveja los precios no son tan bajos pero la cantidad de ellos en el producto no supera el 30%.

1.3.4. Impacto ambiental

En el proceso elaboración de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas generan residuos como ser granos de descarte clasificados de baja calidad generados en la etapa de acondicionamiento, selección y limpieza de la materia prima; cuyo reúso se propone como materia prima en la industria de la avicultura como alimento directo o como parte de alimento balanceado.

Otros residuos de alto contenido celulósico son las cáscaras de las leguminosas, que por su naturaleza orgánica pueden ser tratados biológicamente como parte de compost orgánico.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Situación socioeconómica, educativa y nutricional en Bolivia

Bolivia al igual que muchos países latinoamericanos presenta una realidad dual, por un lado sectores productivos con alto dinamismo, capacidad de consumo y protecciones institucionales al empleo, la vivienda y al conjunto de servicios básicos (salud, educación y seguridad alimentaria), y por otro lado la existencia de una alta porción de la población insertada en los sectores menos dinámicos, sin un acceso adecuado a los servicios básicos, ni la protección institucional a las condiciones de trabajo o ingresos insuficientes para satisfacer las necesidades básicas.

La población más vulnerable son los niños debido a que su alimentación depende de sus familias. Para que ellos ejerzan su derecho a la alimentación debe crearse una atmósfera propicia en la que se pueda garantizar su acceso a la alimentación adecuada.

Si los niños y las familias no pueden gozar del derecho a la alimentación con los medios que tienen a su disposición debe prestársele apoyo, por ejemplo, con programas de alimentación escolar o ayuda alimentaria en el caso de desastres naturales o de otro orden. Los alimentos entregados con este tipo de apoyo deben satisfacer las necesidades de la dieta de los niños (FAO 2010).

2.1.1. Pobreza en Bolivia

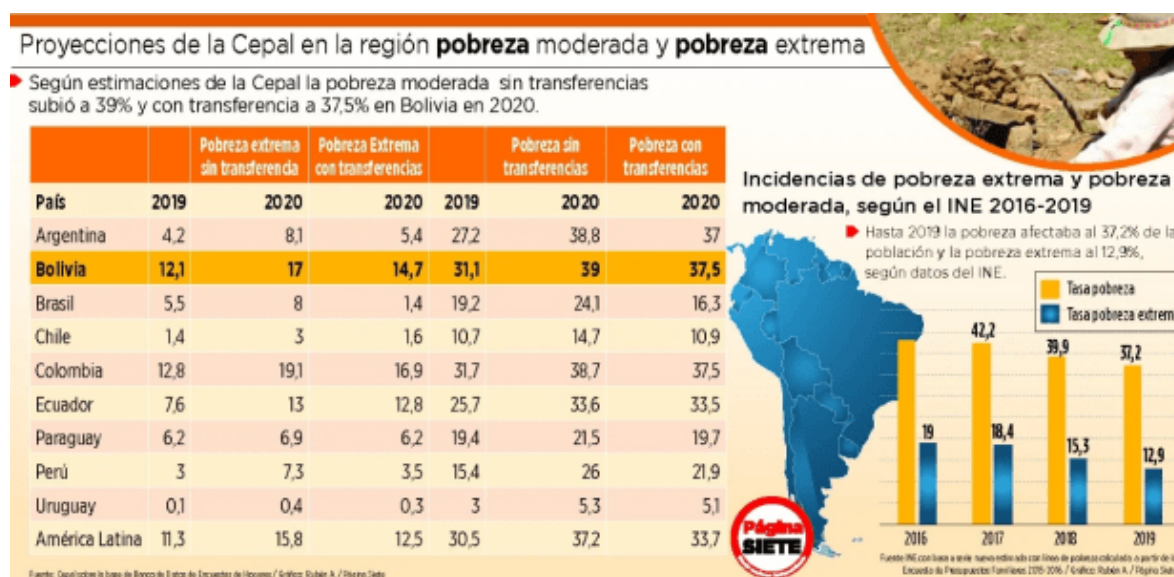
Con frecuencia las personas que viven en la pobreza no pueden ejercer plenamente el derecho a la alimentación, porque no pueden comprar alimentos adecuados ni tienen los medios para cultivarlos ellos mismos. No obstante, el hecho de que no tengan los medios para obtener alimentos es también el resultado de pautas persistentes de discriminación en el acceso a la educación y la información, la participación política y social, y el acceso a la justicia (FAO 2010).

En 2020 en Bolivia la pobreza moderada aumentó de 31,1% a 37,5% y la pobreza extrema de 12,1% a 14,7% (con transferencias), producto de la crisis y la pandemia del coronavirus

que golpeó al mundo, según las estimaciones de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

El documento revela que la pobreza moderada sin las transferencias de ingresos de emergencia hubiese alcanzado una tasa de 39%, mientras que la pobreza extrema estaría en 17%.

Figura 2 – 1 Proyecciones de la CEPAL en la región pobreza moderada y pobreza extrema



Fuente: <https://www.inesad.edu.bo>

2.1.2. Nutrición en Bolivia

Acción social contra la anemia en la niñez

En cuanto a la anemia en menores de cinco años la meta del PDES⁶ 2016-2020 era reducir al 30% la prevalencia de niños(as) con esa deficiencia, la EDSA⁷ 2016 establece esa prevalencia en 53,7%. Entonces la principal recomendación del INE para reducirla es una “urgente toma de decisiones, acciones a gran escala y un enorme esfuerzo de coordinación para lograr la participación de la sociedad entera”.

⁶ Plan de Desarrollo Económico y Social

⁷ Encuestas de Demografía y Salud

Hasta 2016, la anemia en la niñez se redujo, pero de forma insuficiente, aún es la más alta de la región y las acciones con suplementos nutricionales han dado resultados muy modestos y por eso se plantea este apoyo nutricional desde la gestación. El INE considera que los datos justifican el rediseño de políticas, normas y protocolos para el abordaje y estudio de la anemia en pediatría.

Sobrepeso afecta a menores de cinco años

En sobrepeso y obesidad en menores de cinco años, la meta era reducir el porcentaje al 3,5%, la EDSA revela que más bien hay un incremento que llega al 10,1%. Este indicador también está afectando de manera generalizada a la niñez. Tarija (20%), Santa Cruz (13,2%) y Chuquisaca (11,5%) tienen mayor niñez con mayor registro de sobrepeso/obesidad, el promedio nacional es 10,1% en 2008 era 8,5%.

2.1.3 Programas públicos de alimentación infantil

Ley 622 de alimentación escolar

Programa Nacional de Alimentación Complementaria Escolar (PNACE)

Alimentación complementaria escolar. - Es la ración de alimentos sanos y nutritivos que las y los estudiantes reciben dentro de las Unidades Educativas, que complementa y no sustituye la alimentación del hogar y contribuye a satisfacer las recomendaciones diarias de energía y nutrientes, pudiendo ser desayuno, merienda y almuerzo escolar, según la jornada escolar de la Unidad Educativa.

Además, por su forma de abastecimiento que posibilita las compras locales, puede también tener efectos en la dinámica productiva, de transformación y de comercialización de productos.

El Ministerio de Educación, lidera la mesa de trabajo de la Alimentación Complementaria Escolar como miembro del Comité Técnico del Concejo Nacional de Alimentación y Nutrición y contribuye en la formulación de políticas públicas orientadas a mejorar la alimentación y nutrición de la población en general y la población estudiantil en particular

con acciones como la prestación de servicios que promueven una alimentación saludable con impacto en la nutrición y rendimiento escolar.

Características y tipos de raciones

Con referencia al tipo de raciones que se distribuyen, ya sea en el desayuno escolar como en la merienda y/o en el almuerzo escolar, estas varían según la Unidad Educativa, el municipio y la región. El Diagnóstico de la Alimentación Complementaria Escolar 2008-2009, identifica siete tipos de raciones, dependiendo si es desayuno; desayuno y almuerzo; alternada entre desayuno/merienda o almuerzo; y almuerzo solamente. Algunos de los tipos son elaborados por las empresas, otras raciones son preparadas en las unidades educativas, y también elaboradas por los proveedores, microempresas familiares o por los padres de familia. En algunos casos, las raciones provienen por completo de las empresas; en otros casos, esas raciones son complementadas por productos frescos que aportan los padres de familia. También se dan los casos en que las raciones son preparadas por completo por los padres de familia en base a los productos que el municipio/ONG/instituciones les aportan. Los productos que contienen las raciones son diversos, dependiendo de la región y del sector (rural-urbano), comprendiendo productos procesados o de consumo directo. Por ejemplo, está bastante difundido el consumo de leche (de soya, de vaca con avena, en polvo, chocolatada, con quinua, con wilcaparu, con arroz), yogurt, pan de cereales y leguminosas, frutas, palitos de cereales, jugo de frutas, rollo de queso, biscocho de cañahua, api, galletas, huevo con papas fritas y una serie de otros productos preparados con arroz, fideos, harinas, aceite, tojorí, azúcar, lentejas, maní, sardina, habas, manteca, sal, frejol y fritos (de choclo, de harina con queso, ensaladas de remolacha, hamburguesas y otros). Otro aspecto a resaltar es el referido al contenido nutricional de esas raciones, que también varía de un municipio a otro, y según las regiones. El problema es que sólo algunos municipios han determinado científicamente los requerimientos nutricionales para su población y los han establecido en los Documentos Base de Contratación (DBC). Muchos municipios no tienen establecidos esos requerimientos según sus potencialidades regionales productivas ni sus hábitos alimentarios, y solamente han copiado los DBC de los municipios que tienen esos requerimientos, siendo necesario el establecimiento de dietas alimentarias por región correspondientes a sus hábitos alimentarios y a sus potencialidades productivas. Los municipios que en su DBC han establecido los requerimientos nutricionales para el escolar,

por lo general demandan que los alimentos cubran ciertos porcentajes de los requerimientos de los nutrientes. Así por ejemplo, el DBC del municipio de la ciudad de La Paz estableció que las raciones escolares deben cumplir el 30% de los requerimientos en macronutrientes/día/ escolar; el 50% de las vitaminas y minerales; y el 100% de los requerimientos del hierro/día/ escolar (Datos de la UNACE, 2011, citados por Thellaeche J. 2013), **mientras que el DBC del municipio de Tarija estableció que la ración diaria** (sólida y/o líquida) de la ACE debe aportar entre el 8 % y el 10% del requerimiento diario de energía, entre el 10 y el 15% de las proteínas, entre el 10.6% y 25% del calcio, entre el 33.3% y el 38.8% del hierro y entre el 20% y 25% de la vitamina A/día/escolar. (Vásquez A. 2012). Participación de las OECAS, OECOM, MyPES y pequeños productores de la agricultura familiar campesina.

En los últimos tiempos, las organizaciones de productores (OECAS⁸, OECOM⁹, MyPES¹⁰ y pequeños productores de la agricultura familiar campesina) de las distintas regiones y municipios están desempeñando cada vez más un rol importante en la ACE, pues están constituyéndose en la fuente proveedora de la ACE a través de la diversidad de sus productos frescos y transformados, insistiendo también en ser el factor que puede impulsar el desarrollo local así como el mejoramiento de la dieta y de la nutrición escolar. La participación de estas organizaciones en la ACE se da principalmente a través de las ventas bajo la modalidad de contratación menor.

⁸ Organizaciones Económicas Campesinas, Indígena y Originarias

⁹ Organizaciones Económicas Comunitarias

¹⁰ Micro y Pequeña Empresas

Tabla II-1 Productos para el programa Alimentación Complementaria Escolar

Año	Departamento	Municipio	OECA Proveedora	Producto
2013	Chuquisaca	Sucre, Alcalá, R. Pampa, Monteagudo	APA, Coop San Isidro, AMPROMEL	Turrón y Galletas de amaranto
2012	Chuquisaca	R.Pampa, Sopachuy, Monteagudo, Zudañez, Alcalá (Total 7)	ASAFOP, Coop San Isidro, APROGAMI, ASAFOP, AIPA TOCORO, APA (Total 8)	Mote de tarwi, galletas amaranto, galletas tarwi, magdalenas de pan, mermelada, turrón de amaranto
	La Paz	Humanata(1)	ORUPA(1)	Haba y Charque
	Cochabamba	Omereque (1)	APT/grupo mujeres (1)	Api morado
	Oruro	El Choro, Challapata(2)	APROLECH, AMAGA(2)	Yogurt
Potosí	Cotagaita, Vitichi, Puna(total 3)	AMAGA, AIPAI NC, APROMICAL, ASOHABA (Total 4)	Api morado, Tojori, Jawilawa, Miel, crema de haba, lacteado de haba	
2011	Chuquisaca	Sucre, R.Pampa, Sopachuy, Alcalá Monteagudo, San Lucas, Zudañez.(7)	ASAFOP, Coop San Isidro, APROGAMI, AMPROMEL, AGROSAL, AIPA TOCORO, APA, APT Redención(total 8)	Mote y galletas de tarwi, magdalenas de pan, turrón de amaranto, yogurt, mermelada, pan
	La Paz	Puerto Carabuco (1)	ASPROGAR (1)	Cebada
	Cochabamba	Omereque, Tiraque(2)	APT Mujeres, CAC Tiraque, APARK (3)	Api morado, papa y haba frita, Yogurt,
	Oruro	Caracollo, El Choro, Challapata, Huanuni (4)	ADEPHA-OR, ASIRPAJ, APROLECH, AMAGA (4)	Galletas de quinua, yogurt
	Potosí	Cotagaita, Vitichi (2)	AIPAI NC, APROMICAL (2)	Api morado, Tojori, miel, Lawilawa
	Santa Cruz	San Carlos (1)	PROSOY (1)	Pan y leche de soya
2010	Chuquisaca	Tarvita, R.Pampa, Sopachuy, Alcalá Monteagudo, San Lucas, Zudañez, Sucre (8)	APEMAK, ASMAGOR, Cooperativa San Isidro, APROGAMI, ASAFOP, AMPROMEL, AGROSAL, AMPA, AMUASA, ASOVITA, AIPA TOCORO, APA (total 12)	Galletas Amaranto, pito de trigo, galletas, turrón de amaranto, mote y galletas de tarwi, yogurth, huevos, cereal, mermelada.
	La Paz	Puerto Carabuco (1)	ASPROGAR (1)	Cebada
	Cochabamba	Tiraque (1)	CAC Tiraque (1)	Papa y haba frita
	Oruro	Caracollo, El Choro, Pazña(3)	ADEPHA, ASIRPAJ, APROLECH, APAC Peñas (4)	Haba frita, banana frita, galletas de quinua, Yogurt
	Potosí	Cotagaita, Vitichi (2)	AIPAI NC, APROMICAL (2)	Api morado, tojori, Jawilawa, miel

Fuente: Programa Nacional del Alimentación Complementaria Escolar (PNACE 2015-2020), pág. 31

2.2.Consideraciones de la materia prima

2.2.1. Maíz (*Zea Mays Amylacea*) en la alimentación

a. Generalidades

Refiriéndose al maíz en la alimentación, José de Acosta cronista español, ha hecho referencia a las diversas formas de consumo del maíz indicando que los indígenas sudamericanos lo preparaban cocido, ingiriéndose a modo de sopa, en forma de arepas o

tortillas, pasteles, bollos, tamales, en diversos guisos o tostado. También se utilizaba en la fabricación de bebidas a los que los nativos de Perú llamaban chicha y sora. Estas bebidas eran muy antiguas, desde tiempos anteriores a la conquista española, formando parte de ceremonias y de diversos funerales incas que eran efectuados durante todo el año. (Mesa, 1957, citado en Cruz y Ulloa, 1973:1).

La Harina de Maíz Pre cocida es el producto obtenido a partir del endospermo de granos de maíz (*Zea Mays L*) clasificados para consumo humano, que han sido sometidos a un proceso denominado MOLIENDA SECA cuyo producto final es la harina de maíz pre cocida o Harina PAN (Producto Alimenticio Nacional), como fue denominado por primera vez en 1960 por la empresa Remavenca, dicho proceso consta de 9 etapas las cuales van desde la Limpieza de grano de Maíz, des germinación, pre cocción y molienda entre otros hasta su empaque. (Gonzales, F.; Avila, M.; Gil, Y.; Velasco, D., 2016).

Figura 2-2 Maíz garrapatita



Fuente: Ávila, Guzmán y Céspedes; 1998.

b. Valor nutritivo

El maíz constituye un alimento netamente energético que produce cerca de 3.78 calorías por gramo y contiene alrededor del 70% de carbohidratos de alta digestibilidad¹¹ (95%), el 3.9% correspondiente al extracto etéreo, el 1.2% de cenizas, con 23 mg de calcio y 256

¹¹ Se refiere al nivel de absorción en el sistema digestivo.

Para determinar el coeficiente de digestibilidad de un nutriente en un alimento existen métodos in vivo directos como la recolección total de heces, indirectos cuando se usan indicadores; métodos in situ como la canulación ileal y finalmente los métodos in vitro en los cuales se usan enzimas y técnicas de fermentación.

mg de fósforo; las proteínas en las variedades (bolivianas) fluctúan entre el 7.5% y el 13%, de acuerdo con las variedades y las zonas donde se produce. Esta proteína es pobre en algunos aminoácidos esenciales como lisina y triptófano, que le dan escaso valor biológico.

Sin embargo, la calidad biológica deficiente de la proteína de maíz se convierte en eficiente cuando el maíz se consume junto con un alimento rico en los dos aminoácidos faltantes como los granos de las leguminosas.

En México y América Central es muy frecuente el consumo de tortillas de maíz conjuntamente con el frijol, lo que hace que su valor biológico de la proteína de ambas especies mejore sustancialmente. (Alfaro et al., 1996: 78-79).

2.2.2. Trigo (*Triticum* Spp) en la alimentación

Figura 2-3 Granos de trigo



Fuente: Cruz, 2012 citado en Quishpe, 2019.

a. Generalidades

El trigo como alimento básico es utilizado en una gran variedad de productos, las operaciones de posproducción cumplen una función importante para crear un abastecimiento estable del producto. El trigo también se utiliza en la producción de alimentos animales, almidón y etanol. (Danilo Mejía, FAO, 1999)

El trigo generalmente es molido como harina para su utilización. Un gran porcentaje de la producción total de trigo es utilizada para el consumo humano en la elaboración de pan, galletas, tortas y pastas, otro tanto es destinado a alimentación animal y el restante

se utiliza en la industria o como simiente (semilla); también se utiliza para la preparación de aditivos para la cerveza y otros licores.

Tueste o resecación

El grano de trigo puede consumirse con el tueste y tiene un sabor muy agradable, aunque su valor nutritivo se reduce por el efecto del calor. Este método de tratamiento consiste en retirar la humedad del grano de trigo proporcionándole calor al fuego sobre piedras, para consumirlo directamente sin elaboración culinaria. También se suele moler el grano para hacerlo polvo seco antes de consumirlo en algunas regiones de Sudamérica. En el Tíbet se tuesta el trigo antes de molerlo. (Colaboradores de Wikipedia, 2020).

b. Valor nutritivo

El trigo es una fuente de proteínas, vitaminas y minerales que aporta con energía al organismo, ya sea en su forma natural o procesada en sus derivados por su alto contenido en fibra. (Ramos, 2013 citado en Quishpe, 2019:27).

Afirma que el trigo está compuesto por almidón, proteínas y en menor proporción celulosa; además tiene una baja proporción de vitaminas y minerales. El germen de trigo es rico en vitamina del grupo B y E, y también contiene grasas y minerales. (Juárez et al., 2014 citado en Quishpe, 2019: 28).

Tabla II-2 Composición química del grano de trigo en base seca

Elemento	Trigo
Proteína %	14.2
Grasas %	2.3
Carbohidratos totales %	78.4
Fibra cruda %	2.8
Cenizas %	2.2
Energía (kcal/100g)	392

Fuente: Tapia, 2012 citado en Quishpe 2019:28.

2.2.3. Cebada (*Hordeum Vulgare*) en la alimentación

a. Generalidades

Figura 2-4 Granos de Cebada



Fuente: Hidalgo, E.; Parra, V. (2010).

La harina de cebada tostada aporta nutrientes, carbohidratos y proteínas, es rica en fibra, posee una apariencia de polvo fino y seco, su olor es puro y agradable, su sabor es característico a la variedad de cebada con que se elabora, **la humedad debe ser menor al 13% para que no exista el crecimiento de mohos y levaduras.** (Hidalgo, Parra; 2011).

b. Valor nutritivo

La cebada es un cereal que contiene un valor importante de proteína, es altamente nutritivo, en materia de minerales, la cebada es buena fuente de potasio, magnesio y fosforo, pero su mayor virtud es la riqueza en oligoelementos: hierro, azufre, cobre, cinc, manganeso, cromo, selenio y yodo, contiene un 17% de fibra, y aproximadamente unas 20 enzimas. (Hidalgo, Parra; 2011).

Tabla II-3 Composición de derivados de Cebada (100g)

	Cebada con cascara	Harina de cebada	Tostada y molida
Energía Kcal	344	370	351
Agua g	12,1	9,4	9,9
Proteína g	6,9	18,8	7,7
Grasa g	1,8	2,3	0,8
Carbohidratos g	76,6	67,4	79,7
Fibra g	7,3	-	5,3
Ceniza g	2,6	2,2	1,9
Calcio mg	61	84	55
Fósforo mg	394	294	253
Hierro mg	5,1	6,1	7,1
Retinol mg	2	-	0
Tiamina mg	0,33	0,35	0,12
Riboflavina mg	0,21	0,17	0,18
Niacina mg	7,40	-	9,60
Ác. ascórbico mg	-	1,6	0,0

Fuente: infocebada.galeon.com/variedades.htm

2.2.4. Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) en la alimentación

Figura 2-5 Granos de quinoa



Fuente: EL PAÍS, 2016.

a. Generalidades

El consumo de quinua es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, ya que es un excelente aportante de elementos nutricionales. Siendo además ejemplo de “alimento funcional” (que contribuye a reducir el riesgo de varias enfermedades y/o ejerciendo promoción de la salud). Este alimento, por sus características nutricionales superiores, puede ser muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento del organismo. Además, es fácil de digerir, no contiene colesterol y se presta para la preparación de dietas completas y balanceadas.

Caracteriza a la quinua su valor proteico elevado, donde la calidad de sus proteínas y balance son superiores a los demás cereales, fluctuando entre 12.5 a 16.7%. El 37% de las proteínas que posee la quinua está formado por aminoácidos esenciales.

Desde la época Incaica los granos de quinua se tuestan para producir harina. Pero también pueden ser cocinados y ser añadidos a las sopas, usados como cereales, pastas e inclusive se los fermenta para obtener cerveza o "chicha" la cual es considerada la bebida de los Incas. Cuando se tuesta toma un sabor similar a la nuez. (Salazar, 2015).

b. Valor nutritivo

La quinua posee un alto contenido de proteína (14-18%), con un valor proteico alto sobresaliendo en el contenido de aminoácidos esenciales, así como también en el balance de aminoácidos ya que contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes. (Villacrés, *et al.* 2011 citado en Quishpe, 2019:24).

Según Albán (2013 citado en Quishpe 2019:24), la quinua posee un rico contenido proteico, de carbohidratos, minerales y vitaminas, lo que la convierte en un alimento idóneo para deportistas, niños, mujeres embarazadas y personas celíacas ya que no contiene gluten. Además de contar con aminoácidos esenciales¹² para el cuerpo, si lo comparamos con los demás cereales, la quinua contiene mayor cantidad de proteínas, calcio y hierro, es rica en ácidos, minerales, hidratos de carbono y grasas insaturadas.

¹² Los aminoácidos esenciales son: leucina, isoleucina, valina, metionina, lisina, fenilalanina, triptófano, treonina, histidina, arginina. (*Química orgánica*, 7a. edición. John McMurry)

Tabla II-4 Composición química del grano de quinua en base seca

Elemento	Quinua
Proteína %	16.3
Grasas %	4.7
Carbohidratos totales %	76.2
Fibra cruda %	4.5
Cenizas %	2.8
Energía (Kcal/100g)	399

Fuente: Tapia, 2012 citado en Quispe 2019:24.

2.2.5. Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) en la alimentación

Figura 2-6 Granos de Cañahua



Fuente: EcoAndes (s.f.).

a. Generalidades

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie originaria de zonas altas de la Zona Andina (actualmente Bolivia y Perú), donde fue domesticada y utilizada por los pobladores andinos y quechuas, en épocas prehispánicas. La cañahua crece en condiciones desfavorables de sequedad y frío, a más de 3500 m.s.n.m. (Pinto, *et al.*, 2010 citado en Churata, 2015:9).

La elaboración de pito de cañahua consiste en limpiar los granos, tostar ligeramente y posteriormente moler los granos, obteniéndose un tipo de harina llamada comúnmente como "**pito de cañahua**". El proceso de tostado es un paso laborioso que rinde un

producto muy aromático de alto prestigio como alimento o "medicina" fortificante. Esta harina se consume mezclada con azúcar, leche, agua, harina de cebada, etc. (FAO, Manual sobre la Utilización de los Cultivos Andinos Sub exportados en la Alimentación, 2007 citado en Churata, 2015:31).

En el área rural se preparan la kispina¹³ y mazamoras, pero también este producto es utilizado para la preparación de buñuelos, refrescos, bebidas calientes, api, etc. Se consume mezclando con bebidas frías o calientes. En la panificación se han obtenido óptimos resultados como aditivo para panes, galletas, tortas, barras energéticas y cereales para el desayuno, incorporando a las mezclas un 12 a 20 % de "pito". En nuestro medio se conocen más de 15 maneras diferentes de preparar el grano entero y el "pito". (Alarcón, Pinto, Quispe, & Rojas, 2011:134-136).

b. Valor nutritivo

La Cañahua tiene una importancia fundamental para la población del Altiplano, por su valor nutritivo y por la calidad de forraje que se obtiene de sus hojas. Se destaca su elevado contenido de proteínas de 15 a 19 % y de bioelementos como el hierro >13 mg/100 g y como en la quinua, su grano contiene una elevada proporción de aminoácidos esenciales, sin embargo; a diferencia de esta última, contiene bajo nivel de saponina, lo que facilita su procesamiento o preparación.

Es importante mencionar que existe variación en cuanto al contenido de proteína, carbohidratos y otros elementos que hacen de la cañahua un cultivo con alto valor nutritivo y esto se debe a diferentes factores como el lugar donde se cultiva, la fertilidad del suelo, pero el más importante es la variación genética de Cochabamba (Soto & Carrasco, 2008 citado en Churata, 2015:14).

¹³ es una especie de galleta húmeda o panecillo pequeño

Tabla II-5 Características y valor nutritivo del grano de Cañahua

Características	Unidad	Valor
Proteína	%	12,79 – 19,00
Grasas	%	2,11 – 14,50
Fibra	%	5,45 – 11,12
Ceniza	%	3,12 – 5,77
Hidratos de carbono	%	45,72 – 67,70
Humedad	%	4,68 – 14,70
Energía calórica	Kcal/100g	324,54 – 396,42
Gránulo de almidón	μ	5,50 – 38,00
Azúcar invertido	%	5,00 – 35,00
Agua de empaste	%	9,00 – 39,00

Fuente: Tapia, M.; Bonifacio, A. y Rojas, W., (s.f.).

2.2.6. Habas (*Vicia Faba*) en la alimentación

a. Generalidades

Las habas se las consideran leguminosas, la cual son plantas con flores y semillas encerradas en un fruto cuya característica que la distingue es tener legumbres como fruto, es decir vainas. Esta leguminosa se lo consume ya sea en grano verde (vaina), grano seco, grano partido, en harina, frita y tostada, la temporada de esta se cosecha en febrero hasta mayo, su valor alimenticio de las habas depende de cómo son consumidas ya sean secas o frescas, es recomendable consumirlas cocidas ya que pueden ser tóxicas al ser ingeridas, causando fabismo¹⁴ la cual afecta a los glóbulos rojos, pero cabe recalcar que las habas son consideradas por sus beneficios rica en proteínas, vitaminas, y fibra. (García, 2015 citado en Mero y Cruz, 2018:4).

¹⁴ Es una enfermedad hereditaria en el cual el consumo de haba puede ser uno de los desencadenantes de esta enfermedad. En las personas que padecen fabismo, la falta de G6FD (glucosa 6 fosfato deshidrogenasa) provoca que la hemoglobina sí se oxide y se estropee, provocando anemia.

Figura 2-7 Planta de Haba



Fuente: Ibarra, 2017.

b. Valor nutritivo

El haba fresca proporciona proteínas e hidratos de carbono, tienen mucha menos cantidad de hidratos de carbono complejos (almidón) que las secas, por lo que son menos calóricas, lo que resulta interesante en dietas de control de peso. Respecto a su contenido de vitaminas destacan la vitamina C y los folatos, seguidos de la tiamina y el niacina. En cuanto a su contenido mineral, cabe destacar la presencia de hierro y fósforo; y en menor cantidad, potasio y magnesio. (Callón, 2010 citado en Ibarra 2017:29).

Tabla II-6 Composición química de la Haba verde y de la Haba seca

COMPOSICIÓN QUÍMICA			
	UNIDAD	Haba verde	Haba seca
Humedad	%	65.7	14.0
Proteína	%	9.9	23.1
Grasa	%	0,3	1.8
Carbohidratos	%	18.3	49.8
Fibra	%	4.5	8.4
Cenizas	%	1.3	2.9
OTROS COMPONENTES (Mg./100 gramos de porción comestible)			
Calcio	Mg	50	90
Fósforo	Mg	190	420
Hierro	Mg	20	4.9
Tiamina	Mg	0.29	0.61
Riboflavina	Mg	0.15	0.17
Niacina	Mg	1.6	2.5
Ácido ascórbico	Mg	20	2.0
Calorías	Mg	130	2.97

Fuente: Enciclopedia Agropecuaria Terranova, 1995 citado en Ibarra 2017:30.

Analizando la tabla de arriba claramente podemos concluir que en el haba seca se potencian sus nutrientes, además que hay menos posibilidades de que su consumo provoque fabismo, por tanto, es mejor como materia prima el haba tostada para obtener alimentos de consumo humano.

2.2.7. Arvejas (*Pisum Sativum*) en la alimentación

Figura 2-8 Granos de arveja tostada



Fuente: Bolivianita (s.f.).

a. Generalidades

Los fríjoles, arvejas, lentejas y similares pertenecen a la familia botánica de las leguminosas. Sus semillas comestibles se denominan legumbres. (Alasino, 2008 citado en López y Paredes, 2018:41).

La arveja pertenece al grupo de legumbres de invierno junto a las lentejas (*Lens culinaris medik*), habas (*Vicia faba L.*), garbanzo (*Cicerarietinum L.*) y chícharo (*Lathyrus sativus L.*). (Muehlbauer, 1993). La arveja dulce (*Pisum sativum*) es una leguminosa originaria de Asia Central, que se cuenta hoy día entre las hortalizas más populares en todo el mundo. (Godoy, 2010 citado en López y Paredes, 2018:41).

La producción de harina de arveja, ha tenido un crecimiento relativo en relación a la comercialización del producto en grano, toma especial relevancia en la panificación y en la formulación de otros productos debido a la cantidad y calidad de la proteína de esta legumbre. Esto convierte a la harina de arveja en ingrediente excelente para el enriquecimiento de proteínas en productos, para alcanzar el cumplimiento de la demanda actual.

La harina de arveja (*Pisum sativum L.*) es usada actualmente en el procesamiento de productos cárnicos, donde su estabilidad a las altas temperaturas y resistencia mecánica

son determinantes para su funcionalidad. El almidón derivado de arvejas ha ganado popularidad como espesante en sopas, salsas y otros productos (Parzanese s. f., citado en Caruajulca, 2019:4).

La harina de arveja tostada es un excelente portador y mejorador de sabor, y un contenido nutricional alto en fibra, proteína vegetal, oligosacáridos, isoflavonas, zinc, selenio y almidón resistente. La harina de arveja se estabiliza por medio del tostado y el precocimiento al vapor. Cualquiera de estos procesos gelatiniza parcialmente el almidón, desnatura las proteínas y desactiva las enzimas para incrementar su tiempo de vida útil (Boletín Técnico s. f., citado en Caruajulca, 2019:4).

b. Valor nutritivo

La arveja es una de las leguminosas que contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos. Además, es un alimento con un contenido significativo de minerales (fósforo y hierro) y de vitaminas, especialmente B1. Como todas las leguminosas, es una importante fuente de fibra soluble e insoluble. Las arvejas, como la mayoría de las leguminosas, son deficientes en metionina y ricas en lisina, al contrario de los cereales. Estas carencias se pueden superar realizando mezclas apropiadas con productos de legumbres, a fin de aumentar la calidad proteica de los productos panificados. (Alasino, 2008 citado en López y Paredes, 2018:43).

Tabla II-7 Composición química de la arveja seca cruda en 100 gramos

Componentes	%
Agua	10 – 20
Proteína	20 – 23
Carbohidratos	61 – 63
Grasa	1.5 – 2.0
Fibra cruda	5.0 – 7.0
Fibra dietaría*	13.5
Cenizas	2.5 – 3.0

Fuente: Terranova, 1995; *UNL, 2010 citado en López y Paredes, 2018:44.

2.3. Procesos fundamentales para obtener harinas pre cocidas

2.3.1. Formulación y mezclado

La obtención de mezclas vegetales a partir de cereales, leguminosas, oleaginosas, etc. constituyen gran alternativa para superar los niveles de desnutrición que afectan al país. En realidad, no todos los cereales, leguminosas, etc. son deficientes en los mismos aminoácidos esenciales, esto permite la complementación mutua entre ellos para obtener dietas que siendo de bajo costo, contienen un balance adecuado de aminoácidos y la concentración necesaria de proteínas. (Cabieses, 1976, citando en Huaccho, Lope 2007:30).

Teniendo en cuenta los aspectos relativos a los aminoácidos limitantes de ciertos alimentos y la complementación que pudiera existir entre ellos. Se han desarrollado en diferentes países (comienzo de la década de los 60), una variedad de mezclas alimenticias que en la mayoría de los casos se trata de mezclas de cereales, leguminosas, oleaginosas, con alguna otra fuente animal, vitaminas, minerales, etc. (Cabieses, 1976, citando en Huaccho, Lope 2007:30).

Criterios a considerar para la elaboración de una mezcla alimenticia:

Según Vivas (1979, citando en Huaccho, Lope 2007:30) para la elaboración de una mezcla alimenticia, existen diferentes criterios técnicos que se debe considerar, entre las más importantes tenemos:

- Que sea altamente nutritiva, que proporcione una cantidad adecuada de calorías y proteínas.
- Que los carbohidratos, grasas y proteínas tengan una alta digestibilidad, para evitar trastornos digestivos.
- Que las materias primas sean producidas o susceptibles de ser producidas en el país.
- Que el producto final pueda adaptarse a los hábitos de consumo existentes.
- Que tenga larga vida y no sea afectada por condiciones severas de clima y que preferiblemente no requiera refrigeración.
- Que sus costos sean aceptablemente bajos, incluyendo los de materia prima procesamiento y comercialización.
- Que su producción industrial presente cierto atractivo para los inversionistas potenciales (públicos o privados).

Método para la formulación de mezclas proteica

Kamishikiriyo 1983, citado en Quispe, 2012:4, menciona tres métodos para formular mezclas:

- Enriqueciendo o fortificando alimentos deficientes, mediante la dicción de vitaminas, minerales y aminoácidos de tal forma que pueden cubrir dichas deficiencias.
- Mezclando los componentes según su contenido de aminoácidos esenciales, basado en el cómputo químico y en base al patrón de referencia propuesto por la FAO.
- Buscando a través de pruebas biológicas el punto de complementación óptima entre los aminoácidos de proteínas de varias fuentes, es decir el organismo animal identifica a la combinación óptima en términos de calidad proteica.

El método que usaremos en el presente trabajo se basa en el segundo método que es mezclando los componentes para que se complemente y potencien los aminoácidos esenciales. Actualmente el laboratorio disponible para nosotros que es el CEANID¹⁵ no realiza el análisis de perfil de aminoácidos¹⁶, no cuenta con esa oferta. Por tanto, mediremos directamente la cantidad de proteína de cada experimento.

Método del Cómputo Químico

Para la aplicación del método del cómputo químico, se emplea la técnica del cálculo matemático, fundamentado en el balance de aminoácidos esenciales contenidos en las proteínas de los alimentos que se mezclan, con el propósito de obtener cifras semejantes o proximales a los de la composición de la proteína de referencia propuesta por el Comité Mixto (FAO/OMS, 1992).

$$\text{Computo Químico} = \frac{\text{mg de Aminoácidos en un gramo de proteína}}{\text{mg de Aminoácidos en la proteína de referencia}} \times 100$$

¹⁵ CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

¹⁶ Dicho perfil de aminoácidos se determina principalmente por dos métodos: cromatografía líquida y cromatografía de intercambio iónico.

2.3.2. Métodos de pre cocción para granos

2.3.2.1. Tostado de los granos

Investigación del proceso artesanal tradicional

Para saber el know how del tostado de los granos, investigamos en los lugares productores del pito de cereales, en este caso nos dirigimos hasta la ciudad de Potosí y pequeños pueblos del departamento de Potosí como lo son Belén, Caltapi. Donde nos enseñaron el proceso de tostado, el cual se realiza en ollas de barro o en pailas de metal usualmente hechas de cobre que usan como combustible leña de árboles secos normalmente de la planta llamada churqui. Entonces es uno de los métodos, luego tenemos usando hornos ya sea hornos con bandejas u hornos cilindro con eje rotativo.

Tostado de granos en ollas y pailas: como mencionamos este es un método tradicional en el cual usa como combustible leña y con un cucharón de madera o metal que remueven los granos para que tenga un tostado homogéneo, para llegar a un tostado óptimo la persona que realiza este trabajo se guía por el olor y color que va tomando el grano. Una prueba de calidad del producto final es probando el pito obtenido, si este tiene un sabor picante quiere decir que se pasó el punto de tostado es decir el grano se quemó, otro parámetro de calidad es el color de la harina pre cocida obtenida, si es muy oscura obviamente se tostó demasiado.

Figura 2-9 Tostado de granos de cebada para la elaboración de machica¹⁷



Fuente: ElDiario.ec (s.f.).

¹⁷ La máchica (del quechua *machka*) es una harina que se elabora comúnmente sobre la base de cebada tostada y molida, pero se la hace también de maíz tostado y molido, o trigo tostado y molido.¹ Es usado como ingrediente en bebidas y sopas principalmente en la región andina.

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA CINÉTICA DEL TOSTADO Y EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El tostado de granos en hornos y tostadoras: se realiza a temperatura de X °C durante un tiempo de Y minutos (donde temperatura y tiempo son las variables más significativas que influyen en el proceso de tostado y en la composición nutricional del producto obtenido). Normalmente se deberá realizar pruebas preliminares para determinar la temperatura y tiempo de tostado (cocción) para cada grano en específico. Por lo tanto, el valor de estas variables será establecidas por el que procesa el grano, es así que tanto tiempo como temperatura son nuestras variantes de investigación. En esta etapa de tostado de los granos habrá cambio de color en el grano y desarrollo de aroma.

Tabla II-8 Variables que influyen en el proceso de tostado y composición final

Materia prima	Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Composición nutricional
Maíz	Necesita poco tiempo para su tostado.	Tiene la capacidad de alcanzar su tostado tanto en altas temperaturas ¹⁸ como bajas temperaturas ¹⁹ .	Depende de haber tenido un proceso de tostado de calidad, es decir que el tostado de los diferentes granos no
Trigo	Requiere poco tiempo ²⁰ para el tostado.	Es sensible a las altas temperaturas de tostado.	pase a una etapa de quemado de los mismos. Ya que
Cebada	Requiere más tiempo ²¹ debido a su cascara.	Decido a la cascara que presenta el grano requiere una alta temperatura.	aumentaría el porcentaje de cenizas por tanto disminuiría el
Quínoa	Necesita poco	Dependiendo del	porcentaje de los

¹⁸ Entre 130 y 140°C (Según pruebas preliminares que realizamos)

¹⁹ Entre 110 y 130°C (Según pruebas preliminares que realizamos)

²⁰ En promedio de 4 a 5 minutos (Según pruebas preliminares que realizamos)

²¹ En promedio de 5 a 6 minutos (Según pruebas preliminares que realizamos)

Cañahua	tiempo para su tostado Necesita poco tiempo para su tostado	equipo que se use para el tostado es determinada la temperatura. Para tener buenos resultados se recomienda tostarlos mediante una maquina insufladora de granos.	otros nutrientes como ser proteínas, fibras, grasas y minerales. También se vería comprometido el sabor de la harina precocida (se genera un sabor amargo y picante).
Habas	Necesita más tiempo para su tostado	Se puede trabajar a bajas y altas temperaturas para su cocción.	
Arvejas	La arveja es más complicada para trabajar, encontrar un tiempo de tostado óptimo requiere de varias pruebas preliminares.	Encontrar la temperatura óptima para su cocción también requiere de varias pruebas preliminares. Se realiza por el método de insuflación de granos.	

Fuente: Elaboración propia, abril 2021.

Figura 2-10 Pruebas preliminares de tostado de los granos



Fuente: Elaboración propia, abril 2020.

Figura 2-11 Horno rotativo FUTURO – Modelo 70 x 45/15 Full



Fuente: Elaboración propia, abril 2020.

Es el horno donde realizamos nuestras pruebas preliminares para determinar los valores de temperatura y tiempo de tostado para cada grano, mediante el método de prueba y error, de estas pruebas es que determinamos que la mayoría de los granos requieren mínimamente alcanzar los 90 °C para empezar su etapa de tostado, menos de esta temperatura los granos no se insuflan y si se continua con el proceso pasan a quemarse.

Actualmente hay una gran variedad de máquinas tostadoras algunas industriales, industriales. Dependiendo de la marca algunas tostadoras vienen con sus catálogos donde se tienen los parámetros para el tostado de los diferentes granos.

Figura 2-12 Tostadora de granos de la marca Vulcanotec



Fuente: Vulcanotec.com (s.f.).

Figura 2-13 Tostadora de granos de la marca jarcondelperu



Fuente: www.jarcondelperu.com

2.3.2.2. Extrusión de los granos

Principios básicos de la cocción extrusión

La cocción extrusión engloba una serie de operaciones, como cocción, formaciones, texturización y deshidratación de materiales alimenticios, particularmente aquellos como granos, leguminosas y semillas. Estas operaciones están contenidas en una pieza de equipo compacto, el cual desperdicia poca energía y necesita únicamente una pequeña cantidad de espacio (Miller, 1990, citado en Huaccho, Lope 2007:34-35).

(Miller, 1990, citado en Huaccho, Lope 2007:34-35). El equipo consta de uno o dos tornillos que giran dentro de un barril estacionario. La alimentación se realiza por un extremo y sale por el otro por medio de uno o más orificios. Los tornillos tienen dos funciones principales:

- (1) Mezclar el producto ayudando a la generación y transferencia de calor y a la texturización y homogenización,
- (2) Mover el producto hacia delante generando presión por medio de los orificios de la salida.

Transformaciones básicas en este proceso

Citado por Salas (2003). El alimento se somete a alta temperatura (120°C – 180°C), elevada compresión e intenso esfuerzo de cortante (cizallamiento); lo cual conduce a la ocurrencia de los siguientes fenómenos:

- **Modificación de las características físicas y químicas de las macromoléculas;** a través de procesos como la gelatinización, dextrinización del almidón, desnaturalización de las proteínas y las vitaminas presente.

Fusión y plastificación del material alimenticio, las partículas del alimento cambian de granular a amorfa, finalmente a un estado de masa plástica, viscosa y uniforme de una estructura expandible, y con una estabilidad posterior a la extrusión.

- **Expansión del material alimenticio.** Al presentarse una evaporación instantánea del agua lo cual ocurre cuando la presión interna del sistema es suficientemente alta y cambia bruscamente hasta alcanzar la presión atmosférica al salir del molde o dado del extrusor.

- Hay tres fuentes de energía que en forma independiente están disponibles para generar el calor necesario para el cocinado:

- 1) Calor externo por parte del equipo sobre la superficie por conducción directa generado por calentadores eléctricos o camisas de vapor.
- 2) Calor debido a la inyección de vapor directo al interior de la cámara de cocción del extrusor donde se encuentra la masa plastificada.
- 3) Energía mecánica convertido en calor debido a la fricción entre el producto viscoso cuando es transportado dentro de la cámara con grandes esfuerzos cortantes producidos por el tornillo.

Proceso de Cocción extrusión

Humedad de extrusión (H)

El parámetro de trabajo para esta variable se tomó en consideración a la información citada por autores en bases bibliográficas en algunos casos estos parámetros llegan en el manual de funcionamiento del equipo.

Temperatura de extrusión (T)

La temperatura del extrusor de tornillo simple, recibe una fuente de calor con una resistencia eléctrica para calentar y con la fricción del tornillo se mantiene la temperatura.

Velocidad de rotación del tornillo sin fin del extrusor (V)

Se trabajó con una velocidad de rotación “X” RPM, considerando el tiempo de formación del producto.

Figura 2-14 Extrusora 2000 – CG



Fuente: insta-pro.com (s.f.).

2.3.3. Molienda

Se entiende por molienda, a la obtención de formas más pequeñas de los materiales sólidos mediante la utilización de equipos donde se llevan a cabo operación de cortado, picado, triturado o molido. Muchos productos entre ellos las harinas se obtienen por operaciones de molienda. (Ordóñez, B. 2007 citado en Quisberth, 2019:46).

El propósito de la operación de molienda es ejercer un control estrecho en el tamaño del producto y, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de una buena recuperación de la especie útil. La molienda es la trituración del grano para obtener harinas gruesas o finas de acuerdo con el molino y malla que se emplee. Entre los tipos de molino más usados a nivel semi industrial se tiene: molinos de piedra y molinos de martillo. A nivel industrial se usan también molinos de discos. (Moreyra, 1996 citado en Quisberth, 2019:46).

Tipos de molinos

Los molinos a disposición en Laboratorio para su uso son:

Molino de Bolas

El Molino de bola es el equipo importante para aplastar de nuevo después de que los materiales se hayan machacado. Utilizado para reducir a polvo la materia prima mediante la rotación de un tambor que contiene bolas de acero o de otro material.

Se emplea para obtener una granulometría comprendida entre 0-30 μm y 0-200 μm . Los molinos de bolas también son tambores cilíndricos o cilindro-cónicos con paredes interiores revestidas por los blindajes o revestimientos. Los cuerpos molidores son de forma esférica (bolas) o de formas cilíndricas, cónicas o irregulares. (Olivares V.R., 2014 citado en Quisberth, 2019:47).

Molino de Martillos

Utilizado para reducir a granulometría, mediante la rotación de un eje al que están adosados martillos de aleaciones duras.

Este tipo de molino de impacto o percusión es común en la industria alimenticia. Tiene un eje rotatorio que gira a gran velocidad, lleva un collar con varios martillos a su entorno además que es de acero inoxidable; lo cual evita el deterioro y contaminación del material a moler. (Olivares V.R., 2014 citado en Quisberth 2019:47).

Factores que influyen en la molienda

Las características del material a procesar determinan su resistencia a la fractura y la selección del equipo utilizado para la molienda. Las propiedades más importantes de la alimentación aparte de su tamaño son:

Dureza

La dureza del material afecta el consumo de potencia y el desgaste de la máquina con materiales duros y abrasivos es necesario utilizar una máquina de baja velocidad para proteger los rodamientos de los polvos abrasivos que se producen. El desgaste del equipo además de contaminar el producto, es una parte sustancial del costo de la molienda.

Contenido de Humedad

Se ha encontrado que los materiales no fluyen bien si ellos contienen alrededor de 5 y 50% de humedad; bajo estas condiciones el material tiende a formar una torta que se une en forma

de bolas. Una molienda en tales condiciones es imposible. Es por ello que cada material debe estar en óptimas condiciones.

Influencia de la temperatura

Todo proceso de molienda en razón de su baja eficiencia energética, conduce a un desprendimiento de calor. Como norma general, de acuerdo al punto de fusión del material, si este es superior a 100 °C no habrá problemas serios por la elevación de la temperatura. Si el punto de fusión es inferior a 100 °C, puede presentarse ablandamiento y si el material no es termoestable puede deteriorarse.

2.2.3. Tamizado

El tamizado es un método de separación de partículas que se basa solamente en la diferencia de tamaño. En el tamizado industrial se vierten los sólidos sobre una superficie perforada o tamiz, que deja pasar las partículas pequeñas, o “finos “, y retiene las de tamaños superiores, o “rechazos “. Un tamiz puede efectuar solamente una separación en dos fracciones. Estas fracciones se llaman fracciones de tamaño no especificado, porque, aunque se conoce el límite superior o inferior del tamaño de las partículas que contiene, se desconoce su tamaño real.

Para aplicar la operación unitaria del tamizado es necesario que las fases se presenten en estado sólido. Se utilizan tamices de metal o plástico, que retienen las partículas de mayor tamaño y dejan pasar las de menor diámetro.

En la tabla se muestra la abertura de la serie tamices UNE y su equivalencia a la serie ASTM.

Tabla II-9 Abertura de la serie de tamices UNE y su equivalencia correspondiente de la serie ASTM

DESIGNACION Y ABERTURA EN mm UNE	DESIGNACION DEL TAMIZ ASTM	ABERTURA EN mm ASTM
125	5	127
100	4	101,6
80	3	76,2
63	2,5	63,5
50	2	50,8
40	1,5	38,1
32	1,25	31,7
25	1	25,4
20	3/4	19,1
16	5/8	15,9
12,5	1/2	12,7
10	3/8	9,52
8	5/16	7,93
6,3	1/4	6,35
5	Z	4,75
4	Z	4,00
3,2	Z	3,36
2,5	Z	2,38
2	Z	2,00
1,6	Z	1,68
1,25	Z	1,19
1	Z	1,00
0,8	Z	0,64
0,63	Z	0,59
0,50	Z	0,50
0,40	Z	0,42
0,32	Z	0,297
0,25	Z	0,250
0,20	Z	0,210
0,16	Z	0,177
0,125	Z	0,125
0,100	Z	0,105
0,080	Z	0,074
0,063	Z	0,062
0,050	Z	0,053
0,040	Z	0,044

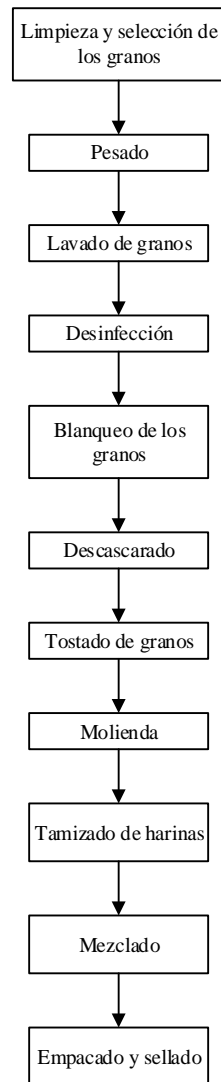
Fuente: Granulometría de suelos por tamizado, 2019.

2.4. Procesos tecnológicos empleados para obtener harinas compuestas pre cocidas

2.4.1. Método tradicional mediante tostado de los granos

- a) Limpieza y selección de granos: se elimina la materia extraña (tierra, piedras, hojas, palos, entre otros) y se rechazan granos picados y dañados. También se determina el porcentaje de humedad.
- b) Pesado: se realiza después de la inspección, con la finalidad de determinar el rendimiento de grano a harina y costos de producción.
- c) Lavado de grano: los granos se lavaron con agua potable para remover las impurezas y se descartaron los granos flotantes por ser de baja calidad.
- d) Desinfección: se sumergen los granos en solución de hipoclorito de sodio a 200 partes por millón (ppm) durante cinco minutos luego se enjuagó con agua hervida para retirar la solución desinfectante.
- e) Blanqueo de los granos: se debe preparar una solución al 0.5% de bicarbonato de sodio a temperatura de 95°C en la que se agrega el grano y se mantiene en cocción durante 10 min.
- f) Descascarado: por fricción manual de los granos se desprende la cascara y se elimina completamente por decantación y lavados sucesivos.
- g) Tostado de granos: se realiza en un horno, tostadora a una temperatura de X °C durante Y minutos en esta etapa habrá cambio de color en el grano y desarrollo de aroma.
- h) Molienda de granos: se utilizó el molino, en el que se realizan Z moliendas para obtener el tamaño de partícula deseado.
- i) Tamizado de harinas: se utilizó un tamiz mesh 40 (0.4 mm) y posteriormente un tamiz mesh 60 (0.25 mm) para uniformizar el tamaño de partículas y garantizar que el 100% de la harina instantánea tenga 0.25 mm.
- j) Mezclado: se pesaron las harinas de acuerdo a los porcentajes de cada formulación y se mezclan en un contenedor provisto de un sistema de agitación.
- k) Empacado y sellado: Se empacan las harinas por separado en bolsas plásticas polietileno para utilizarlas en las formulaciones de harinas compuestas. Otra opción es empacar en bolsas de Film de Polipropileno Biorientado (BOPP) de doble capa metalizado para la protección contra la humedad, oxígeno y luz. Para el sellado se utilizó una selladora.

Figura 2-15 Proceso de elaboración de una harina compuesta pre cocida por el método de tostado de granos.



Fuente: elaboración propia, 2020.

2.4.2. Método de extrusión de los granos

Definición

Se denomina extrusión al proceso en el cual se fuerza un material a través de un tornillo sin fin al mismo tiempo que se induce calor a fin de obtener un producto moldeado, la cocción del material alimenticio con contenido de almidón y/o proteína, mediante proceso de extrusión, considera un proceso a alta temperatura en un corto tiempo HTST (High Temperature Short Time).

Proceso

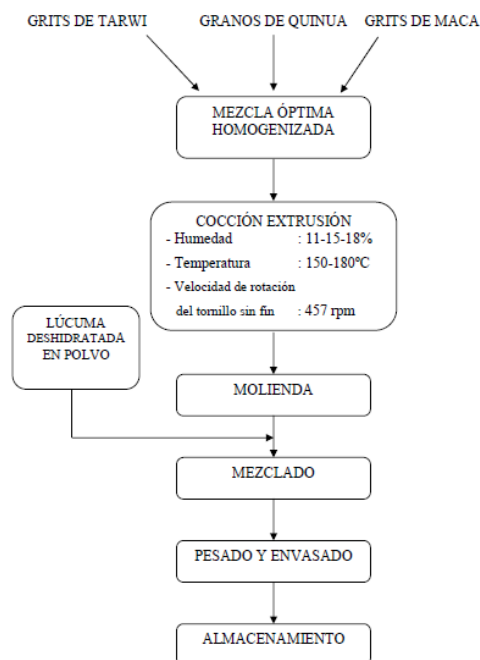
El flujo de operaciones para la mezcla a extruir se realiza en forma separada realizándose diferentes operaciones en cada una de las materias primas debido a las características propias que poseen cada una de ellas. (Huaccho, Lope 2007)

Preparación de la mezcla óptima: Según Casas 1996, para preparar la mezcla óptima homogenizada antes que ingrese al equipo de extrusión el tamaño de partículas de las materias primas deben estar entre 0.4 a 0.8 mm. En el ejemplo que se muestra en el diagrama se trabaja con Tarwi, quínoa, maca y lúcuma. La palabra grits significa granos molidos. El método para realizar la formulación, la dosificación se realiza de acuerdo al cálculo del cómputo químico expresado en porcentajes de aminoácidos.

Proceso de cocción extrusión: son tres los parámetros que debemos conocer para trabajar con el equipo de extrusión y son humedad de extrusión (%), temperatura de extrusión (°C) y velocidad de rotación del tornillo sin fin (rpm).

El proceso de producción continua con una molienda la agregación de la lúcuma deshidrata en polvo para darle sabor, olor y más valor nutricional, se mezcla, posteriormente de pesa y envasa.

Figura 2-16 Elaboración de una harina compuesta pre cocida por el método de extrusión



Fuente: Huaccho, Lope (2007).

2.5. Pruebas de aceptación o pruebas hedónicas

Las evaluaciones sensoriales permiten diversificar el uso de materias primas alternativas (sean originarias o introducidas), en la fabricación de nuevos productos alimentarios que enriquezcan la disponibilidad y el acceso a los alimentos. No es suficiente que un nuevo producto alimentario contenga cantidades apropiadas de componentes proximales. La palatabilidad y aceptabilidad también son componentes importantes de la calidad nutricional. Si el alimento no es sensorialmente aceptable, su consumo no se constituirá en una alternativa.

Una evaluación sensorial apropiada de los nuevos alimentos es esencial, tanto para animales, como para humanos. La necesidad de sustituir —en menor o mayor grado— las fuentes tradicionales de alimentos son creciente; pues los actuales sistemas de producción tienen que abastecer a una población más grande y cada vez más exigente.

La calidad como aceptabilidad por parte del consumidor de un determinado producto está integrada por distintos aspectos recogidos por los sentidos: vista (color y defectos), olfato (aroma y sabor), tacto (manual y bucal), oído (tacto y durante la masticación) y gusto (sabor). Todos los aspectos de la calidad, tanto externos como internos, son contemplados y valorados por el consumidor a la hora de decidir sobre la adquisición de un producto para consumo en fresco. Según: Surco, Alvarado (2011).

Tabla II-10 Escala hedónica de siete puntos de categorización

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me gusta poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

Fuente: Surco, Alvarado (2011).

Figura 2-17 Formulario de información – prueba de preferencia

Nombre:				
Fecha:				
Edad:				
<p>Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.</p>				
Muestra grado de Aceptabilidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me gusta poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Observaciones:				
MUCHAS GRACIAS				

Fuente: Surco, Alvarado (2011).

Figura 2-18 Formulario – prueba hedónica

Nombre:						
Fecha:						
Edad:						
Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.						
Muestra grado de Aceptabilidad	Color	Olor	Textura	Sabor	Aparien- -cia	Dureza
Me gusta mucho						
Me gusta moderadamente						
Me gusta poco						
No me gusta ni me disgusta						
Me gusta poco						
Me disgusta moderadamente						
Me disgusta mucho						
Observaciones:						
MUCHAS GRACIAS						

Fuente: Surco, Alvarado (2011).

2.6. Harinas compuestas en el mercado y sus usos

A continuación, mostramos una tabla de diferentes variedades de harinas compuestas que se comercializan en el mercado, que tiene su uso de acuerdo a sus propiedades del producto.

Tabla II-11 Tipos de harinas compuestas pre cocidas

Harina pre cocida formulada	Ingredientes	Propiedades
	<p>Harinas de alpiste, ajonjolí y linaza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reductor de lípidos y grasa en la sangre. • Reduce el colesterol. • Previene arteriosclerosis. • Controla la hipertensión arterial. • Sobrepeso, retención de líquidos.
	<p>Harinas de alpiste, sachá inchi, ajonjolí y linaza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Favorece al sistema nervioso. • Incrementa las funciones cerebrales. • Omega 3, 6 y 9. • Reduce el colesterol y previene arteriosclerosis. • Controla la hipertensión arterial. • Alto contenido de calcio.
	<p>Harinas de maca, algarrobo, kiwicha, quinua, cañahua, linaza y polen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estimula el crecimiento en los niños. • Favorece funcionamiento cerebral. • Ideal para el desgaste físico y mental. • Multivitamínico. • Fibras naturales.



Harinas de maca, algarrobo, kiwicha, quinua, cañahua, linaza y polen, soya, avenas y habas.

- Potente reconstituyente y energético.
- Mejora el estado físico y mental.
- Ayuda en el crecimiento y desarrollo en los niños.
- Completo poder nutricional de vitaminas y minerales.
- Baja el estrés.

Fuente: <http://www.grupomontesperu.com/productos/compuestos>

CAPÍTULO III
PARTE EXPERIMENTAL

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Metodología de investigación

En la producción de harinas compuestas pre cocidas a partir de granos de cereales y leguminosas existen diferentes métodos de obtención de los cuales se hace un estudio para determinar cuál es el método que conviene optar para obtener una harina de calidad mediante un proceso eficiente y rentable.

3.1.1. Selección del proceso de obtención de la harina pre cocida formulada a partir de granos de cereales y leguminosas

Para la selección del método a aplicar para la obtención de la harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas, se desarrolla el diseño de matrices de decisiones, en las cuales se consideran como puntos de calificación a factores fundamentales del proceso.

Se realiza una tabla de criterios; que son factores claves para la ejecución de la investigación, con su ponderación respectiva. Se efectúa la evaluación de cada proceso en función de una tabla de calificación en un rango de valores para dichos criterios. Los procesos tecnológicos experimentales a valorar para la selección son: elaboración de una mezcla alimenticia mediante extrusión de los granos y elaboración de una mezcla alimenticia mediante tostado y mezclado de los granos.

Los criterios considerados y su correspondiente ponderación se muestran en la tabla.

Tabla III-1 Criterios y ponderaciones

Factor evaluado	Comentarios	Ponderación
Aplicabilidad del proceso	Para las características del proceso, se desea que el proceso seleccionado pueda operar con una cantidad de materia determinada y que a la vez pueda tolerar variaciones.	5
Generación de subproductos con	En los procesos se generan subproductos que se les pueden dar valor agregado.	20

valor económico		
Equipos	Se desea que para el proceso haya la disponibilidad de todos los equipos necesarios.	20
Operación	Se desea que la operación sea eficiente, flexible y confiable.	25
Costo	Se desea que el costo de producción sea lo menor posible.	20
Impacto ambiental	Se favorecerá al proyecto que genere menor impacto ambiental.	10

Fuente: Quisberth, 2019.

Esta tabla de criterio y ponderamos fue usada en el proyecto de investigación elaboración de harina para consumo humano a partir de orujo de uva, al tratarse también de una obtención de harina decidimos usar esta tabla, donde el porcentaje más alto es el 25% y el menor 10%. Los equipos representan el 20% es clave porque de no contar con los equipos disponibles se obstaculiza la continuación del proyecto de investigación.

Tabla III-2 Escala de puntuación del 1 al 10

Escala de puntuación	Puntuación
Excelente	10
Muy bueno	8
Buena	6
Regular	5
Mala	1

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla III-3 Matriz de calificación el proceso para la elaboración de Harinas de Compuestas pre cocidas

Factor Evaluado	Ponderación de factor (%)	Método cocción por extrusión de los granos			Método cocción por tostado de los granos		
		Calif.	Fracción de Calif.	Pond. Final	Calif.	Fracción de Calif.	Pond. Final
Aplicabilidad del proceso	5	10	1	5	8	0,8	4
Generación de subproductos con valor económico	20	5	0,5	10	5	0,5	10
Disponibilidad de los equipos	20	1	0,1	2	6	0,6	12
Operación	25	10	1	25	8	0,8	20
Costo	20	8	0,8	16	8	0,8	16
Impacto ambiental	10	8	0,8	8	8	0,8	8
Total	100			66			70

Fuente: Elaboración propia 2021.

De acuerdo a la Matriz de Calificación para seleccionar el proceso tecnológico de obtención; en este caso, en nuestra situación actual la mejor opción como Método es por Cocción mediante “Tostado de los granos” ya que tiene mayor puntaje con respecto a los factores evaluados. Después la mejor opción para obtener y producir harinas compuestas pre cocidas es mediante el método de extrusión, pero la carrera de ingeniería química de la universidad autónoma no cuenta con un equipo de extrusión de alimentos. En la carrera de ingeniería de alimentos cuentan con dos equipos de extrusión uno que esta fuera de uso por falta de espacio y mantenimiento y el otro es nuevo solo falta que los operarios reciban capacitación e inauguración de los equipos. Por ese motivo no se pudo hacer uso de esos equipos de extrusión de alimentos.

3.2.Diseño factorial

El diseño experimental es una técnica estadística, que tiene como objetivo definir una serie de pruebas en las cuales existen cambios deliberados en las variables de entrada (variables independientes) de un proceso o sistema, de tal manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios que se producen en la respuesta de salida (variable dependiente), de tal modo que el investigador obtenga estimaciones con la mayor precisión posible.

Como escribe Wiersma y Jurs, 2008, citado en Hernández, Fernández y Baptista, 2010: La construcción básica de un diseño factorial consiste en que todos los niveles o modalidades de cada variable independiente sean tomados en combinación con todos los niveles o modalidades de las otras variables independientes.

3.2.1. Identificación de las variables

Para optimizar el proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas, es necesario conocer que variables influyen significativamente en el sistema y como afectan. A menudo esta información no está disponible y se lo genera realizando pruebas preliminares, experimentales, con las siguientes consideraciones:

- 1.- Se recogen en una lista todas las variables que podrían influir en la respuesta.
- 2.- Se realizan una serie de experimentos en las cuales se fijan las variables que no interesa modificar, se anota el valor de las que no se puede controlar, y se varían las restantes.
- 3.- Se obtiene la información comparando la variación de las respuestas entre experimentos.

El elevado costo de la experimentación y las limitaciones del tiempo obligan a ejecutar solo los experimentos imprescindibles. De acuerdo a esto en el punto 2.3.1. Se explica las variables que se controlan en una cocción de los granos por el método de tostado, se llega a la conclusión de que las dos variables que se deben controlar son:

- Temperatura de tostado de los granos.

Como mencionamos anteriormente es una variable que controla el proceso de ella depende la calidad del producto obtenido que tenga la cocción adecuada y que no se quemé.

- Tiempo de tostado de los granos.

El tiempo de tostado estará en parte en función de la temperatura a mayor temperatura menor tiempo y menor temperatura mayor tiempo en la etapa de tostado. Es importante operar en un tiempo y temperatura adecuada puesto que si la temperatura no es el adecuado el tiempo tampoco lo será si se tarda mucho los granos se quemarán y si son demasiado rápido los granos se quemarán y no insuflarán todos.

El diseño estadístico de experimentos, contempla una amplia variedad de estrategias experimentales que son óptimas para generar la información que se busca. Estos experimentos están planeados de forma que se varían simultáneamente varios factores, pero se evita que se cambien siempre en la misma dirección. Al no haber factores correlacionados se evitan experimentos redundantes. Además, los experimentos se contemplan de modo que la información buscada se obtiene combinando las respuestas de todos ellos. Esto permite obtener la información con el mismo número de experimentos, por lo tanto, con el menor costo y con la menor incertidumbre posible porque los errores aleatorios de las respuestas se promedian.

Por tanto, para poder determinar las variables significativas en el presente trabajo experimental se plantea un diseño factorial de 2 niveles y 2 variables.

En base al proceso seleccionado, en este caso el método cocción por tostado de granos (Tabla III-3), para realizar la experimentación se eligen las siguientes variables o parámetros en base al método.

ETAPA DE TOSTADO

Variables:

Nivel

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Bajo	Alto
-1	1
-1	1

Los valores asignados para cada nivel se tomarán como referencia a las pruebas preliminares que realizamos antes de encarar la parte experimental.

Para el Maíz

Variables:

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Nivel

Bajo	Alto
4,30	5,30
110	130

Para el Trigo

Variables:

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Nivel

Bajo	Alto
4	5
110	130

Para el Cebada

Variables:

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Nivel

Bajo	Alto
5	6
130	140

Tomando estos datos como punto de partida se realiza un diseño factorial de 2^2 (dos niveles y dos variables).

$$\text{N}^\circ \text{ variables}=2$$

$$\text{Niveles}=2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de experimentos}=2^2=4$$

Realizando al menos una réplica de los experimentos, tenemos que:

$$\text{N}^\circ \text{ de experimentos}=4*2=8 \text{ experimentos}$$

Para los tres granos (maíz, trigo y cebada) tenemos el número total de experimentos:

$$\text{N}^\circ \text{ de experimentos total}=8*3= 24 \text{ experimentos}$$

Considerando estas variables se determina cuál de ellas es la más significativa cuando se toma el porcentaje de proteína del conjunto, como variable respuesta.

Diseño factorial para el proceso de elaboración de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas.

Tabla III-4 Diseño factorial para la etapa de tostado de los granos

Nº de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 10)
1	-1	-1	#
2	1	-1	#
3	-1	1	#
4	1	1	#

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el maíz

Tabla III-5 Tabla de diseño de experimentos para el tostado del Maíz

Nº de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	4,30	110	#
2	5,30	110	#
3	4,30	130	#
4	5,30	130	#

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el trigo

Tabla III-6 Tabla de diseño de experimentos para el tostado del Trigo

Nº de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	4	110	#
2	5	110	#
3	4	130	#
4	5	130	#

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para la Cebada

Tabla III-7 Tabla de diseño de experimentos para el tostado de la Cebada

Nº de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	5	130	#
2	6	130	#
3	5	140	#
4	6	140	#

Fuente: Elaboración propia, 2020.

ETAPA DE MEZCLADO

Variables:

Nivel

- Composición (% cereales)
- Tiempo (min)

Bajo	Medio	Alto
-1	0	1
-1	0	1

Algoritmo de Yates 3^k ($3^2=9$)

Tabla III-8 Diseño de experimentos para la etapa de Mezclado de las harinas precocidas

Nº de Exp	Composición (% cereales)	Tiempo (min)	Variable respuesta (% Proteína)
1	+1	+1	P1
2	+1	0	P2
3	+1	-1	P3
4	0	+1	P4
5	0	0	P5
6	0	-1	P6
7	-1	+1	P7
8	-1	0	P8
9	-1	-1	P9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Asignamos los valores de las variables composición y tiempo, los cuales fueron determinados mediante un estudio en trabajos de tesis similares y de productos similares.

Tabla III-9 Diseño de experimentos para la etapa de mezclado

Como variables independientes el % de cereales en la mezcla, el tiempo y proteína como variable respuesta.

Nº de Exp	Composición (% cereales)	Tiempo (min)	Variable respuesta (% Proteína)
1	70	5	P1
2	70	4	P2
3	70	3	P3
4	65	5	P4
5	65	4	P5
6	65	3	P6
7	60	5	P7
8	60	4	P8
9	60	3	P9

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla III-10 Las formulaciones para % de cereal (60, 65 y 70%)

	Formula 1 (60%)	Formula 2 (65%)	Formula 3 (70 %)		
Maíz	5	5,417	5,83		16,247
Trigo	5	5,417	5,83		16,247
Cebada	44	47,667	51,34		143,007
Quinoa	3	3,25	3,5		9,75
Cañahua	3	3,25	3,5		9,75
Habas	20	17,5	15		52,5
Arvejas	20	17,5	15		52,5
Total	100	100,001	100		300,001

Fuente: Elaboración propia, 2020.

También aplicamos Programación Lineal mediante Solver para resolver un problema de requerimiento nutricional.

Tabla III-11 Valor nutricional, precio de los granos de cereal y leguminosas

Materia prima	Tamaño de porción (g)	Energía (Kcal)	Proteínas (gr)	Carbohidratos (gr)	Hierro (mg.)	Calcio (mg)	Precio (\$/ porción)	Limite (porciones/día)
Maíz	100	86	3,2	76,9	3,45	6	2	3
Trigo	100	327	12,61	72	3,6	29	2	2
Cebada	100	353	9,9	74,5	2,68	32	2,5	4
Quínoa	100	426,6	15	63	4,57	197	9,2	2
Cañahua	100	397	15,7	73,9	10,6	190	9,2	2
Habas	100	88	7,9	58,3	6,7	103	2	4
Arvejas	100	81	5,42	14,45	1,47	25	6	4

Fuente: Elaboración propia, 2020.

L DER: esta columna tiene los valores de requerimiento nutricional a la cual queremos llegar.

L IZQ: Son los cálculos del programa con la cual cumplimos todos los requerimientos nutricionales que solicitamos al programa.

Tabla III-12 Requerimientos nutricionales

	L IZQ	L DER
ENERGÍA	3359,2	2000
PROTEÍNA	138,02	55
CARBOHIDRATOS	800	130
HIERRO	69,7	18
CALCIO	1308	1300

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Luego de resolver usando la programación lineal Solver nos da la siguiente composición de porciones con las cuales ya satisface el requerimiento nutricional (L DER).

Tabla III-13 Resultado de la regresión lineal aplicada en Solver para satisfacer requerimientos nutricionales solicitados

	Porciones (100 gramos)
Maíz	0
Trigo	2
Cebada	2
Quinoa	2
Cañahua	2
Habas	4
Arvejas	0

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.3.Lugar de ejecución

La parte experimental de la investigación para la “obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal quinua (*chenopodium quinoa*), cañahua (*chenopodium pallidicaule*), maíz (*zea mays*), trigo (*triticum*) y cebada (*hordeum vulgare*) y leguminosas” se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la carrera de Ingeniería Química dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.4.Materia prima

Las materias primas que se utilizaran en el trabajo de investigación están divididas en dos tipos, en cereales y leguminosas:

- Cereales: maíz (*zea mays*), trigo (*triticum*), cebada (*hordeum vulgare*), quinua (*chenopodium quinoa*) y cañahua (*chenopodium pallidicaule*). Adquiridas en el Mercado Campesino de la ciudad de Tarija.
- Leguminosas: haba tostada (*Vicia faba*) y arveja tostada (*Pisum sativum*). Adquiridas en el mercado Uyuni de la ciudad de Potosí, departamento de Potosí.

3.5. Materiales y equipos

Los equipos a usar durante la ejecución de la fase experimental del estudio son:

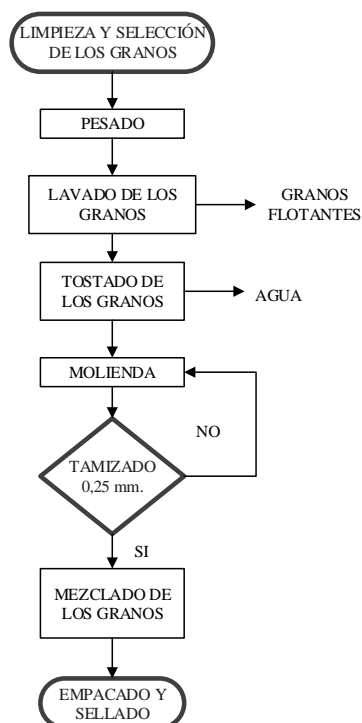
- Balanza analítica electrónica
- Tostador de granos
- Molino de discos (triturador)
- Molino de martillos
- Tamizador

Los materiales usados son los siguientes:

- Bandejas de acero inoxidable
- Brochas
- Espátulas
- Bolsas de polipropileno con zipper

3.6. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas

Figura 3-1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas



Fuente: Elaboración propia 2021.

3.7.Descripción del diagrama de bloques del proceso de obtención de harina precocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas

3.7.1. Caracterización de la materia prima

Para caracterizar a los granos de cereal y leguminosas se realizó el análisis proximal que permite saber de manera general el valor alimenticio de la materia prima, determinando parámetros como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla III-14 Parámetros de análisis de Materia Prima

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD (Por 100 gramos de muestra)
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La tabla presentada es el formato de presentación de los resultados del análisis proximal que realiza en CEANID. Los resultados de dicho análisis de mostraran en el capítulo de Resultados y discusión.

3.7.2. Limpieza y selección de los granos

En esta etapa se eliminó materia extraña (tierra, piedras, hojas, palos, entre otros) y se rechazaron granos picados y dañados. Aquí de los cinco granos con los que trabajamos, los granos de cebada son los que presentar mayor cantidad de materia extraña. La operación que se realizó para esta etapa fue un cernido manual.

Figura 3-2 Limpieza y selección de los granos de cebada



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.3. Pesado

Se realizó después de la inspección (acondicionamiento y limpieza de la materia prima) con la finalidad de determinar el rendimiento de grano a harina y costos de producción. El equipo que utilizamos fue balanza analítica electrónica – EU500 CE.

Figura 3-3 Pesado de los granos



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.4. Lavado de los granos

Se lavaron con agua potable para remover las impurezas y se descartaron los granos flotantes por ser de baja calidad, la desinfección se la realiza con una solución de hipoclorito de sodio. En este caso nosotros usamos la lavandina comercial (solución de hipoclorito de sodio) siguiendo el protocolo de uso del producto que indica lo siguiente, para uso en desinfección de alimentos, por 1 litro de agua – 2 gotas de lavandina, dejar actuar 30 minutos. Posteriormente enjuagar con agua tibia para remover restos de lavandina. En nuestro caso solo realizamos el lavado de los granos de cebada por que presentaron mayor cantidad de materia extraña en la etapa de limpieza. Después del lavado dejamos secar en el ambiente por 1 día obteniendo un buen secado del grano de cebada.

Figura 3-4 Lavado de los granos de cebada



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.5. Tostado de los granos

Se realizó en un equipo tostador de granos de maíz de la marca Norte Americana Whirley Pop, el cual lo acondicionamos, adicionando una capa de cobre para una mejor transferencia y distribución del calor, e incorporando un termómetro para medir la temperatura de tostado y con un cronometro medimos los minutos de tostado. En esta etapa los granos se insuflan (Proceso de Vaporización explosiva del agua interna del grano, con disminución repentina de la presión, provoca la hinchazón de los granos hasta alcanzar tamaños mayores que los originales), al insuflarse es ahí donde se cocinan los granos, hay cambio de color en el grano y desarrollo de aroma.

Figura 3-5 Tostador de granos acondicionado



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se realizan experimentos a las temperaturas y tiempos planteados en el diseño experimental: 2 niveles con el fin de obtener una condición óptima que permita mantener las propiedades que caracterizan al producto. Los planos experimentales son:

- **Maíz**

Variables:

Nivel

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Bajo	Alto
4,30	5,30
110	130

Tabla III-15 Experimentos realizados en el tostado del grano de Maíz

N° de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	4,30	110	4
2	5,30	110	6
3	4,30	130	5
4	5,30	130	7
5	4,30	110	3
6	5,30	110	6
7	4,30	130	6
8	5,30	130	7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-6 Maíz tostado



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Trigo**
Variables:

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Nivel

Bajo	Alto
4	5
110	130

Tabla III-16 Experimentos realizados en el tostado del grano de Trigo

Nº de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	4	110	3
2	5	110	4
3	4	130	5
4	5	130	7
5	4	110	3
6	5	110	5
7	4	130	6
8	5	130	7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-7 Trigo tostado



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Cebada**
Variables:

Nivel

Bajo	Alto
5	6
130	140

- Tiempo (min)
- Temperatura (°C)

Tabla III-17 Experimentos realizados en el tostado del grano de Cebada

N° de Exp	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Prueba organoléptica (escala 1 – 7)
1	5	130	5
2	6	130	7
3	5	140	4
4	6	140	2
5	5	130	6
6	6	130	7
7	5	140	3
8	6	140	2

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-8 Cebada tostada



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla Características de los cereales tostados

Tipo de grano tostado	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Observaciones
Maíz	T=130	5,3	Temperatura optima de tostado.
	T>130		El grano se sobre insuflan y fragmenta, si continúa con el tostado para a quemarse.
	T<130		Se da un buen tostado, pero menor desarrollo de aroma.
Trigo	T=130	5	Temperatura óptima de tostado, todos los granos se insuflan.
	T>130		El grano se quema rápidamente.
	T<130		Solo el 10% de los granos se insuflan, el grano es duro para comerlo.
Cebada	T=140	6	Temperatura óptima de tostado, se insuflan bien los granos, desarrollo de aroma muy agradable y característica de la cebada.
	T>140		La cáscara del grano se empieza a carbonizar y posteriormente el grano.
	T<140		Requerirá mayor tiempo de tostado a temperaturas menores.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.6. Acondicionamiento a molienda

Aquí usamos un molino de discos para triturar los granos de maíz, haba y arveja pues era necesario una trituración para reducir el tamaño de los granos y así puedan entrar por la boquilla de alimentación del molino de martillos.

3.7.7. Molienda

Se utilizó el molino de martillos, en el que se hicieron de 1 a 2 moliendas para obtener el tamaño de partícula deseado 0,25 a 0,063 mm.

Figura 3-9 Molienda de los granos



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.8. Tamizado

Para esta parte del proceso se usó el equipo Vibradora de Tamiz – ORT TA 002. Se utilizaron los siguientes tamices mesh de 1, 0.5, 0.25, y 0.063 mm. Se observó salvado (producto derivado de la molienda de los granos para obtener la harina) en los tamices 1 y 0.5mm. Mientras que en los tamices 0.25 y 0.063mm. Se depositaba la harina de los granos. El tiempo promedio de tamizado fue de 7 a 15 minutos dependiendo del trigo de harina precocida para tamizar.

Tamizado del maíz

Figura 3-10 Tamizado del maíz molido precocido



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Tamizado del trigo

Figura 3-11 Tamizado del trigo molido precocido



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-12 Tamizado del trigo molido precocido



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Tamizado de la cebada**

Figura 3-13 Tamizado de la cebada molida precocida



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-14 Tamizado de la cebada molida precocida



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Tamizado del haba**

Figura 3-15 Tamizado del haba molida precocida



Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Tamizado de la arveja**

Figura 3-16 Tamizado de la arveja molida precocida



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.9. Mezclado de los granos

Se pesaron las harinas de acuerdo a los porcentajes de cada formulación y se mezclaron en una bandeja con una espátula ambos de acero inoxidable como se muestra en la figura. El diseño factorial empleado fue de 3 niveles con 2 factores (3^2).

Variables:

Nivel

- Composición (% cereales)
- Tiempo (min)

Bajo	Medio	Alto
60	65	70
3	4	5

Tabla III-10 Las formulaciones para % de cereal (60, 65 y 70%)

	Formula 1 (60%)	Formula 2 (65%)	Formula 3 (70 %)		
Maíz	5	5,417	5,83		16,247
Trigo	5	5,417	5,83		16,247
Cebada	44	47,667	51,34		143,007
Quínoa	3	3,25	3,5		9,75
Cañahua	3	3,25	3,5		9,75
Habas	20	17,5	15		52,5
Arvejas	20	17,5	15		52,5
Total	100	100,001	100		300,001

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla III-18 Diseño factorial para la etapa de mezclado con las variables independientes composición, tiempo y la variable respuesta % de proteína

Nº de Exp	Composición (% cereales)	Tiempo (min)	Variable respuesta (% Proteína)
1	70	5	15,48
2	70	4	15,48
3	70	3	15,48
4	65	5	15,97
5	65	4	15,97
6	65	3	15,97
7	60	5	16,87
8	60	4	16,87
9	60	3	16,87
10	70	5	15,48
11	70	4	15,48
12	70	3	15,48
13	65	5	15,97
14	65	4	15,97
15	65	3	15,97
16	60	5	16,87
17	60	4	16,87
18	60	3	16,87

Fuente: Elaboración propia, 2021.

También realizamos un experimento aplicando Programación Lineal mediante Solver para resolver un problema de requerimiento nutricional. Esta aplicación de Solver consiste en tener una base de datos de diferentes alimentos que tenga la información nutricional y el precio, luego colocamos valores de requerimientos nutricionales y aplicamos Solver para cumplir con ese requerimiento y también nos da como resultado el costo. Hay que tener bien claro el requerimiento nutricional que se necesita satisfacer.

Tabla III-11 Valor nutricional, precio de los granos de cereal y leguminosas

Materia prima	Tamaño de porción (g)	Energía (Kcal)	Proteínas (gr)	Carbohidratos (gr)	Hierro (mg.)	Calcio (mg)	Precio (\$/porción)	Limite (porciones /día)
Maíz	100	86	3,2	76,9	3,45	6	2	3
Trigo	100	327	12,61	72	3,6	29	2	2
Cebada	100	353	9,9	74,5	2,68	32	2,5	4
Quínoa	100	426,6	15	63	4,57	197	9,2	2
Cañahua	100	397	15,7	73,9	10,6	190	9,2	2
Habas	100	88	7,9	58,3	6,7	103	2	4
Arvejas	100	81	5,42	14,45	1,47	25	6	4

Fuente: Elaboración propia, 2021.

L DER: esta columna tiene los valores de requerimiento nutricional a la cual queremos llegar. L IZQ: Son los cálculos del programa con la cual cumplimos todos los requerimientos nutricionales que solicitamos al programa.

Tabla III-12 Requerimientos nutricionales

	L IZQ	L DER
ENERGÍA	3359,2	2000
PROTEÍNA	138,02	55
CARBOHIDRATOS	800	130
HIERRO	69,7	18
CALCIO	1308	1300

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Luego de resolver usando la programación lineal Solver nos da la siguiente composición de porciones con las cuales ya satisface el requerimiento nutricional (L DER).

Tabla III-13 Resultado de la regresión lineal aplicada en Solver para satisfacer requerimientos nutricionales solicitados

	Porciones (100 gramos)
Maíz	0
Trigo	2
Cebada	2
Quínoa	2
Cañahua	2
Habas	4
Arvejas	0

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para esta formulación se obtuvo como resultado 16,97 gramos de proteína en 100 gramos de muestra.

Figura 3-17 Harinas pre cocidas obtenidas en el LOU (Laboratorio de Operaciones Unitarias) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.



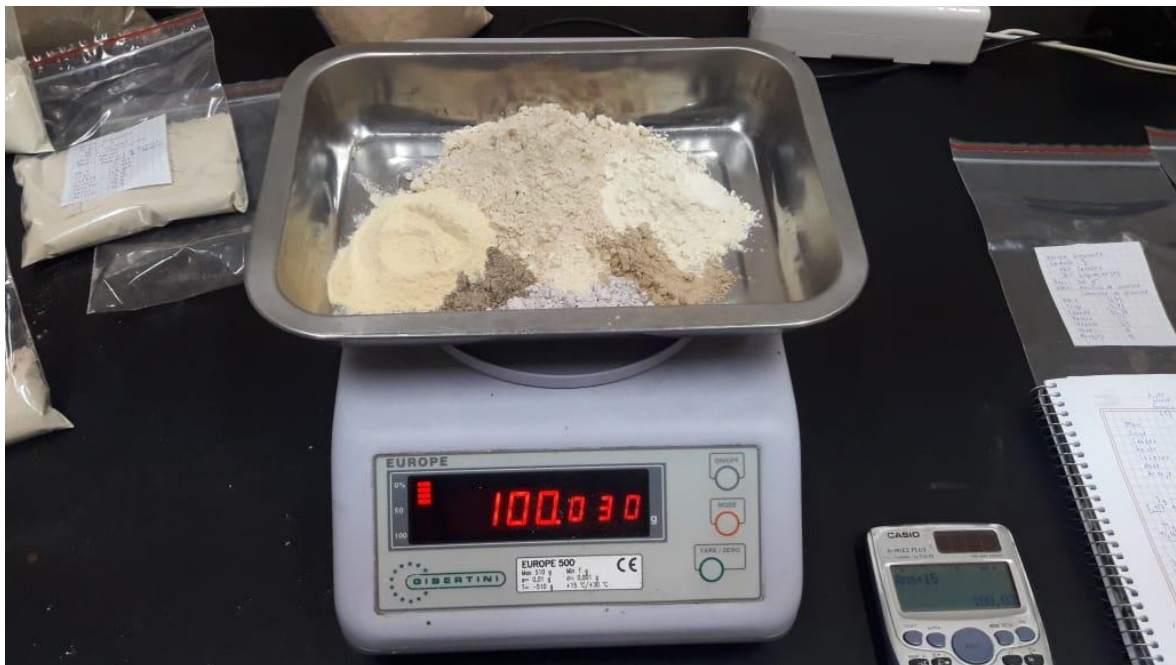
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-18 Al lado izquierdo pito de quínoa y al lado derecho pito de cañahua comerciales.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-19 Formulación y pesado de las 7 harinas pre cocidas según formulación



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 3-20 Etapa de mezclado de las siete harinas pre cocidas

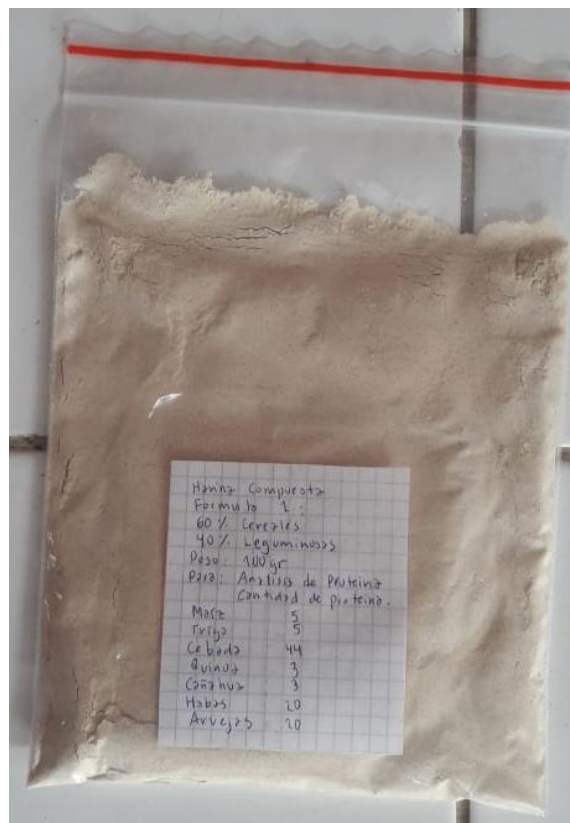


Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.7.10. Empacado y sellado

Se envasa la harina compuesta en bolsas de polipropileno con zipper.

Figura 3-21 Envasado en bolsas de polipropileno con zipper



Fuente: Elaboración propia, 2021.

3.8. Análisis del producto obtenido

Tabla III-19 Parámetros de análisis del producto final

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD (Por 100 gramos de muestra)
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Una que realizamos los experimentos, estos son enviados a CEANID donde se realizara el análisis de contenido de proteína y que mayor contenido de proteína tenga a ese realizaremos un análisis proximal para analizar el valor nutritivo en su conjunto, es decir fibra, grasas, humedad y ceniza. Los resultados se muestran en el capítulo de Resultado y Discusiones.

3.9. Pruebas de aceptación o pruebas hedónicas

Figura 3-22 Panelistas realizando la prueba hedónica



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La prueba hedónica para nuestra harina compuesta pre cocida la realizamos siguiendo la metodología como se explica en apartada 2.5. Pruebas de aceptación o pruebas hedónicas, del marco teórico.

Para su aplicación en la prueba hedónica procedimos a prepararla de la siguiente manera:

Ingredientes

- Agua
- Leche
- Azúcar o endulzante de preferencia
- Canela/clavo de olor

Preparación

En un recipiente poner a hervir 2.5 Lt. de agua. En otro recipiente de ½ litro, disolver la bolsa 180g de la harina pre cocida de cereales – leguminosas.

Mezclar los contenidos y mover constantemente por 3 a 6 min. hasta que rompa en hervor. Al final, puedes agregar canela, clavo y vainilla al gusto.

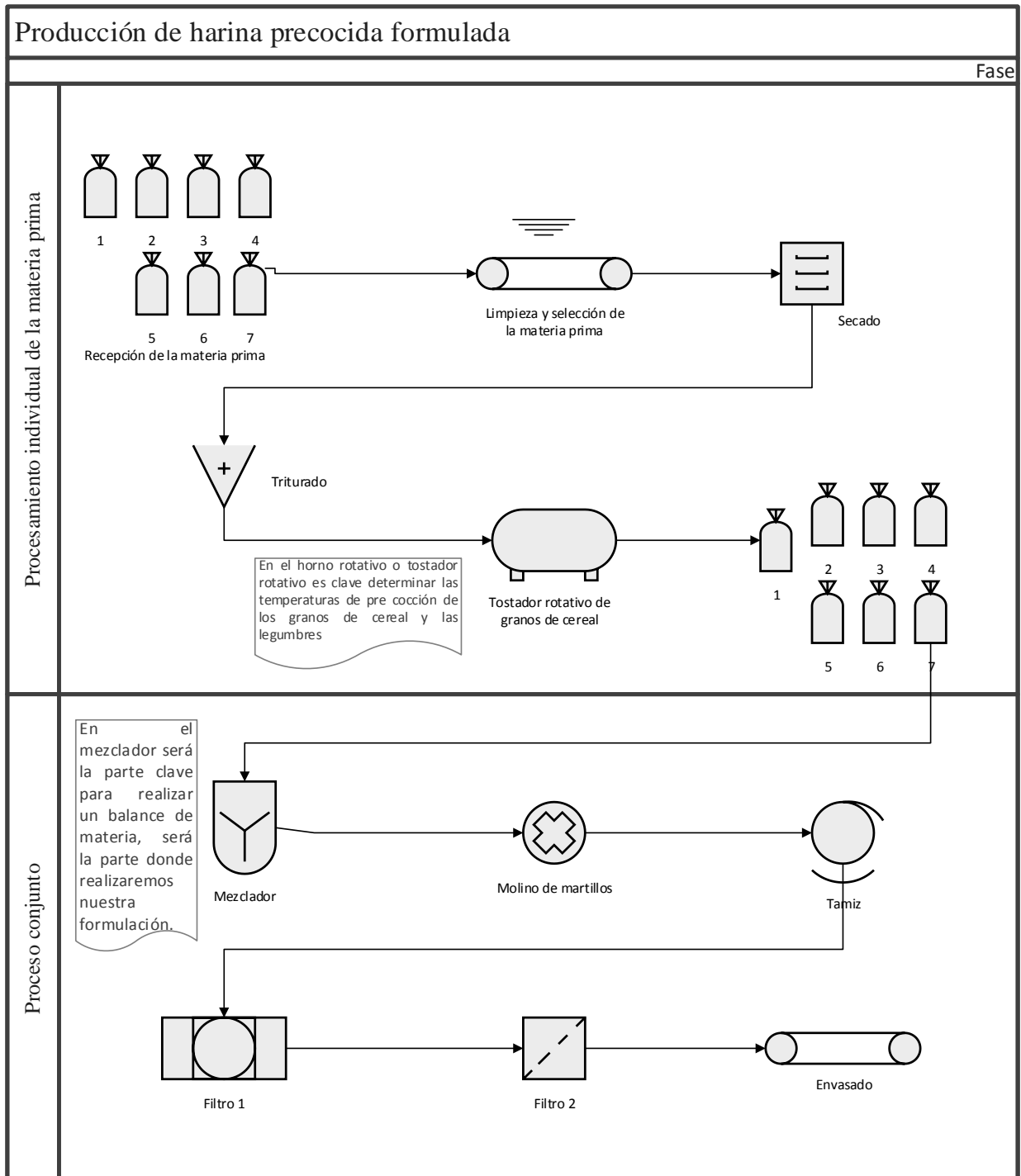
Nota:

Muchas personas lo preparan como una bebida caliente para el invierno; pero también puede prepararse como un ponche o batidos proteicos para consumirse frío en este verano.

(Ver los resultados en el Capítulo IV. Resultado y discusiones punto 4.8. Resultados de pruebas hedónicas realizadas para la harina pre cocida formulada, también puede observar más información en la parte de Anexos).

3.10. Diagrama de flujo y balance de materia y energía del proceso

Figura 3-23 Diagrama del proceso general



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Etapa 1: obtención de las harinas compuestas pre cocidas de cada grano

Tabla III Nomenclatura de las corrientes en el balance de materia y energía

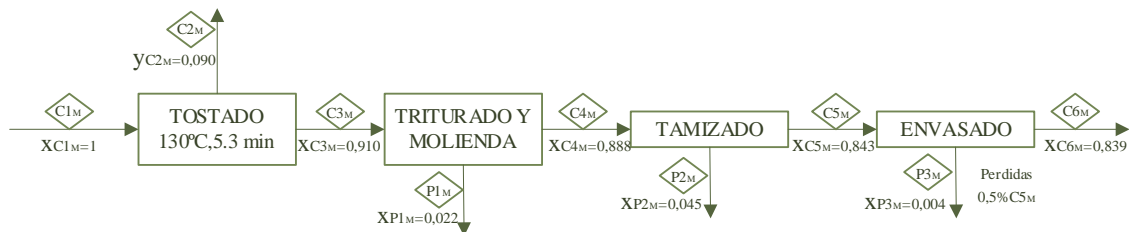
Corriente	Especificación	Corriente	Especificación
C1 _M	Granos de maíz	C4 _M	Maíz tostado molido
C2 _M = m _{ae}	Agua evaporada	C5 _M	Maíz tostado tamizado
C3 _M = m _{Mt}	Maíz tostado	C6 _M	Harina precocida de maíz
P1 _M	Perdidas de la molienda	P3 _M	Pérdidas en la etapa de envasado
P2 _M	Rechazo en el tamiz		
C1 _T	Granos de trigo	C4 _T	Trigo tostado molido
C2 _T	Agua evaporada	C5 _T	Trigo tostado tamizado
C3 _T = m _{Tt}	Trigo tostado	C6 _T	Harina pre cocida de trigo
P1 _T	Perdidas de la molienda	P3 _T	Pérdidas en la etapa de envasado
P2 _T	Rechazo en el tamiz		
C1 _C	Granos de cebada	C4 _C	Cebada tostada molido
C2 _C = m _{ae}	Agua evaporada	C5 _C	Cebada tostada tamizada
C3 _C = m _{Ct}	Cebada tostada	C6 _C	Harina pre cocida de Cebada
P1 _C	Perdidas de la molienda	P3 _C	Pérdidas en la etapa de envasado
P2 _C	Rechazo en el tamiz		
C1 _H	Granos de haba tostada	C4 _H	Haba tostada molido
C2 _H	Cascara de haba	C5 _H	Haba tostada tamizada
C3 _H	Habas sin cascara	C6 _C	Harina pre cocida de haba
P1 _H	Perdidas de la molienda	P3 _H	Pérdidas en la etapa de envasado
P2 _H	Rechazo en el tamiz		
C1 _A	Granos de arveja tostada	C3 _A	Arveja tostada tamizada
C2 _A	Arveja tostada molido	C4 _A	Harina pre cocida de arveja
P1 _A	Perdidas de la molienda	P3 _A	Pérdidas en la etapa de envasado
P2 _A	Rechazo en el tamiz		
C _{Quinoa}	Harina pre cocida de quinoa	C _{Cañahua}	Harina pre cocida de Cañahua
X _{grano}	Fracción másica en el grano	Y _{grano}	Fracción vapor del grano
C _P	Calor específico	λ	Calor latente
Q _{cedido}	Calor cedido	Q _{ganado}	Calor ganado
Q _{sensible}	Calor sensible	Q _{latente}	Calor latente
Q _M	Energía consumida por el molino de martillos	Q _T	Energía consumida por el tamizador
t _{ambiente}	Temperatura ambiente	t _{ebH2O}	Temperatura de ebullición del agua

Fuente: Elaboración propia, 2021.

BALANCE DE MATERIA DE CADA PROCESO

Balance de materia para el proceso de obtención de harina pre cocida de maíz

Figura 3-24 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de maíz



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo:

$C1_M = 200 \text{ g}$ (pesamos esta cantidad de materia prima)

- Etapa de TOSTADO.

$$C1_M = C2_M + C3_M$$

$C3_M = 182,046 \text{ g}$ (Este valor se obtuvo pesando el grano de maíz ya tostado)

$$C2_M = C1_M - C3_M$$

$$C2_M = 200 \text{ g} - 182,046 \text{ g}$$

$$C2_M = 17,954 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de las corrientes en la etapa de TOSTADO.

$$y_{C2_M} = \frac{C2_M}{C1_M} = \frac{17,954 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,090$$

$$x_{C3_M} = \frac{C3_M}{C1_M} = \frac{182,046 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,910$$

$$x_{C1_M} = y_{C2_M} + x_{C3_M} = 0,090 + 0,910 = 1$$

- Etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA.

$C4_M = 177,576 \text{ g}$ (Este valor se obtuvo pesando el grano de maíz molido)

$$C3_M = P1_M + C4_M$$

$$P1_M = C3_M - C4_M$$

$$P1_M = 182,046 \text{ g} - 177,576 \text{ g}$$

$$P1_M = 4,470 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de corrientes en la etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$x_{C4_M} = \frac{C4_M}{C1_M} = \frac{177,576 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,888$$

$$x_{P1_M} = \frac{P1_M}{C1_M} = \frac{4,470 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,022$$

$$x_{C3_M} = x_{P1_M} + x_{C4_M} = 0,022 + 0,888 = 0,910$$

- Etapa de TAMIZADO

$$C5_M = 168,512 \text{ g}$$

$$C4_M = P2_M + C5_M$$

$$P2_M = C4_M - C5_M$$

$$P2_M = 177,576 \text{ g} - 168,512 \text{ g}$$

$$P2_M = 9,064 \text{ g} \text{ (Esta cantidad es lo que rechazo el tamiz, es el salvado de maíz)}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de TAMIZADO

$$x_{C5_M} = \frac{C5_M}{C1_M} = \frac{168,512 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,843$$

$$x_{P2_M} = \frac{P2_M}{C1_M} = \frac{9,064 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,045$$

$$x_{C4_M} = x_{P2_M} + x_{C5_M} = 0,045 + 0,843 = 0,888$$

- Etapa de ENVASADO

$$C5_M = C6_M + P3_M$$

$$P3_M = C5_M - 0,995C5_M = 168,512 \text{ g} - 0,995 * 168,512 \text{ g} = 0,842 \text{ g}$$

$$C6_M = C5_M - P3_M = 168,512 \text{ g} - 0,843 \text{ g}$$

$$C6_M = 167,669 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de ENVASADO

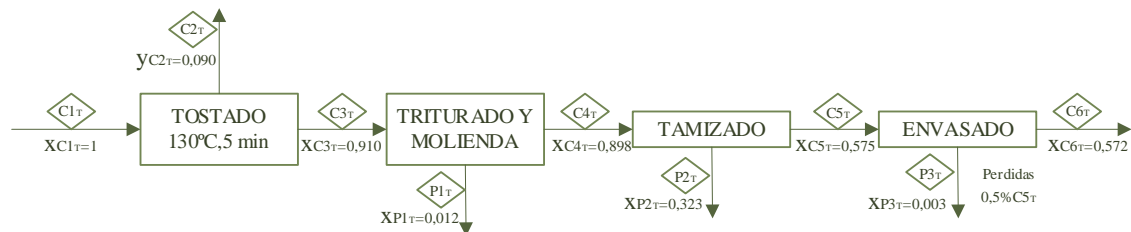
$$x_{C6_M} = \frac{C6_M}{C1_M} = \frac{167,669 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,839$$

$$x_{P2_M} = \frac{P3_M}{C1_M} = \frac{0,843 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,004$$

$$x_{C5_M} = x_{P3_M} + x_{C6_M} = 0,839 + 0,004 = 0,843$$

Balance de materia para el proceso de obtención de harina pre cocida de trigo

Figura 3-25 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de trigo



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo:

$$C1_T = 175,740 \text{ g}$$

- Etapa de TOSTADO

$$C1_T = C2_T + C3_T$$

$$C3_T = 160,010 \text{ g (Este valor se obtuvo pesando el grano de trigo ya tostado)}$$

$$C2_T = C1_T - C3_T$$

$$C2_T = 175,740 \text{ g} - 160,010 \text{ g}$$

$$C2_T = 15,730 \text{ g (cantidad de agua evaporada del grano de trigo resultado de insuflarse)}$$

- Cálculo de las fracciones de las corrientes en la etapa de TOSTADO

$$y_{C2_T} = \frac{C2_T}{C1_T} = \frac{15,730 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,090$$

$$x_{C3_T} = \frac{C3_T}{C1_T} = \frac{160,010 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,910$$

$$x_{C1_T} = y_{C2_T} + x_{C3_T} = 0,090 + 0,910 = 1$$

- Etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$C4_T = 157,800 \text{ g (Este valor se obtuvo pesando el grano de trigo molido)}$$

$$C3_T = P1_T + C4_T$$

$$P1_T = C3_T - C4_T$$

$$P1_T = 160,010 \text{ g} - 157,8 \text{ g}$$

$$P1_T = 2,210 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de corrientes en la etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$x_{C4_T} = \frac{C4_T}{C1_T} = \frac{157,800 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,898$$

$$x_{P1_T} = \frac{P1_T}{C1_T} = \frac{2,210 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,012$$

$$x_{C3_T} = x_{P1_T} + x_{C4_T} = 0,012 + 0,898 = 0,910$$

- Etapa de TAMIZADO

$$C5_T = 101,075 \text{ g}$$

$$C4_T = P2_T + C5_T$$

$$P2_T = C4_T - C5_T$$

$$P2_T = 157,8 \text{ g} - 101,075 \text{ g}$$

$$P2_T = 56,725 \text{ g} \text{ (Esta cantidad es lo que rechazo el tamiz, es el salvado de trigo)}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de TAMIZADO

$$x_{C5_T} = \frac{C5_T}{C1_T} = \frac{101,075 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,575$$

$$x_{P2_T} = \frac{P2_T}{C1_M} = \frac{56,725 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,323$$

$$x_{C4_T} = x_{P2_T} + x_{C5_T} = 0,323 + 0,575 = 0,898$$

- Etapa de ENVASADO

$$C5_T = C6_T + P3_T$$

$$P3_T = C5_T - 0,995C5_T = 101,075 \text{ g} - 0,995 * 101,075 \text{ g} = 0,505 \text{ g}$$

$$C6_T = C5_T - P3_T = 101,075 \text{ g} - 0,505 \text{ g}$$

$$C6_T = 100,570 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de ENVASADO

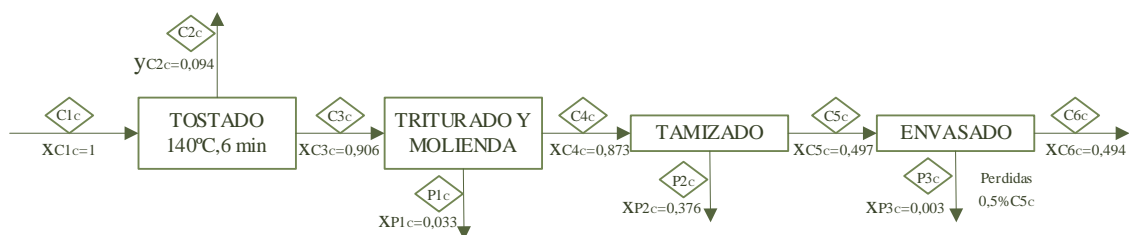
$$x_{C6_T} = \frac{C6_T}{C1_T} = \frac{100,570 \text{ g}}{175,740 \text{ g}} = 0,572$$

$$x_{P3_T} = \frac{P3_T}{C1_T} = \frac{0,505 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0,003$$

$$x_{C5_T} = x_{P3_T} + x_{C6_T} = 0,572 + 0,003 = 0,575$$

Balance de materia para el proceso de obtención de la harina pre cocida de cebada

Figura 3-26 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de cebada



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo:

$$C1_c = 175,507 \text{ g}$$

- Etapa de TOSTADO

$$C1_c = C2_c + C3_c$$

$$C3_c = 159,027 \text{ g (Este valor se obtuvo pesando el grano de cebada ya tostado)}$$

$$C2_c = C1_c - C3_c$$

$$C2_c = 175,507 \text{ g} - 159,027 \text{ g}$$

$$C2_c = 16,480 \text{ g (cantidad de agua evaporada del grano de cebada resultado de insuflarse)}$$

- Cálculo de las fracciones de las corrientes en la etapa de TOSTADO

$$y_{C2c} = \frac{C2_c}{C1_c} = \frac{16,480 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,094$$

$$x_{C3c} = \frac{C3_c}{C1_c} = \frac{159,027 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,906$$

$$x_{C1c} = y_{C2c} + x_{C3c} = 0,094 + 0,906 = 1$$

- Etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$C4_c = 153,235 \text{ g (Este valor se obtuvo pesando el grano de cebada molido)}$$

$$C3_c = P1_c + C4_c$$

$$P1_c = C3_c - C4_c$$

$$P1_c = 159,027 \text{ g} - 153,235 \text{ g}$$

$$P1_C = 5,792 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de corrientes en la etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$x_{C4_C} = \frac{C4_C}{C1_C} = \frac{153,235 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,873$$

$$x_{P1_C} = \frac{P1_C}{C1_C} = \frac{5,792 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,033$$

$$x_{C3_C} = x_{P1_C} + x_{C4_C} = 0,033 + 0,873 = 0,906$$

- Etapa de TAMIZADO

$$C5_C = 87,156 \text{ g}$$

$$C4_C = P2_C + C5_C$$

$$P2_C = C4_C - C5_C$$

$$P2_C = 153,235 \text{ g} - 87,156 \text{ g}$$

$$P2_C = 66,079 \text{ g} \text{ (cantidad es lo que rechazo el tamiz, viene siendo el salvado de la cebada)}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de TAMIZADO

$$x_{C5_C} = \frac{C5_C}{C1_C} = \frac{87,156 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,497$$

$$x_{P2_C} = \frac{P2_C}{C1_C} = \frac{66,079 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,376$$

$$x_{C4_C} = x_{P2_C} + x_{C5_C} = 0,376 + 0,497 = 0,873$$

- Etapa de ENVASADO

$$C5_C = C6_C + P3_C$$

$$P3_C = C5_C - 0,995C5_C = 87,156 \text{ g} - 0,995 * 87,156 \text{ g} = 0,436 \text{ g}$$

$$C6_C = C5_C - P3_C = 87,156 \text{ g} - 0,436 \text{ g}$$

$$C6_C = 86,720 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de ENVASADO

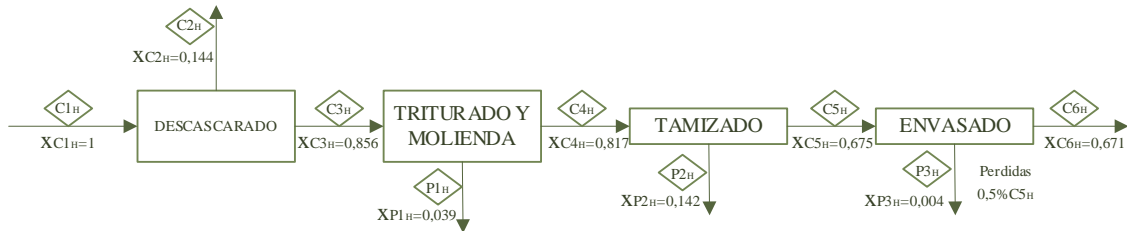
$$x_{C6_C} = \frac{C6_C}{C1_C} = \frac{86,720 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,494$$

$$x_{P3_C} = \frac{P3_C}{C1_C} = \frac{0,436 \text{ g}}{175,507 \text{ g}} = 0,003$$

$$x_{C5_C} = x_{P3_C} + x_{C6_C} = 0,003 + 0,494 = 0,497$$

Balance de materia para el proceso de obtención de harina pre cocida de haba

Figura 3-27 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de haba



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo:

$$C1_H = 250,337 \text{ g}$$

- Etapa de DESCASCARADO

$$C1_H = C2_H + C3_H$$

$$C3_H = 214,164 \text{ g}$$

$$C2_H = C1_H - C3_H$$

$$C2_H = 250,337 \text{ g} - 214,164 \text{ g}$$

$$C2_H = 36,173 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones de las corrientes en la etapa de DESCASCARADO

$$x_{C2_H} = \frac{C2_H}{C1_H} = \frac{36,173 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,144$$

$$x_{C3_H} = \frac{C3_H}{C1_H} = \frac{214,164 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,856$$

$$x_{C1_H} = x_{C2_H} + x_{C3_H} = 0,144 + 0,856 = 1$$

- Etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$C4_H = 204,413 \text{ g}$$

$$C3_H = P1_H + C4_H$$

$$P1_H = C3_H - C4_H$$

$$P1_H = 214,164 \text{ g} - 204,413 \text{ g}$$

$$P1_H = 9,751 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones de corrientes en etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$x_{C4_H} = \frac{C4_H}{C1_H} = \frac{204,413 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,817$$

$$x_{P1_H} = \frac{P1_H}{C1_H} = \frac{9,751 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,039$$

$$x_{C3_H} = x_{P1_H} + x_{C4_H} = 0,039 + 0,817 = 0,856$$

- Etapa de TAMIZADO

$$C5_H = 168,888 \text{ g}$$

$$C4_H = P2_H + C5_H$$

$$P2_H = C4_H - C5_H$$

$$P2_H = 204,413 \text{ g} - 168,888 \text{ g}$$

$$P2_H = 35,525 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de TAMIZADO

$$x_{C5_H} = \frac{C5_H}{C1_H} = \frac{168,888 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,675$$

$$x_{P2_H} = \frac{P2_H}{C1_H} = \frac{35,525 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,142$$

$$x_{C4_H} = x_{P2_H} + x_{C5_H} = 0,142 + 0,675 = 0,817$$

- Etapa de ENVASADO

$$C5_H = C6_H + P3_H$$

$$P3_H = C5_H - 0,995C5_H = 168,888 \text{ g} - 0,995 * 168,888 \text{ g} = 0,844 \text{ g}$$

$$C6_H = C5_H - P3_H = 168,888 \text{ g} - 0,844 \text{ g}$$

$$C6_H = 168,044 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones en la etapa de ENVASADO

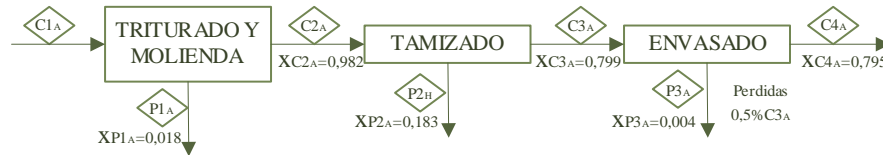
$$x_{C6_H} = \frac{C6_H}{C1_H} = \frac{168,044 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,671$$

$$x_{P3_H} = \frac{P3_H}{C1_H} = \frac{0,844 \text{ g}}{250,337 \text{ g}} = 0,004$$

$$x_{C5H} = x_{P3H} + x_{C6H} = 0,004 + 0,671 = 0,675$$

Balance de materia para el proceso de obtención de harina pre cocida de arveja

Figura 3-28 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de arveja



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo:

$$C1_A = 250,631 \text{ g}$$

- Etapa de TRITURACIÓN Y MOLIENDA

$$C1_A = P1_A + C2_A$$

$$C2_A = 246,058 \text{ g}$$

$$P1_A = C1_A - C2_A$$

$$P1_A = 250,631 \text{ g} - 246,058 \text{ g}$$

$$P1_A = 4,573 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de corrientes en la etapa de TRITURACION Y MOLIENDA

$$x_{C2_A} = \frac{C2_A}{C1_A} = \frac{246,058 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,982$$

$$x_{P1_A} = \frac{P1_A}{C1_A} = \frac{4,573 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,018$$

$$x_{C1_A} = x_{P1_A} + x_{C2_A} = 0,018 + 0,982 = 1$$

- Etapa de TAMIZADO

$$C3_A = 200,116 \text{ g}$$

$$C2_A = P2_A + C3_A$$

$$P2_A = C2_A - C3_A$$

$$P2_A = 246,058 \text{ g} - 200,116 \text{ g}$$

$$P2_A = 45,942 \text{ g}$$

- Cálculo de las fracciones de las corrientes en la etapa de TAMIZADO

$$x_{C3_A} = \frac{C3_A}{C1_A} = \frac{200,116 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,799$$

$$x_{P2_A} = \frac{P2_A}{C1_A} = \frac{45,942 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,183$$

$$x_{C2_A} = x_{P2_A} + x_{C3_A} = 0,183 + 0,799 = 0,982$$

- Etapa de ENVASADO

$$C3_A = C4_A + P3_A$$

$$P3_A = C3_A - 0,995C3_A = 200,116 \text{ g} - 0,995 * 200,116 \text{ g} = 1,001 \text{ g}$$

$$C4_A = C3_A - P3_A = 200,116 \text{ g} - 1,001 \text{ g}$$

$$C4_A = 199,115 \text{ g}$$

- Cálculo de fracciones de las corrientes en la etapa de ENVASADO

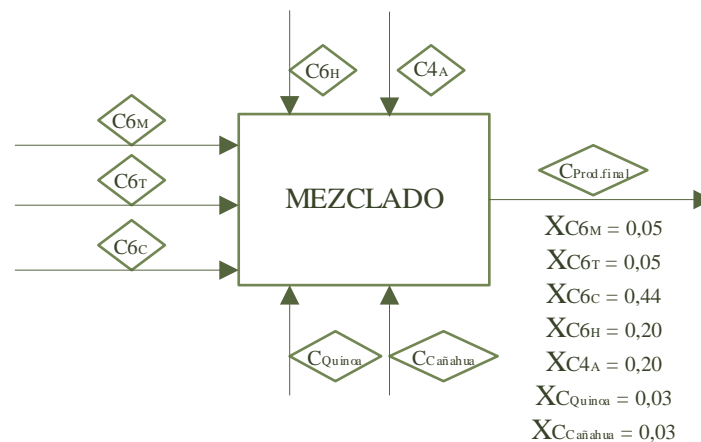
$$x_{C4_A} = \frac{C4_A}{C1_A} = \frac{199,115 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,795$$

$$x_{P3_A} = \frac{P3_A}{C1_A} = \frac{1,001 \text{ g}}{250,631 \text{ g}} = 0,004$$

$$x_{C3_A} = x_{P3_A} + x_{C4_A} = 0,004 + 0,795 = 0,799$$

Etapa 2: Mezclado y envasado

Figura 3-29 Etapa de formulación y mezclado de las siete harinas precocidas



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Base de cálculo

$$C_{Prod.final} = 100 \text{ g}$$

En este caso conocemos el valor de todas las entradas al proceso de mezclado, debido a que estamos trabajando para realizar una formulación.

$$C_{6M} = 5 \text{ g}$$

$$X_{C_{6M}} = \frac{C_{6M}}{C_{Prod.final}} = \frac{5g}{100g} = 0,05$$

$$C_{6T} = 5 \text{ g}$$

$$X_{C_{6T}} = \frac{C_{6T}}{C_{Prod.final}} = \frac{5g}{100g} = 0,05$$

$$C_{6C} = 44 \text{ g}$$

$$X_{C_{6C}} = \frac{C_{6C}}{C_{Prod.final}} = \frac{44g}{100g} = 0,44$$

$$C_{6H} = 20 \text{ g}$$

$$X_{C_{6H}} = \frac{C_{6H}}{C_{Prod.final}} = \frac{20g}{100g} = 0,20$$

$$C_{4A} = 20 \text{ g}$$

$$X_{C_{6A}} = \frac{C_{6A}}{C_{Prod.final}} = \frac{20g}{100g} = 0,20$$

$$C_{Quinoa} = 3 \text{ g}$$

$$X_{C_{Quinoa}} = \frac{C_{Quinoa}}{C_{Prod.final}} = \frac{3g}{100g} = 0,03$$

$$C_{Cañahua} = 3 \text{ g}$$

$$X_{C_{Cañahua}} = \frac{C_{Cañahua}}{C_{Prod.final}} = \frac{3g}{100g} = 0,03$$

$$C_{6M} + C_{6T} + C_{6C} + C_{6H} + C_{4A} + C_{Quinoa} + C_{Cañahua} = C_{Prod.final}$$

$$5 g + 5 g + 44 g + 20 g + 20 g + 3 g + 3 g = C_{Prod.final}$$

$$C_{Prod.final} = 100$$

BALANCE DE ENERGÍA DE CADA PROCESO

Balance de energía para el proceso de obtención de harina precocida de maíz: El balance de energía se realiza en la etapa de tostado; donde se presenta la transferencia de calor la misma comprende el calor sensible que eleva la temperatura de los granos a la temperatura de tostado y el calor latente que produce el cambio de fase del agua líquida a vapor.

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{sensible} = m_{Mt} * C_{pMaíz} * (t_{tostado} - t_{ambiente}) + m_{ae} * C_{pH2O} * (t_{ebH2O} - t_{ambiente})$$

$$Q_{latente} = m_{ae} * \lambda_{H2O}$$

$$C3_M = m_{Mt} = 182,046 \text{ g} = 0,182 \text{ Kg}$$

$$C2_M = m_{ae} = 17,954 \text{ g} = 0,0179 \text{ Kg}$$

$$C_{pMaíz} = 0,1020 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_{pH2O} = 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$t_{tostado} = 130^\circ\text{C}$$

$$t_{ambiente} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{ebH2O} = 95^\circ\text{C}$$

$$Q_{sensible} = 0,182 \text{ Kg} * 0,1020 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (130^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + 0,0179 \text{ Kg} * 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (95^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_{sensible} = 6,486 \text{ KJ}$$

$$\lambda_{H2O} = 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 0,0179 \text{ Kg} * 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 9,725 \text{ KCal} = 40,689 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{cedido} = 6,486 \text{ KJ} + 40,689 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{ganado} = 40,689 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación de la Molienda

$$\text{Tiempo} = 2 \text{ min} = 0,033 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ W} = 0,7 \text{ KW}$$

$$Q_M = P * t$$

$$Q_M = 0,7 \text{ KW} * 0,033 \text{ h}$$

$$Q_M = 0,0231 \text{ KW} - \text{h} = 83,16 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación del Tamizado

$$\text{Tiempo} = 15 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,08 \text{ KW}$$

$$Q_T = P * t$$

$$Q_T = 0,08 \text{ KW} * 0,25 \text{ h}$$

$$Q_T = 0,02 \text{ KW} - \text{h} = 72 \text{ KJ}$$

Balance de energía para el proceso de obtención de harina precocida de trigo

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{sensible} = m_{Tt} * C_{pTrigo} * (t_{tostado} - t_{ambiente}) + m_{ae} * C_{pH2O} * (t_{ebH2O} - t_{ambiente})$$

$$Q_{latente} = m_{ae} * \lambda_{H2O}$$

$$C3_T = m_{Tt} = 160,010 \text{ g} = 0,160 \text{ Kg}$$

$$C2_T = m_{ae} = 15,73 \text{ g} = 0,01573 \text{ Kg}$$

$$C_{pTrigo} = 0,0872 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_{pH2O} = 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$t_{tostado} = 130^\circ\text{C}$$

$$t_{ambiente} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{ebH2O} = 95^\circ\text{C}$$

$$Q_{sensible} = 0,160 \text{ Kg} * 0,0872 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (130^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + 0,01573 \text{ Kg} * 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (95^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_{sensible} = 6,564 \text{ KJ}$$

$$\lambda_{H_2O} = 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 0,01573 \text{ Kg} * 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 8,546 \text{ KCal} = 35,756 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{cedido} = 6,564 \text{ KJ} + 35,756 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{ganado} = 42,32 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación de la Molienda

$$\text{Tiempo} = 1.5 \text{ min} = 0,025 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ W} = 0,7 \text{ KW}$$

$$Q_M = P * t$$

$$Q_M = 0,7 \text{ KW} * 0,025 \text{ h}$$

$$Q_M = 0,0175 \text{ KW} - h = 63 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación del Tamizado

$$\text{Tiempo} = 15 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,08 \text{ KW}$$

$$Q_T = P * t$$

$$Q_T = 0,08 \text{ KW} * 0,25 \text{ h}$$

$$Q_T = 0,02 \text{ KW} - h = 72 \text{ KJ}$$

Balance de energía para el proceso de obtención de harina precocida de Cebada

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{sensible} = m_{ct} * C_{pCebada} * (t_{tostado} - t_{ambiente}) + m_{ae} * C_{pH_2O} * (t_{ebH_2O} - t_{ambiente})$$

$$Q_{latente} = m_{ae} * \lambda_{H_2O}$$

$$C3_C = m_{ct} = 159,027 \text{ g} = 0,159 \text{ Kg}$$

$$C2_C = m_{ae} = 16,48 \text{ g} = 0,0165 \text{ Kg}$$

$$C_{pCebada} = 1,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_{pH_2O} = 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$t_{tostado} = 140^\circ\text{C}$$

$$t_{ambiente} = 20^{\circ}C$$

$$t_{ebH_2O} = 95^{\circ}C$$

$$Q_{sensible} = 0,159 \text{ Kg} * 1,3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}C} * (140^{\circ}C - 20^{\circ}C) + 0,0165 \text{ Kg} * 4,263 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}C} (95^{\circ}C - 20^{\circ}C)$$

$$Q_{sensible} = 9,409 \text{ KJ}$$

$$\lambda_{H_2O} = 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 0,0165 \text{ Kg} * 543,3 \text{ KCal/Kg}$$

$$Q_{latente} = 8,964 \text{ KCal} = 37,505 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

$$Q_{cedido} = 9,409 \text{ KJ} + 37,505 \text{ KJ}$$

$$Q_{cedido} = Q_{ganado} = 46,914 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación de la Molienda

$$\text{Tiempo} = 2 \text{ min} = 0,033 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ W} = 0,7 \text{ KW}$$

$$Q_M = P * t$$

$$Q_M = 0,7 \text{ KW} * 0,033 \text{ h}$$

$$Q_M = 0,0231 \text{ KW} - \text{h} = 83,16 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación del Tamizado

$$\text{Tiempo} = 20 \text{ min} = 0,33 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,08 \text{ KW}$$

$$Q_T = P * t$$

$$Q_T = 0,08 \text{ KW} * 0,33 \text{ h}$$

$$Q_T = 0,0264 \text{ KW} - \text{h} = 95,04 \text{ KJ}$$

Balance de energía para el proceso de obtención de harina precocida de haba

Condiciones de operación de la Molienda

$$\text{Tiempo} = 4 \text{ min} = 0,067 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ W} = 0,7 \text{ KW}$$

$$Q_M = P * t$$

$$Q_M = 0,7 \text{ KW} * 0,067 \text{ h}$$

$$Q_M = 0,0469 \text{ KW} - \text{h} = 168,84 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación del Tamizado

$$\text{Tiempo} = 20 \text{ min} = 0,33 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,08 \text{ KW}$$

$$Q_T = P * t$$

$$Q_T = 0,08 \text{ KW} * 0,33 \text{ h}$$

$$Q_T = 0,0264 \text{ KW} - \text{h} = 95,04 \text{ KJ}$$

Balance de energía para el proceso de obtención de harina precocida de arveja

Condiciones de operación de la Molienda

$$\text{Tiempo} = 4 \text{ min} = 0,067 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ W} = 0,7 \text{ KW}$$

$$Q_M = P * t$$

$$Q_M = 0,7 \text{ KW} * 0,067 \text{ h}$$

$$Q_M = 0,0469 \text{ KW} - \text{h} = 168,84 \text{ KJ}$$

Condiciones de operación del Tamizado

$$\text{Tiempo} = 15 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,08 \text{ KW}$$

$$Q_T = P * t$$

$$Q_T = 0,08 \text{ KW} * 0,25 \text{ h}$$

$$Q_T = 0,02 \text{ KW} - \text{h} = 72 \text{ KJ}$$

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados de análisis físico – químico de la materia prima.

Tabla IV-1 Caracterización de la materia prima “Harina precocida de maíz”

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	1,54
Fibra	Gravimétrico	%	0,29
Grasa	NB 313019:06	%	4,89
Hidratos de carbono	Cálculo	%	82,60
Humedad	NB 313010:05	%	2,75
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	7,93
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	406,13

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

Tabla IV-2 Caracterización de la materia prima “Harina precocida de trigo”

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	1,81
Fibra	Gravimétrico	%	n.d. ²²
Grasa	NB 313019:06	%	3,34
Hidratos de carbono	Cálculo	%	81,92
Humedad	NB 313010:05	%	1,83
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	11,1
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	402,14

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

²² No detectable

Tabla IV-3 Caracterización de la materia prima “Harina precocida de cebada”

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	2,14
Fibra	Gravimétrico	%	n.d.
Grasa	NB 313019:06	%	4,18
Hidratos de carbono	Cálculo	%	81,19
Humedad	NB 313010:05	%	3,40
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	9,09
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	398,74

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

Tabla IV-4 Caracterización de la materia prima “Harina precocida de haba”

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	3,16
Fibra	Gravimétrico	%	n.d.
Grasa	NB 313019:06	%	3,32
Hidratos de carbono	Cálculo	%	61,89
Humedad	NB 313010:05	%	6,08
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	25,55
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	379,64

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

Tabla IV-5 Caracterización de la materia prima “Harina precocida de arveja”

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	2,36
Fibra	Gravimétrico	%	n.d.
Grasa	NB 313019:06	%	2,29
Hidratos de carbono	Cálculo	%	63,03
Humedad	NB 313010:05	%	6,16
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	26,16
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	377,37

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

Se realizó un análisis proximal para nuestra materia prima en este caso en maíz, trigo, cebada, haba y arveja. Estos granos los entregamos ya tostados al CEANID porque deseábamos saber el valor nutricional de estos granos ya tostados.

4.2. Análisis estadístico de los resultados experimentales de la obtención de la harina precocida formulada

El análisis de los resultados obtenidos se hace una necesidad al momento de la interpretación de los resultados experimentales obtenidos, puesto que con él podemos evaluar la validez de éstos, además, nos proporciona una estimación de los errores cometidos, o la precisión con que se han realizado. Un experimento diseñado estadísticamente nos da aproximaciones de los principales efectos (influencia de las variables sobre las respuestas de los experimentos); si es necesario, informa la posible interacción de los principales efectos. (Campero, 2005).

Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el programa IBM SPSS STATISTICS 26.0 (Statistical Package for the Social Sciences). Para Windows el cual permite introducción, representación gráfica y tratamiento estadístico de datos, obteniendo resultados más representativos y confiables. A través del Análisis de Varianza Univariante se determina la influencia de la Temperatura y el Tiempo en las variables respuestas.

Cálculo del análisis de varianza

El análisis de la varianza (o ANOVA: Analysis of variance). Probablemente uno de los primeros análisis estadísticos que realiza el investigador, es la comparación de dos medias. Esta situación se plantea cuando se están comparando dos grupos (normalmente dos tratamientos) con relación a una variable cuantitativa. Cuando se generaliza este caso a más tratamientos se utiliza el análisis de varianza en una clasificación o en un solo sentido o dirección. Se comparan entonces, tres o más muestras independientes cuya clasificación viene dada por la variable llamada factor. La base de este procedimiento consiste en particionar la variabilidad total en dos componentes que son: la variabilidad entre los promedios de los tratamientos y el gran promedio, y la variabilidad de las observaciones dentro de los tratamientos y el promedio de los tratamientos. De ahí el nombre análisis de varianza.

Para el Maíz

Tabla IV-6 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de maíz)

Factores inter-sujetos		
		N
Tiempo	-1,00	4
	1,00	4
Temperatura	-1,00	4
	1,00	4

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV – 6 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada.

Tabla IV-7 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de maíz)

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PruSensorial					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	13,000 ^a	3	4,333	17,333	0,009
Intersección	242,000	1	242,000	968,000	0,000
Tiempo	8,000	1	8,000	32,000	0,005
Temperatura	4,500	1	4,500	18,000	0,013
Tiempo * Temperatura	0,500	1	0,500	2,000	0,230
Error	1,000	4	0,250		
Total	256,000	8			
Total, corregido	14,000	7			
a. R al cuadrado = 0,929 (R al cuadrado ajustada = 0,875)					

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV-7 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para el proceso de obtención de harina precocida de maíz. Se observa que el efecto de las variables Temperatura, Tiempo, influyen sobre el porcentaje de rendimiento de obtención de harina pre cocida de maíz, esto se comprueba con la comparación de la significancia de estas variables; que cumplen que son $< 0,05$ o menores al 5%, esto indica la posibilidad de que las variables sean significativa sobre el proceso de obtención de harina pre cocida de maíz, con un nivel de confianza del 95%.

Regresión de los resultados de obtención de harina precocida de maíz

Luego de realizar el análisis de varianza se hace una regresión con los valores obtenidos de la parte experimental. El concepto de regresión se refiere a “cantidad de cambio” que experimenta la variable dependiente, en relación al cambio de una variable independiente.

Con la regresión lineal se desea realizar una inferencia estadística partiendo de valores obtenidos en la parte experimental.

Tabla IV-8 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de maíz)

Variables entradas/eliminadas^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Temperatura, Tiempo ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: PruSensorial			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla de arriba se muestran las variables introducidas y eliminadas a través del programa SPSS Statistics IBM 26. Como la variable Tiempo*Temperatura no es significativa se elimina para realizar la regresión lineal.

Tabla IV-9 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de maíz)

Resumen del modelo^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,945 ^a	0,893	0,850	0,54772
a. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo				
b. Variable dependiente: PruSensorial				

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla anterior se observa el coeficiente de correlación, que mide el grado de asociación entre las variables independientes y dependiente. El valor de $R = 0,945$; es un valor de correlación alto y positivo que indica una alta dependencia de la variable dependiente en función a las variables independientes (Tiempo, Temperatura).

El valor de $R = 0,893$ indica que el 8,93% de la variabilidad de los porcentajes del rendimiento de la harina pre cocida de maíz se debe a las variables independiente Tiempo, Temperatura.

Tabla IV-10 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de maíz)

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	12,500	2	6,250	20,833	0,004 ^b
	Residuo	1,500	5	0,300		
	Total	14,000	7			
a. Variable dependiente: PruSensorial						
b. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo						

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Para una regresión lineal es importante determinar la significancia estadística del efecto de regresión en el estudio, esto se determina en el cuadro de ANOVA. En la TABLA IV – 9 se evalúa la regresión lineal con la significancia esta es igual a 0,004, es menor del 0,05, por lo tanto, indica que el efecto de regresión de las variables independientes es significativo sobre la variable independiente. Queda establecido que el modelo de regresión lineal es función de una constante, más la influencia de las variables independientes.

Tabla IV-11 Coeficientes^a (Obtención de harina precocida de maíz)

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	5,500	0,194		28,402	0,000	5,002	5,998
	Tiempo	1,000	0,194	0,756	5,164	0,004	0,502	1,498
	Temperatura	0,750	0,194	0,567	3,873	0,012	0,252	1,248
a. Variable dependiente: PruSensorial								

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021

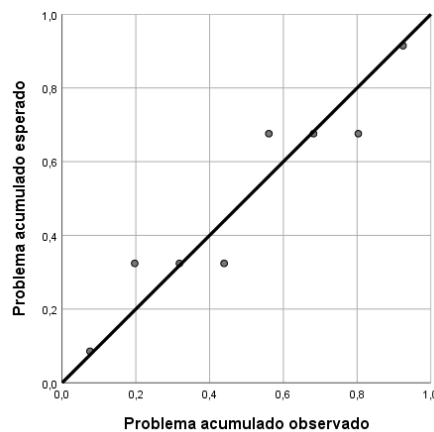
Con la Tabla IV – 10 se determina el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención de harina pre cocida de maíz, que correlaciona nuestra variable respuesta en este caso PruSensorial con las variables Tiempo y Temperatura de tostado del grano de maíz, para el caso el modelo matemático es el siguiente:

$$PruSensorial = 5,500 + Tiempo + 0,750Temperatura$$

Por lo tanto, como se muestra en la ecuación; nuestra variable respuesta está en función al Tiempo y Temperatura. De este estadístico para la obtención de harina pre cocida de maíz se puede concluir lo siguiente:

- La elección del modelo en su conjunto es correcta, por cuanto la variable dependiente y las variables independientes son significativas para un nivel de confianza del 95 %.
- Los factores temperatura y tiempo muestran que estas ayudan a mejorar el rendimiento ya que en la ecuación su valor es positivo haciendo que con estos factores el porcentaje de rendimiento aumente considerablemente.
- El factor con mayor incidencia en el proceso de obtención es la Temperatura, ya que tiene una elevada significancia, para el sistema de obtención de harina pre cocida de maíz.

Figura 4-1 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial



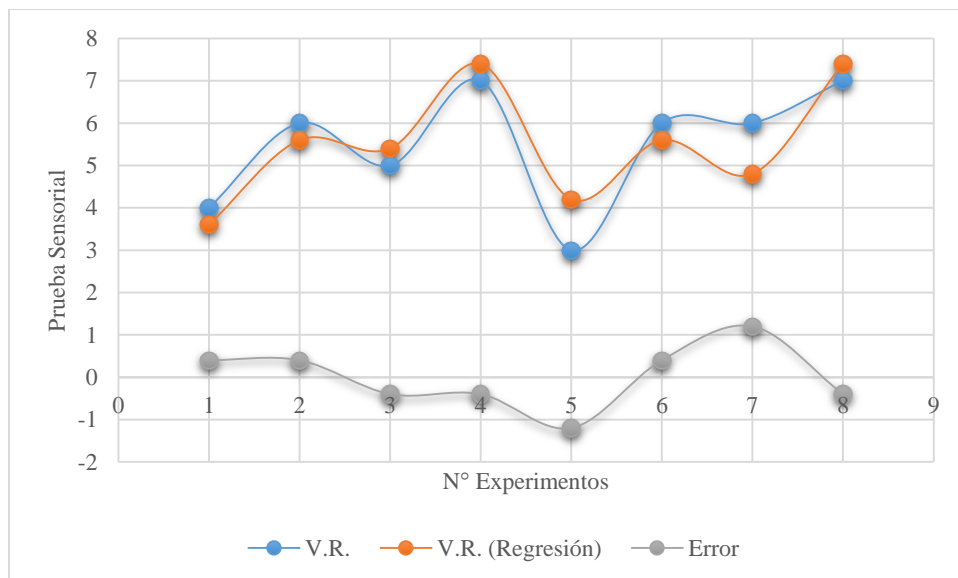
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Tabla IV-12 Variables Respuestas

N° Exp.	V.R.	V.R. (Regresión)	Error
1	4	3,6	0,4
2	6	5,6	0,4
3	5	5,4	-0,4
4	7	7,4	-0,4
5	3	4,2	-1,2
6	6	5,6	0,4
7	6	4,8	1,2
8	7	7,4	-0,4

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 4-2 Gráficas de comportamiento ideal, comportamiento del modelo y el error



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la gráfica 4-2 se observa la comparación entre la variable respuesta obtenida y los esperados por el modelo de sistema lineal estadístico.

Para el Trigo

Tabla IV-13 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de trigo)

Factores inter-sujetos		
		N
Tiempo	-1,00	4
	1,00	4
Temperatura	-1,00	4
	1,00	4

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV – 12 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada.

Tabla IV-14 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de trigo)

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PruSensorial					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	g	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17,000 ^a	3	5,667	22,667	0,006
Intersección	200,000	1	200,000	800,000	0,000
Tiempo	4,500	1	4,500	18,000	0,013
Temperatura	12,500	1	12,500	50,000	0,002
Tiempo * Temperatura	0,000	1	0,000	0,000	1,000
Error	1,000	4	0,250		
Total	218,000	8			
Total corregido	18,000	7			
a. R al cuadrado = 0,944 (R al cuadrado ajustada = 0,903)					

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV-14 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para el proceso de obtención de harina pre cocida de trigo. Se observa que el efecto de las variables Temperatura, Tiempo, influyen sobre el porcentaje de rendimiento de obtención de harina pre cocida de trigo, esto se comprueba con la comparación de la significancia de estas variables; que cumplen que son $< 0,05$ o menores al 5%, esto indica la posibilidad de que las variables sean significativa sobre el proceso de obtención de harina pre cocida de trigo, con un nivel de confianza del 95%.

Regresión de los resultados de obtención de harina precocida de trigo

Tabla IV-15 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de trigo)

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Temperatura, Tiempo ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: PruSensorial			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla de arriba se muestran las variables introducidas y eliminadas a través del programa SPSS Statistics IBM 26. Como la variable Tiempo*Temperatura no es significativa se elimina para realizar la regresión lineal.

Tabla IV-16 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de trigo)

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,972 ^a	0,944	0,922	0,44721
a. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo				
b. Variable dependiente: PruSensorial				

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla anterior se observa el coeficiente de correlación, que mide el grado de asociación entre las variables independientes y dependiente. El valor de $R = 0,972$; es un valor de correlación alto y positivo que indica una alta dependencia de la variable dependiente en función a las variables independientes (Tiempo, Temperatura).

El valor de $R = 0,994$ indica que el 99,4% de la variabilidad de los porcentajes del rendimiento de la harina pre cocida de trigo se debe a las variables independiente Tiempo, Temperatura.

Tabla IV-17 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de trigo)

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	17,000	2	8,500	42,500	0,001 ^b
	Residuo	1,000	5	0,200		
	Total	18,000	7			
a. Variable dependiente: PruSensorial						
b. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo						

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la TABLA IV – 17 se evalúa la regresión lineal con la significancia esta es igual a 0,001, es menor del 0,05, por lo tanto, indica que el efecto de regresión de las variables independientes es significativo sobre la variable independiente. Queda establecido que el modelo de regresión lineal es función de una constante, más la influencia de las variables independientes.

Tabla IV-18 Coeficientes^a (Obtención de harina precocida de trigo)

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	5,000	0,158		31,623	0,000	4,594	5,406
	Tiempo	0,750	0,158	,500	4,743	0,005	,344	1,156
	Temperatura	1,250	0,158	,833	7,906	0,001	,844	1,656
a. Variable dependiente: PruSensorial								

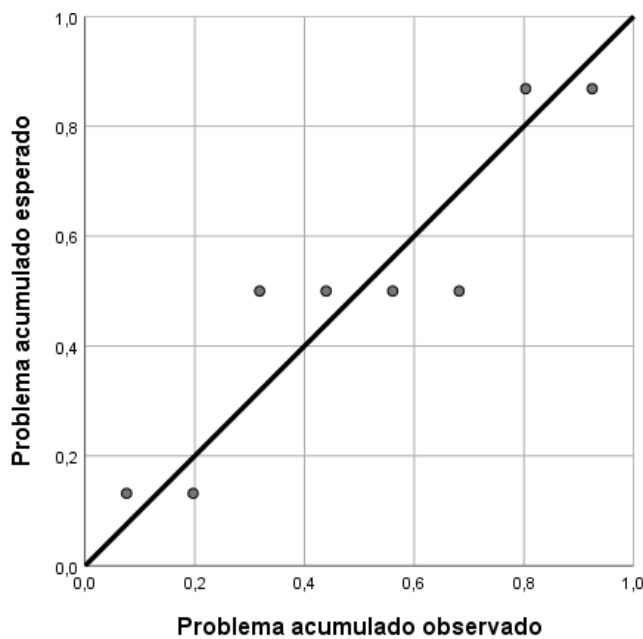
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Con la Tabla IV – 18 se determina el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención de harina pre cocida de trigo, que correlaciona nuestra variable respuesta en este caso PruSensorial con las variables Tiempo y Temperatura de tostado del grano de trigo, para el caso el modelo matemático es el siguiente:

$$PruSensorial = 5,000 + 0,750Tiempo + 1,250Temperatura$$

Por lo tanto, como se muestra en la ecuación; nuestra variable respuesta está en función al Tiempo y Temperatura.

Figura 4-3 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial



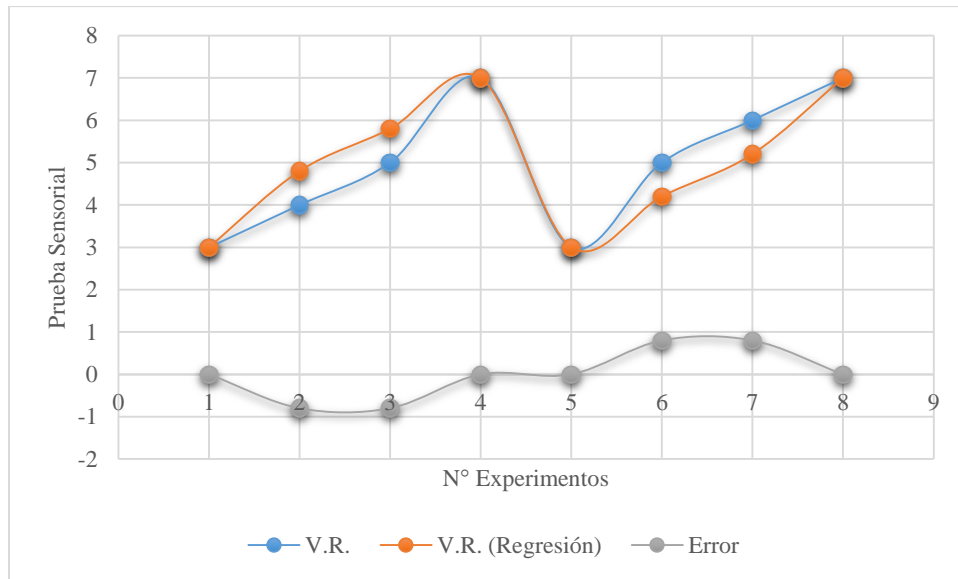
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Tabla IV-19 Variable Respuesta

Nº Exp.	V.R.	V.R. (Regresión)	Error
1	3	3	0
2	4	4,8	-0,8
3	5	5,8	-0,8
4	7	7	0
5	3	3	0
6	5	4,2	0,8
7	6	5,2	0,8
8	7	7	0

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Figura 4-4 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error



Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la gráfica 4 – 4 se observa la comparación entre la variable respuesta obtenida y los esperados por el modelo de sistema lineal estadístico.

Para la Cebada

Tabla IV-20 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de cebada)

Factores inter-sujetos		
		N
Tiempo	-1,00	4
	1,00	4
Temperatura	-1,00	4
	1,00	4

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV – 20 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada.

Tabla IV-21 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de cebada)

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PruSensorial					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	29,000 ^a	3	9,667	38,667	0,002
Intersección	162,000	1	162,000	648,000	0,000
Tiempo	0,000	1	0,000	0,000	1,000
Temperatura	24,500	1	24,500	98,000	0,001
Tiempo * Temperatura	4,500	1	4,500	18,000	0,013
Error	1,000	4	0,250		
Total	192,000	8			
Total corregido	30,000	7			
a. R al cuadrado = 0,967 (R al cuadrado ajustada = 0,942)					

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV-21 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para el proceso de obtención de harina precocida de cebada. Se observa que el efecto de las variables Temperatura, la interacción Tiempo*Temperatura, influyen sobre el porcentaje de rendimiento de obtención de harina pre cocida de cebada, esto se comprueba con la comparación de la significancia de estas variables; que cumplen que son $< 0,05$ o menores al 5%, esto indica la posibilidad de que las variables sean significativa sobre el proceso de obtención de harina pre cocida de cebada, con un nivel de confianza del 95%.

Regresión de los resultados de obtención de harina precocida de cebada

Tabla IV-22 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de cebada)

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Temperatura, Tiempo ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: PruSensorial			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla de arriba se muestran las variables introducidas y eliminadas a través del programa SPSS Statistics IBM 26. Como la variable Tiempo no es significativa se elimina para realizar la regresión lineal.

Tabla IV-23 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de cebada)

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,904 ^a	0,817	0,743	1,04881
a. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo				
b. Variable dependiente: PruSensorial				

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla anterior se observa el coeficiente de correlación, que mide el grado de asociación entre las variables independientes y dependiente. El valor de $R = 0,904$; es un valor de correlación alto y positivo que indica una alta dependencia de la variable dependiente en función a las variables independientes (Tiempo, Temperatura).

El valor de $R = 0,817$ indica que el 81,7% de la variabilidad de los porcentajes del rendimiento de la harina pre cocida de cebada se debe a las variables independiente Tiempo, Temperatura.

Tabla IV-24 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de cebada)

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	24,500	2	12,250	11,136	0,014 ^b
	Residuo	5,500	5	1,100		
	Total	30,000	7			
a. Variable dependiente: PruSensorial						
b. Predictores: (Constante), Temperatura, Tiempo						

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Para una regresión lineal es importante determinar la significancia estadística del efecto de regresión en el estudio, esto se determina en el cuadro de ANOVA. En la TABLA IV – 24 se evalúa la regresión lineal con la significancia esta es igual a 0,014, es menor del 0,05, por lo tanto, indica que el efecto de regresión de las variables independientes es significativo sobre la variable independiente. Queda establecido que el modelo de regresión lineal es función de una constante, más la influencia de las variables independientes.

Tabla IV-25 Coeficientes

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	4,500	0,371		12,136	0,000	3,547	5,453
	Tiempo	0,000	0,371	0,000	0,000	1,000	-0,953	,953
	Temperatura	-1,750	0,371	-0,904	-4,719	0,005	-2,703	-,797
a. Variable dependiente: PruSensorial								

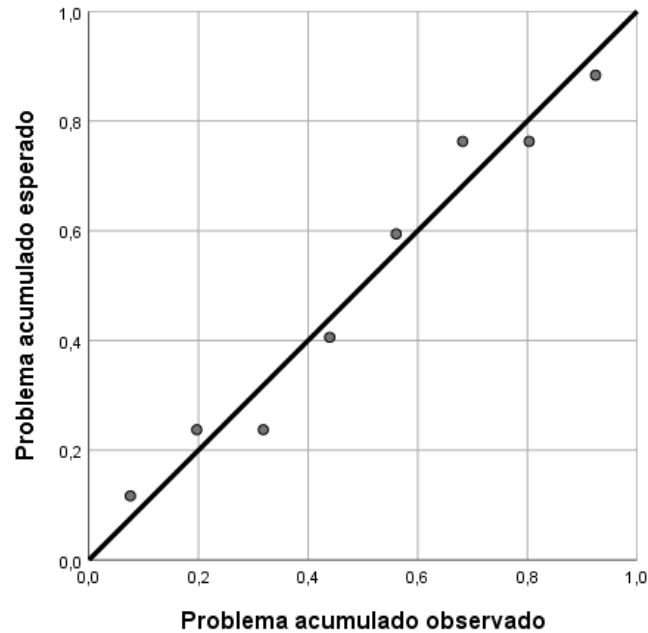
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Con la Tabla IV – 25 se determina el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención de harina pre cocida de cebada, que correlaciona nuestra variable respuesta en este caso PruSensorial con las variables Tiempo y Temperatura de tostado del grano de maíz, para el caso el modelo matemático es el siguiente:

$$PruSensorial = 4,500 - 1,750Temperatura$$

Por lo tanto, como se muestra en la ecuación; nuestra variable respuesta está en función a la Temperatura.

Figura 4-5 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial



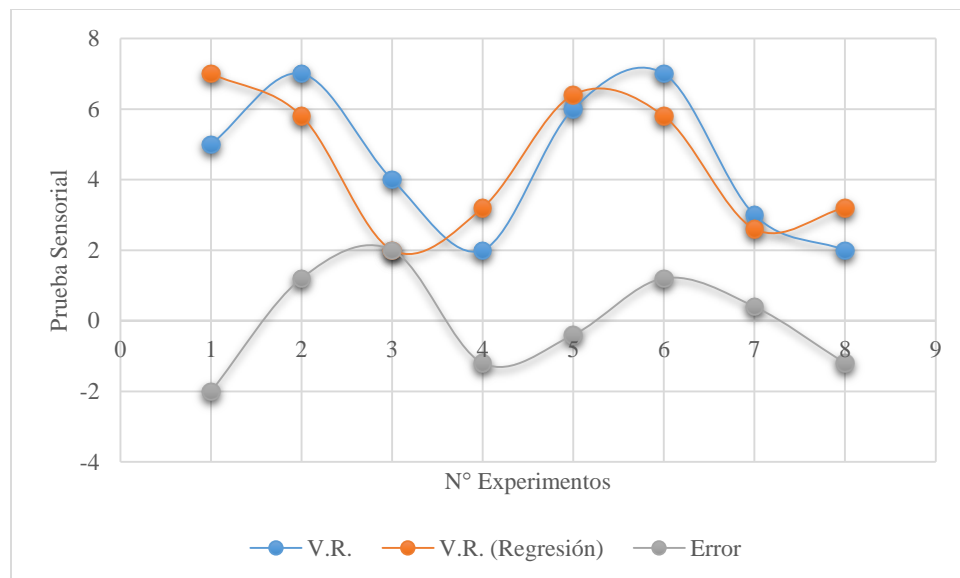
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Tabla IV-26 Datos de las variables respuesta

N° Exp.	V.R.	V.R. (Regresión)	Error
1	5	7	-2
2	7	5,8	1,2
3	4	2	2
4	2	3,2	-1,2
5	6	6,4	-0,4
6	7	5,8	1,2
7	3	2,6	0,4
8	2	3,2	-1,2

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Figura 4-6 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error



Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la gráfica 4-6 se observa la comparación entre la variable respuesta obtenida y los esperados por el modelo de sistema lineal estadístico.

Para la etapa de mezclado

Tabla IV-27 Factores inter-sujetos (Etapa de formulación y mezclado de los granos)

Factores inter-sujetos		
		N
PorcCereales	-1,00	6
	0,00	6
	1,00	6
Tiempo	-1,00	6
	0,00	6
	1,00	6

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV – 27 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 6 ensayos realizados con cada Porcentaje de cereales fijado y 6 ensayos con cada tiempo fijado.

Tabla IV-28 Pruebas de efectos inter-sujetos (Etapa de mezclado de los granos)

Variable dependiente: Proteína					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5,852 ^a	8	0,732	2025,846	0,000
Intersección	4671,900	1	4671,900	12937569,246	0,000
PorcCereales	5,849	2	2,924	8098,354	0,000
Tiempo	0,001	2	0,000	0,754	0,498
PorcCereales * Tiempo	0,003	4	0,001	2,138	0,158
Error	0,003	9	0,000		
Total	4677,756	18			
Total corregido	5,856	17			
a. R al cuadrado = 0,999 (R al cuadrado ajustada = 0,999)					

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la Tabla IV-28 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para la etapa de mezcla y formulación. Se observa que el efecto de la variable Porcentaje de cereales, influye sobre el porcentaje de proteína en la obtención de harina compuesta precocida, esto se comprueba con la comparación de la significancia de estas variables; que cumplen que son $< 0,05$ o menores al 5%, esto indica la posibilidad de que las variables sean significativa sobre el proceso de obtención de harina compuesta pre cocida, con un nivel de confianza del 95%.

Regresión de los resultados en la etapa de formulación y mezclado de las harinas precocidas

Tabla IV-29 Variables entradas/eliminadas^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos)

Variables entradas/eliminadas ^a			
Modo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Tiempo, PorcCereales ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: Proteína			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla de arriba se muestran las variables introducidas y eliminadas a través del programa SPSS Statistics IBM 26. Como la variable Tiempo y la interacción Tiempo*PorcCereales no son significativas se elimina para realizar la regresión lineal.

Tabla IV-30 Resumen del modelo^b (Etapa de formulación y mezclado de los granos)

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,983 ^a	0,966	0,962	0,11465
a. Predictores: (Constante), Tiempo, PorcCereales				
b. Variable dependiente: Proteína				

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la tabla anterior se observa el coeficiente de correlación, que mide el grado de asociación entre las variables independientes y dependiente. El valor de $R = 0,983$; es un valor de correlación alto y positivo que indica una alta dependencia de la variable dependiente en función a la variable independiente (Porcentaje de cereales).

El valor de $R = 0,966$ indica que el 96,6% de la variabilidad de los porcentajes de la etapa de mezclado para la obtención de la harina compuesta precocida, se debe a la variable independiente % cereales.

Tabla IV-31 ANOVA^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos)

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	5,659	2	2,829	215,260	0,000 ^b
	Residuo	0,197	15	0,013		
	Total	5,856	17			
a. Variable dependiente: Proteína						
b. Predictores: (Constante), Tiempo, PorcCereales						

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la TABLA IV – 31 se evalúa la regresión lineal con la significancia esta es igual a 0,000, es menor del 0,05, por lo tanto, indica que el efecto de regresión de las variables

independientes es significativo sobre la variable independiente. Queda establecido que el modelo de regresión lineal es función de una constante, más la influencia de las variables independientes.

Tabla IV-32 Coeficientes^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos)

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	16,111	,027		596,199	0,000	16,053	16,168
	PorcCereales	-,687	,033	-,983	-20,748	0,000	-,757	-,616
	Tiempo	-,006	,033	-,008	-,176	0,862	-,076	,065
a. Variable dependiente: Proteína								

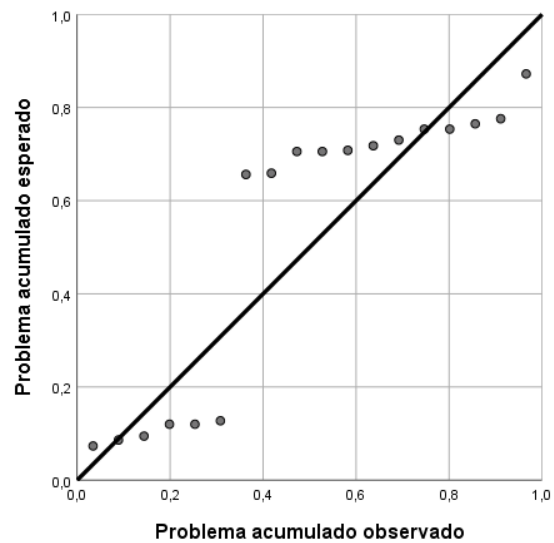
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Con la Tabla IV – 32 se determina el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención de harina pre cocida de cebada, que correlaciona nuestra variable respuesta en este caso %Proteína con las variables Tiempo y %Cereales, para el caso el modelo matemático es el siguiente:

$$\%Proteina = 16,111 - 0,687\%Cereales - 0,006Tiempo$$

Por lo tanto, como se muestra en la ecuación; nuestra variable respuesta está en función del % de Cereales.

Figura 4-7 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial



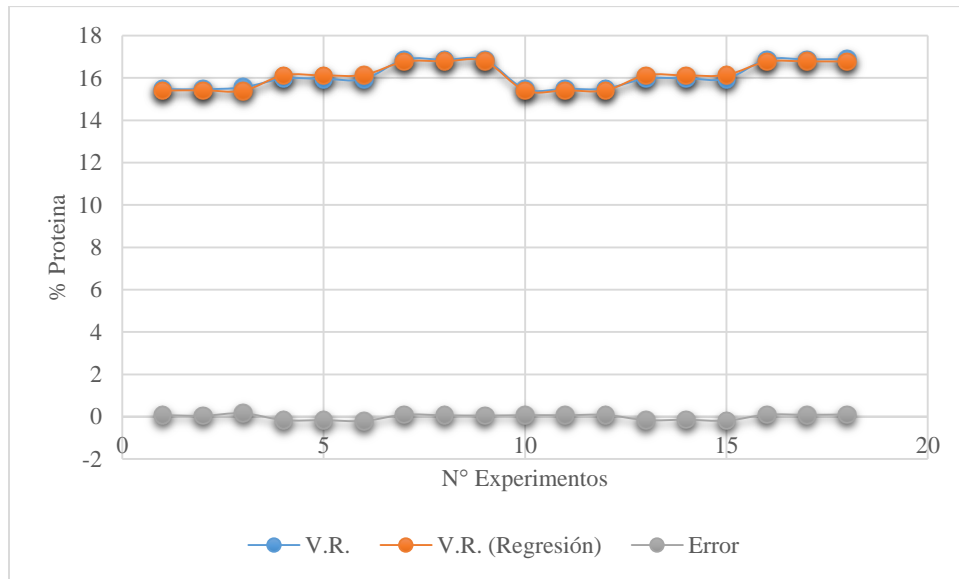
Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Tabla IV-33 Resultados de las variables respuesta

N° Exp.	V.R.	V.R. (Regresión)	Error
1	15,48	15,40036	0,07964
2	15,47	15,41645	0,05355
3	15,56	15,3925	0,1675
4	15,97	16,12645	-0,15645
5	15,96	16,11941	-0,15941
6	15,95	16,14323	-0,19323
7	16,87	16,76893	0,10107
8	16,86	16,7871	0,0729
9	16,85	16,78964	0,06036
10	15,48	15,40036	0,07964
11	15,49	15,41323	0,07677
12	15,5	15,40964	0,09036
13	15,97	16,12645	-0,15645
14	15,98	16,11824	-0,13824
15	15,96	16,14161	-0,18161
16	16,87	16,76893	0,10107
17	16,88	16,78387	0,09613
18	16,89	16,77821	0,11179

Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

Figura 4-8 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error



Fuente: Elaboración propia, SPSS Statistics IBM 26, 2021.

En la gráfica 4-8 se observa la comparación entre la variable respuesta obtenida y los esperados por el modelo de sistema lineal estadístico.

4.3.Resultado de la caracterización de la harina precocida formulada

Tabla IV-34 Caracterización del producto final “Harina precocida a partir de la mezcla cereales – leguminosas”

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
Ceniza	NB 39034:10	%	2,23
Fibra	Gravimétrico	%	n.d.
Grasa	NB 313019:06	%	2,44
Hidratos de carbono	Cálculo	%	74,5
Humedad	NB 313010:05	%	4,86
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	15,97
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g	383,84
Coliformes Totales	NB 32005:02	UFC/g	$7,5 \times 10^1$
Mohos y levaduras	NB 32005:03	UFC/g	$2,0 \times 10^1$

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2021.

4.4.Comparación de la harina precocida formulada con otros suplementos y harinas

Se realizó una investigación buscando en el mercado harinas precocidas a partir de mezclas de cereales – leguminosas, siendo el suplemento o complemento alimenticio más comercializado y conocido, el producto siete semillas, hay una variedad de tipos y marcas, que se basan en el principio de complementación entre cereales – leguminosas. Incluso hay mezclas cereales – leguminosas – frutas. Procedemos a elaborar una tabla para comprar el valor nutricional de producto obtenido con los productos en el mercado.

Tabla IV-35 Comparación con otros suplementos

PARÁMETRO	UNIDAD	Producto final	Siete semillas (Inkace Perú)	Siete semillas (La Nuestra BIOCHANIM)
Ceniza	%	2,23	4,31	-
Fibra	%	n.d.	5,11	3,45
Grasa	%	2,44	0,1	2,20
Hidratos de carbono	%	74,5	73,40	76,00
Humedad	%	4,86	5,8	-
Proteína total	%	15,97	14,5	14,00
Valor energético	Kcal/100g	383,84	371,38	380

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Una de las conclusiones más importante que podemos realizar inmediatamente es que de acuerdo a los resultados de caracterizar nuestra materia prima se observa que las leguminosas a comparación de los cereales, están presentar mayor cantidad de proteínas, por tanto, una mezcla que tenga mayor cantidad de leguminosas presentara en el producto final mayor cantidad de proteína. A eso atribuimos que nuestro producto tenga mayor cantidad de proteína.

Tabla IV-36 Requisitos del IBNORCA para harinas.

Parámetro	Unidad	Harina integral de trigo	Harina de soya	Harina de quínoa
Humedad	%	5,92	5,70	4,81
Proteína (Nx6,25)	%	13,7	39,68	14,21
Fibra	%	7,88	8,83	9,17
Ceniza	%	2,89	4,50	5,9
Grasa	%	1,33	23,19	19,72
Hidratos de Carbono	%	74,91	35,97	42,33
Valor energético	Kcal/100g	339	434,5	341,7
Fósforo	mg/100g	146	231	319

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IBNORCA, 2021.

Claramente se puede analizar el alto porcentaje de la leguminosa soya con 39,68% de proteína. La quínoa tiene un 14,21% de proteína, también se puede apreciar que los granos de cereal presentar mayor porcentaje de hidratos de carbono, como es el caso de la harina de trigo integral con 74,91% frente a la soya con 35,97%. Se concluye que al mezclar se complementan y potencian.

4.5.Resultados del balance de materia y energía del proceso

Tabla IV-37 Resultado del balance de materia de cada proceso de obtención de las harinas precocidas de los diferentes granos

Corriente	Unidad (gr)	Maíz	Trigo	Cebada	Haba	Arveja
1	gr	200	175,74	175,507	250,337	250,631
2	gr	17,954	15,73	16,48	36,173	
3	gr	182,046	160,01	159,027	214,164	
P1	gr	4,47	2,21	5,792	9,751	4,573
4	gr	177,576	157,8	153,235	204,413	246,058
P2	gr	9,064	56,725	66,079	35,525	45,942
5	gr	168,512	101,075	87,156	168,888	200,116
P3	gr	0,842	0,505	0,436	0,844	1,001
6	gr	167,669	100,570	86,720	168,044	199,115

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla IV-38 Resultado de los balances de energía de cada proceso de obtención

	Unidad	Maíz	Trigo	Cebada	Haba	Arveja
Qsensible	KJ	6,486	6,654	9,409		
Qlatente	KJ	31,597	35,756	37,505		
Qcedido=Qganado	KJ	38,083	42,32	46,914		
Q tostado	KJ	38,083	42,32	46,914		
Q molino	KJ	83,16	63	83,16	168,84	168,84
Q tamiz	KJ	72	72	95,04	95,04	72

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.6. Curvas de granulometría

Tabla IV-39 Granulometría del tamizado de la harina precocida de maíz

Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1	3,149	1,57%	1,57%	98,43%
0,5	12,595	6,30%	7,87%	92,13%
0,25	15,744	7,87%	15,74%	84,26%
0,063	42,128	21,06%	36,81%	63,19%
Base	126,384	63,19%	100,00%	
Total	200	100,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por tanto, la granulometría de la harina precocida de maíz es de **0,063mm** o menor, con un 84,250% de Retención, que se obtiene de la suma en la columna % Retenido, (21,06% correspondiente al tamiz 0,063mm + 63,19% correspondiente a la Base o residuo del tamiz).

Tabla 4-40 Granulometría del tamizado de la harina precocida de trigo

Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1	0	0,00%	0,00%	100,00%
0,5	18,666	10,62%	10,62%	89,38%
0,25	55,998	31,86%	42,49%	57,51%
0,063	40,430	23,01%	65,49%	34,51%
Base	60,645	34,51%	100,00%	
Total	175,739	100,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por tanto, la granulometría de la harina precocida de trigo es de **0,063mm** o menor, con un 57,520% de Retención, que se obtiene de la suma en la columna % Retenido, (23,01% correspondiente al tamiz 0,063mm + 34,51% de la Base o residuo del tamiz).

Tabla IV-41 Granulometría del tamizado de la harina precocida de Cebada

Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1	17,67	10,07%	10,07%	89,93%
0,5	70,681	40,27%	50,34%	49,66%
0,25	17,431	9,93%	60,27%	39,73%
0,063	26,147	14,90%	75,17%	24,83%
Base	43,578	24,83%	100,00%	
Total	175,507	100,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por tanto, la granulometría de la harina precocida de cebada es de **0,25mm** o menor, con un 49,66% de Retención, que se obtiene de la suma en la columna % Retenido, (9,93% correspondiente al tamiz 0,25mm + 14,90% correspondiente al tamiz 0,063mm + 24,83% de la Base o residuo del tamiz).

Tabla IV-42 Granulometría del tamizado de la harina precocida de Haba

Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1	0	0,00%	0,00%	100,00%
0,5	32,580	13,01%	13,01%	86,99%
0,25	48,869	19,52%	32,54%	67,46%
0,063	67,555	26,99%	59,52%	40,48%
Base	101,333	40,48%	100,00%	
Total	250,337	100,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por tanto, la granulometría de la harina precocida de haba es de **0,063mm** o menor, con un 67,470 % de Retención, que se obtiene de la suma en la columna % Retenido, (26,99% correspondiente al tamiz 0,063mm + 40,48% de la Base o residuo del tamiz).

Tabla IV-43 Granulometría del tamizado de la harina precocida de arveja

Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1	0	0,00%	0,00%	100,00%
0,5	22,731	9,07%	9,07%	90,93%
0,25	27,783	11,09%	20,15%	79,85%
0,063	80,046	31,94%	52,09%	47,91%
Base	120,07	47,91%	100,00%	
Total	250,63	100,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

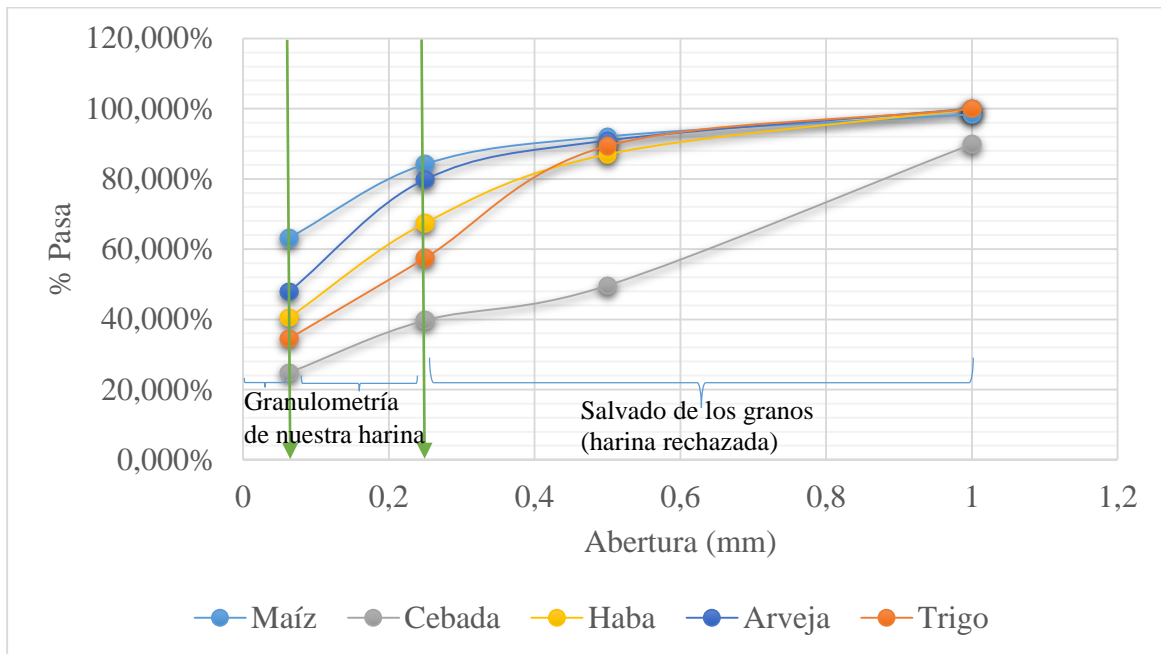
Por tanto, la granulometría de la harina precocida de arveja es de **0,063mm** o menor, con un 79,850% de Retención, que se obtiene de la suma en la columna % Retenido, (31,94% correspondiente al tamiz 0,063mm + 47,91% de la Base o residuo del tamiz).

Tabla IV-44 Granulometría general de todas las harinas pre cocidas

Abertura (mm)	% Pasa Maíz	% Pasa Trigo	% Pasa Cebada	% Pasa Haba	% Pasa Arveja
1	98,426%	100,000%	89,932%	100,000%	100,000%
0,5	92,128%	89,379%	49,660%	86,986%	90,930%
0,25	84,256%	57,514%	39,728%	67,464%	79,845%
0,063	63,192%	34,509%	24,830%	40,479%	47,907%

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 4-9 Curva de granulometría general de todos los granos procesados



Fuente: Elaboración propia, 2021.

De la figura 4-9 observamos la curva granulométrica que más destaca sería el de la cebada por presentar mayor porcentaje de retención en los diferentes tamices, esto se debe a que los granos de cebada presentan una cascara que es muy difícil de quitarla antes de iniciar el proceso de obtención, por lo que se opta por tratarla con la cáscara y representa una cantidad de masa significativa, además se descarta por las características físicas de ser áspera y al consumirla causa un sensación de raspado en la garganta, por eso se opta por separar la mayor cantidad de los restos de esa cascara en la etapa de tamizado, que se refleja en un bajo rendimiento en la molienda con el tipo de molino que usamos (molino de martillos), por lo que el rendimiento frente a la calidad deja de ser una limitante. Por otra parte, se puede ver en el gráfico que el maíz y la arveja son los que menor porcentaje de rechazo presentan, tienen un comportamiento similar y plantea la idea de tratarlas juntas en la etapa de molienda.

4.7. Rendimiento del proceso de grano a harina

El rendimiento de grano a harina, representa el rendimiento del proceso de obtención, la masa de harina pre cocida obtenida es decir nuestro producto final, dividido por la masa de los granos en la alimentación en el proceso, multiplicado por cien, nos permite calcular el rendimiento

entonces aplicamos esta ecuación matemática.

$$\%R = \frac{masa_{harina}}{masa_{granos}} \times 100$$

Tabla IV-45 Rendimiento de grano a harina

Corriente	Unidad	Maíz	Trigo	Cebada	Haba	Arveja
Alimentación (granos)	gr	200	175,74	175,507	250,337	250,631
Harina obtenida	gr	167,669	100,570	86,720	168,044	199,115
%R (Rendimiento)	%	83,834	57,226	49,411	67,127	79,445

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El rendimiento más bajo es el de la cebada como ya explicamos en apartado 4.6, figura 4-9. Es así que la molienda de la cebada representa el cuello de botella de nuestro proceso, por lo que se propone usar otro tipo de molido, tamizar más veces.

4.8.Resultados de las pruebas hedónicas realizadas

En la Figura 3-23 Formulario de información – prueba de preferencia, esta prueba seleccionamos directamente la muestra 1, por ser esta la fórmula 1, la mezcla de cereales – leguminosas que mayor porcentaje de proteína contiene.

En donde si trabajamos más fue en el segundo formulario Figura 3-24 Formulario – prueba hedónica. Donde trabajamos con 12 jurados para realizar la prueba hedónica y analizar la aceptabilidad de la harina pre cocida compuesta por cereales – leguminosas. Ya que como menciona Surco, Alvarado (2011) no es suficiente que el nuevo producto cumpla con los componentes proximales, sino que también debe pasar la prueba de palatabilidad y aceptabilidad, debe pasar esta prueba de aceptabilidad para convertirse en una alternativa de consumo para el consumidor.

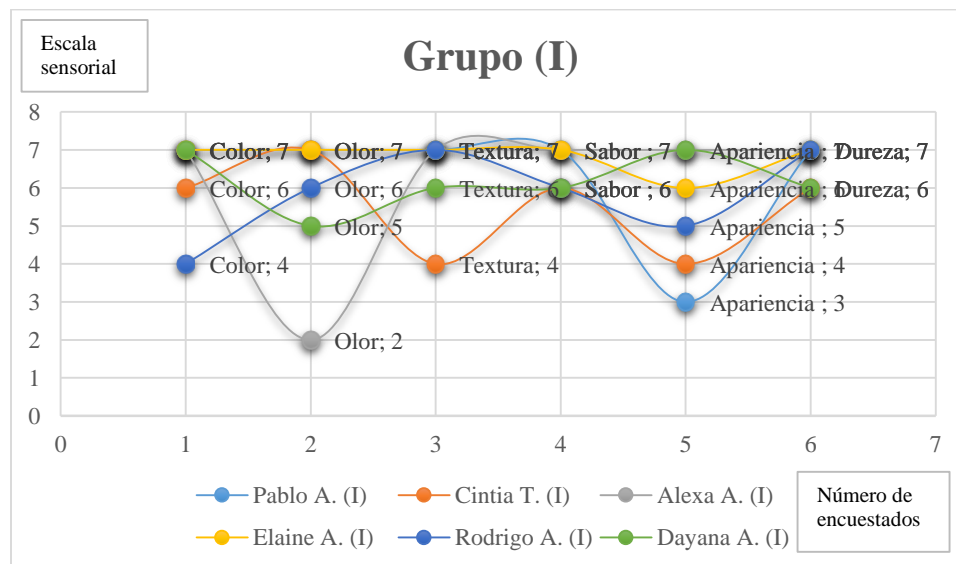
Entonces para la prueba hedónica trabajamos de la siguiente manera media cucharada de la harina pre cocida compuesta, en un vaso de 175 ml, se mezcla de acuerdo a la preferencia del consumidor en este caso las opciones fueron agua o leche.

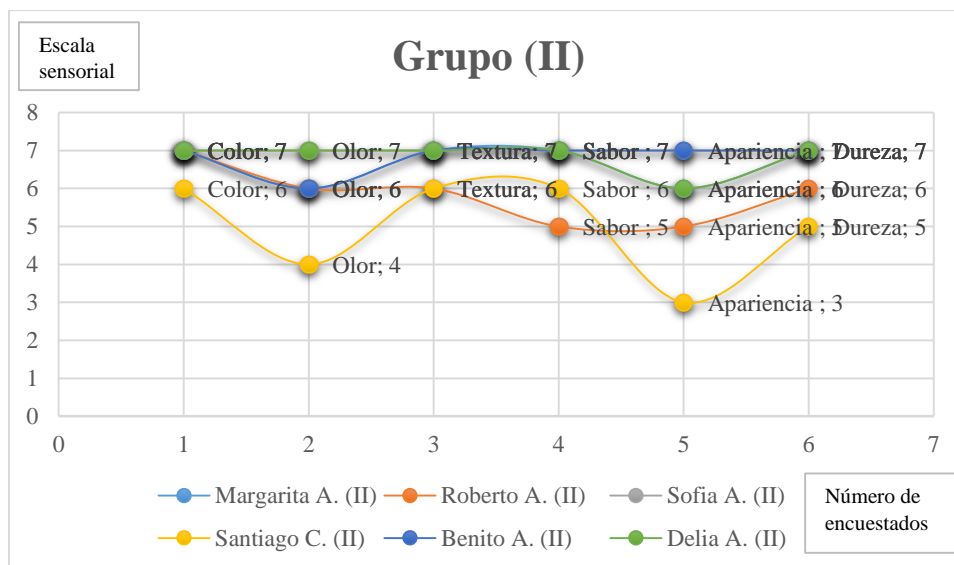
Tabla IV-46 Resultados de las encuestas de la prueba hedónica

Encuestados	Color	Olor	Textura	Sabor	Apariencia	Dureza
Pablo A. (I)	7	7	7	7	3	7
Cintia T. (I)	6	7	4	6	4	6
Alexa A. (I)	7	2	7	7	7	7
Elaine A. (I)	7	7	7	7	6	7
Rodrigo A. (I)	4	6	7	6	5	7
Dayana A. (I)	7	5	6	6	7	6
Margarita A. (II)	7	6	7	7	6	7
Roberto A. (II)	7	6	6	5	5	6
Sofía A. (II)	7	7	7	7	7	7
Santiago C. (II)	6	4	6	6	3	5
Benito A. (II)	7	6	7	7	7	7
Delia A. (II)	7	7	7	7	6	7

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 4-15 Resultados de las encuestas de la prueba hedónica





Fuente: Elaboración propia, 2021.

Analicemos la figura 4-15 empezamos con el patrón del color, tiene un valor promedio de 6.58, hay un solo puntaje de 4. El olor, tiene un valor promedio de 5.83 con un solo puntaje bajo de 2. La textura, tiene un puntaje promedio de 6.5. Ahora el sabor, es el que mejor resultado tuvo puesto que su valor en los puntajes no varía demasiado y su valor promedio es de 6.5, el valor promedio de la apariencia 5.5, por último, el valor promedio de la dureza es de 6.58, para mejorar nuestra harina pre cocida formulada se maneja la alternativa de adicionarle alguna fruta deshidrata como por ejemplo la banana, por su disponibilidad durante todo el año prácticamente y es parte de la dieta de muchas personas, además de sus excelentes propiedades nutritivas.

Alguna de las observaciones es:

- El producto es bueno, pero, como todo producto necesita afinar algunos detalles por ejemplo que el color sea más llamativo, solucionar el problema de la aspereza (panelista GII)
- Me gustó mucho para tomarlo con agua y en frio, (panelista GI)
- Es bueno el producto me parece ideal para consumirlo en el desayuno con leche y poco azúcar (Panelista GII)
- Si lo consumiría, pero me gustaría que el producto tenga mejor presentación e información (panelista GII)

En la parte de Anexo 7, se encuentran los formularios llenados por los jurados, las fotografías.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones están en orden de acuerdo al objetivo general y a los objetivos específicos

5.1. Conclusiones

a) Se logró obtener una harina pre cocida formulada a partir de una mezcla de cereales (maíz, trigo, cebada, quínoa y cañahua) – leguminosas (haba y arveja). Las leguminosas que seleccionadas fueron el haba y la arveja, por sus características y disponibilidad en el mercado como granos ya tostados, esto permitió simplificar el proceso de obtención (etapa de tostado de las leguminosas).

b) Se caracterizó la materia prima mediante el análisis proximal, con muestras analizadas en CEANID (granos tostados de maíz, trigo, cebada, haba y arveja). En el caso de la quínoa y cañahua se utilizó directamente harina pre cocida, cuya condición es que estas debían tener registro SENASAG y contar con su tabla de valor nutricional.

Del analizar los resultados (físico – químico de la materia prima) se notó que existen diferencias en cantidad de proteínas, las leguminosas presentar mayor cantidad de proteínas que los cereales. (maíz 7.93%, trigo 11.1%, cebada 9.09%, quinua 15%, cañahua 15.7%, haba 25.5% y arveja 26.16%).

c) Concluimos de acuerdo al análisis y estudio realizado en la Selección del proceso tecnológico de obtención, que el mejor procedimiento de obtener harinas compuestas pre cocidas es el **método de extrusión**, siendo este el ideal, no se aplicó porque durante la ejecución del proyecto los equipos de extrusión no estaban disponibles para su uso. Por esta razón se adopta el método de obtención mediante tostado y molienda de los granos.

d) El diseño experimental aplicado fue 2^2 para la etapa de tostado y 3^2 para la etapa de mezclado (Apartado 3.2. Diseño factorial). **El mismo permitió garantizar la parte experimental con éxito por que logramos la pre cocción en los granos de cereal y leguminosas**, aplicar el proceso tecnológico de obtención tostado de los granos (etapa clave del proceso).

- e) El producto final cumple con todos los requerimientos nutricionales para harinas precocidas, así como la prueba de palatabilidad, donde el factor más importante es el **sabor**, pues en el proceso de tostado de los granos esta cocción tiene límites, es decir no se tiene que llegar al exceso de tostado de los mismos, cuya presencia se nota en la prueba sensorial aporta un sabor picante, entonces es señal de que se sobre tostó el grano.

Los resultados de la prueba hedónica, que se dirigió a dos grupos, (GI<20años) y (GII>20años) donde los puntajes bajos fueron apariencia y olor. En cuanto al olor los jurados comentaron que no sentían un olor distintivo que les llame la atención y en apariencia, color quieren algo más llamativo.

- f) **Nuestro producto final obtuvo un resultado de 15,97 gramos de proteína en 100 gramos de muestra**, que, en comparación con productos de la misma línea, se observó una ventaja en este parámetro, que se atribuye al 40% de leguminosas adicionadas que está presente en el producto final.
- g) En relación al rendimiento tenemos cinco componentes analizados a detalle en el siguiente cuadro:

	Unidad	Maíz	Trigo	Cebada	Haba	Arveja
%R (Rendimiento)	%	83,834	57,226	49,411	67,127	79,445

Donde el menor rendimiento lo tiene la harina pre cocida de cebada, debido principalmente a la cantidad de impurezas que trae consigo la materia prima y la cáscara que es eliminada en el tamizado, ya que provoca una sensación de raspado en la garganta al consumirla.

5.2. Recomendaciones

- a) Se recomienda realizar un análisis de perfil de aminoácidos del producto final para saber la calidad neta de la proteína y así saber qué aminoácidos esenciales tiene la harina pre cocida que obtuvimos. Para ofrecer mayor y mejor información nutricional al consumidor.
- b) En el transcurso de la investigación para seleccionar las leguminosas se analizó el valor nutricional de otras como la soya, garbanzo y especialmente el Tarwi, que presentan altos contenidos de proteínas, se recomienda elaborar mezclas alimenticias con estas leguminosas, especialmente el Tarwi que presenta altos contenidos de proteína en función de su presentación (39-49%) cuya incorporación en nuevas mezclas alimenticias sean favorables. La dificultad es encontrar un proceso tecnológico que permita acondicionarlo en el pre cocimiento que se recomienda analizar en otros estudios.
- c) En relación a otras formas de consumo de harina pre cocida se debe aplicar el método de extrusión para obtener un producto más atractivo al consumidor
- d) Para mejorar los resultados obtenidos en la prueba hedónica se recomienda agregar fruta deshidratada para que mejore el aroma y el color. En cuanto a la apariencia es importante la presentación del producto, se recomienda que la etiqueta sea de calidad que le brinde información nutricional del producto.
- e) Es así que para la molienda del grano tostado de cebada que representa el cuello de botella del proceso **se plantea usar** otro tipo de molino para mejorar el rendimiento, así como su tamizado. Con esto el rendimiento frente a la calidad de la harina pre cocida deja de ser una limitante.