

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 ALIMENTO.

Es toda sustancia elaborada, semielaborada o en bruto, que se destina al consumo humano, incluidas las bebidas en general, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la elaboración, preparación o tratamiento de alimentos, pero no incluye los cosméticos, el tabaco ni las sustancias que se utilizan únicamente como medicamentos. (NB – 314002-2009).

1.2 ALIMENTOS FUNCIONALES.

Hasta el momento, no hay una definición mundialmente acordada de alimento funcional. Sin embargo, de acuerdo con lo establecido en el documento de consenso europeo, denominado "*Functional Food Science in Europe*" (FUFOSE) en 1999: "Un alimento puede ser considerado funcional, si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o más funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, y que mejora el estado de salud y bienestar o bien que reduce el riesgo de una enfermedad". Los alimentos funcionales deben consumirse dentro de una dieta sana y equilibrada y en las mismas cantidades en las que habitualmente se consumen el resto de los alimentos. Es importante destacar que los Alimentos Funcionales han de seguir siendo ante todo un alimento, por lo que no se consumirán en forma de píldoras, cápsulas, etc. (Barbera, J.M. 2007).

1.3 INGREDIENTES FUNCIONALES.

Se define como aquel que aporta un valor añadido al alimento y tiene una acción fisiológica comprobada en el organismo, a fin de tener efectos positivos que pueden, a su debido tiempo, justificar las declaraciones de propiedades saludables. (Barbera, J.M. 2007). Los ingredientes funcionales que se encuentran con mayor frecuencia en los alimentos funcionales son: Fitoquímicos u otros antioxidantes, Péptidos o proteínas bioactivas, ácidos grasos Omega-3, poliinsaturados, vitaminas y minerales, probióticos, prebióticos y fibra dietaria. Se han descrito efectos beneficiosos sobre el uso de estos ingredientes en el crecimiento y desarrollo en la primera infancia,

regulación de los procesos metabólicos básicos, defensa contra el estrés oxidativo, fisiología cardiovascular y gastrointestinal, rendimiento y mejora del estado físico, etc.

1.3.1 FIBRA DIETÉTICA.

El término fibra dietética fue utilizado por primera vez en 1953 por el científico inglés Hispley, que la definió como: "Los constituyentes no digeribles de los alimentos derivados de la pared celular vegetal."

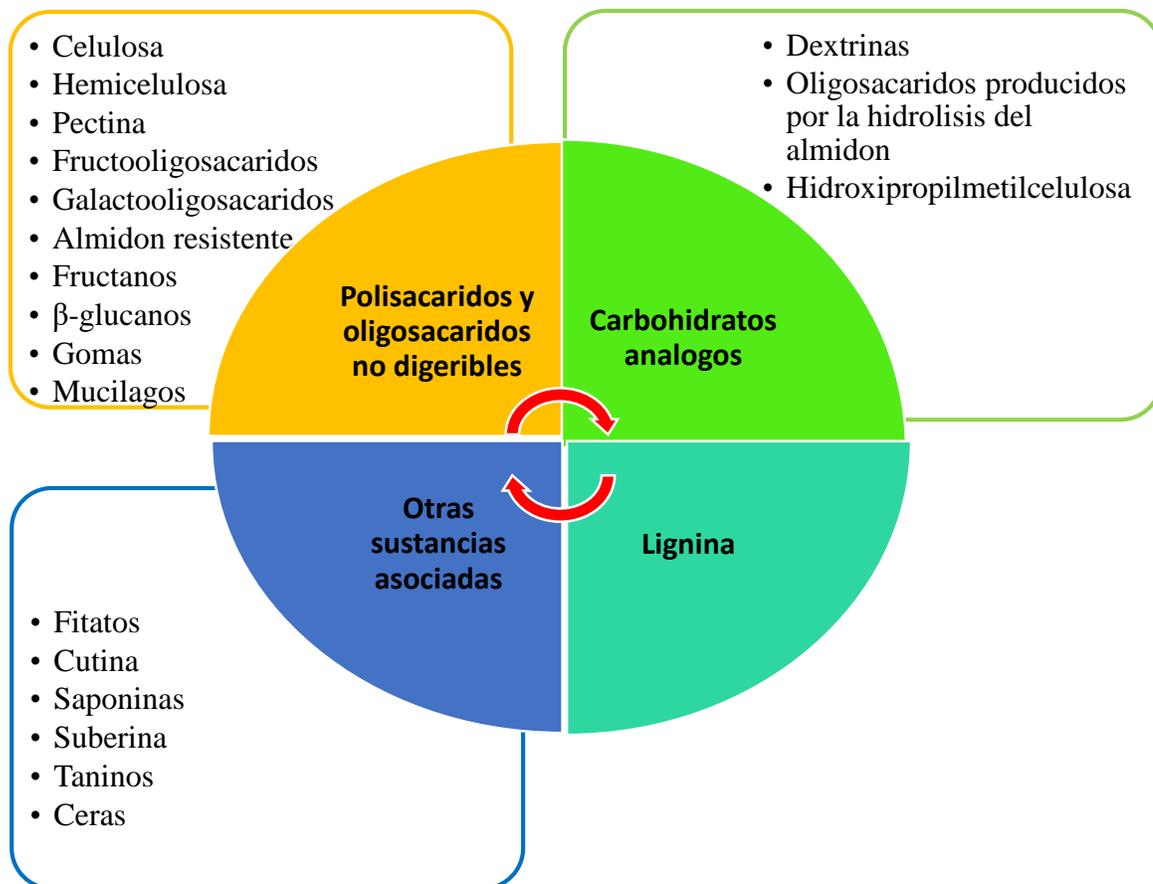
En 2001 la American Association of Cereal Chemist (AACC) amplió el concepto: "La fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos fisiológicos beneficiosos como el laxante y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre."

En 2009 la FAO/OMS en el 32º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius acuerdan que: "Se entenderá por fibra dietética los polímeros de hidratos de carbono con diez o más unidades monoméricas que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías siguientes: Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen. Polímeros de carbohidratos obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y Polímeros de carbohidratos sintéticos que se haya demostrado que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud mediante pruebas científicas generalmente aceptadas aportadas a las autoridades competentes. Además, resuelve la inclusión de lignina y otros compuestos "asociados" a los polisacáridos vegetales (fracciones proteínicas, compuestos fenólicos, ceras, saponinas, fitatos, cutina, fitosteroles, etc.) siempre que éstos se encuentren de forma natural en los alimentos. (Cadaval,2005)

1.3.1.1 COMPOSICIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA.

Los componentes de la fibra dietética pueden ser clasificados en cuatro grupos principales: Polisacáridos y oligosacáridos no digeribles, carbohidratos análogos, lignina y otras sustancias asociadas de la planta como se muestra en la figura 1-1.

Figura 1-1 Composición de la fibra dietética.



Fuente: Granos andinos. Villacres, (2013).

1.3.1.2 CLASIFICACIÓN.

La clasificación más práctica está relacionada con dos de sus características que determinan sus efectos en la salud: la solubilidad en agua y la capacidad de ser fermentada en el colon por la flora bacteriana, cuyas características se muestran en el cuadro I-1.

Cuadro I-1. Clasificación de la fibra dietética en función del comportamiento en contacto con el agua y fermentación.

TIPO DE FIBRA	FIBRA INSOLUBLE O ESCASAMENTE FERMENTABLE		FIBRA SOLUBLE O FERMENTABLE
Fuentes de obtención	Leguminosas, frutos secos, algunas hortalizas, cereales integrales.		Frutas con piel, cítricos, avena y cebada, salvado de avena.
Capacidad de fermentación	Fibras no fermentables (<10%)	Fibras parcialmente fermentables (10-70%)	Fibras fermentables (>70%)
Elementos de composición	<ul style="list-style-type: none"> • Lignina • Cutina • Ceras • Taninos • Fitatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Celulosa • Algunas hemicelulosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Gomas • Mucílagos • Pectinas • B-glucano • Determinadas hemicelulosas • Almidón resistente
Función en el tracto intestinal (estomago, intestino delgado y colon)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el peso y el volumen de las heces. • Provoca una aceleración del tránsito intestinal y tiene efecto laxante. • Previene estreñimiento, diverticulosis y hemorroides. • Tiene la propiedad de ligar o minimizar la exposición de agentes carcinogénicos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Retrasan el vaciamiento gástrico y las funciones digestivas prolongando la sensación de saciedad. • Tienen efectos en el metabolismo lipídico e hidrocarbonado (control de la colesterolemia y glucemia). • Tienen efecto prebiótico y antiinflamatorio, con una acción protectora frente diferentes patologías del colon.
Característica	Por su estructura puede retener (como una esponja) gran cantidad de agua en su matriz estructural, formando mezclas de baja viscosidad tanto en el estómago como en el intestino delgado.		No todas forman soluciones muy viscosas en agua. Cuando llegan al colon, son un sustrato altamente fermentable por la microbiota colónica desencadenando varios efectos beneficiosos.

Fuente: Resumido de texto de Alimentos funcionales. Barbera, J.M. (2007).

1.3.1.3 INGESTA ACTUAL DE FIBRA DIETÉTICA Y RECOMENDACIONES NUTRICIONALES.

No se han establecido requerimientos específicos del consumo de fibra dietética para ningún grupo de edad. Sin embargo, de acuerdo con el Ministerio de Salud en su documento “Bases técnicas de las guías alimentarias para la población boliviana”, se recomienda que la dieta para la familia debe aportar entre 20 y 30g/día de fibra dietética que corresponde de 10 a 15g/1000 kcal. Además, en la Tabla I-1 se muestra las ingestas recomendadas de fibra dietética de diferentes organismos internacionales basados en la evidencia epidemiológica de los beneficios que ella aporta.

Tabla I-1 Ingestas recomendadas de fibra dietética de diferentes organismos internacionales.

ORGANISMO	EDAD PEDIÁTRICA*	ADULTOS
Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC)	Edad (años) + 5g/día	>25g/día
Organización Mundial de la Salud (OMS)	-	>30g/día
Dietary Guidelines for Americans (HHS) (USDA)	-	14g/1000kcal
American Academy of Pediatrics (AAP)	0.5g/kg de peso	-
American Health Foundation (AHF)	Edad (años) + 5g/día	-

Fuente: Guía Alimentos Funcionales. Cadaval, (2005).

Para los adultos se sugiere un aporte entre 25 - 35g/día o bien aproximadamente de 10-14g de fibra dietética por cada 1000 kcal.

En los niños mayores de dos años y hasta los dieciocho, se recomienda el consumo de la cantidad que resulte de sumar 5g/día a su edad (ejemplo: un niño de cuatro años

debería ingerir aproximadamente 9g de fibra al día). De esta manera, a partir de los 18 años alcanzaría el consumo adecuado de un adulto. Actualmente no se dispone de estudios que definan las cantidades idóneas de consumo de fibra en niños menores de dos años ni en ancianos.

De forma general, la fibra consumida debe tener una proporción de 3/1 entre insoluble y soluble. El consumo de la fibra debe ir acompañado de una ingestión adecuada de agua, a fin de favorecer la producción de las heces.

1.3.1.4 DECLARACIONES DE PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SALUDABLES SOBRE LA FIBRA DIETÉTICA.

En la norma boliviana NB – 314002 (ver anexo D) sobre “**Directrices para el uso de declaraciones de propiedades, declaraciones de propiedades nutricionales y declaraciones de propiedades saludables**”; las declaraciones de propiedades nutricionales establecen valores específicos para que un alimento sea considerado Fuente o con Alto Contenido de fibra dietética. Un alimento fuente (contenido básico) deberá contener como mínimo 3g por 100g (sólidos) o 1.5g por 100kcal o 1.5g por 100ml (líquidos). El Alto contenido de fibra podrá rotularse con un aporte mínimo de 6g por 100g (sólidos) o 3g por 100kcal o 3g por 100ml (líquidos).

En la declaración de propiedades saludables, la fibra dietética se ajusta dentro del subtítulo “*Otras declaraciones de propiedades de función*” estas declaraciones de propiedades conciernen efectos benéficos específicos del consumo de alimentos o sus constituyentes en el contexto de una dieta total sobre las funciones o actividades biológicas normales del organismo. Tales declaraciones de propiedades se relacionan a una contribución positiva a la salud o a la mejora de una función o la modificación o preservación de la salud.

Se entenderá por declaración de propiedades saludables, cualquier presentación que declara, sugiere o implica que existe una relación entre un alimento o un constituyente de dicho alimento y la salud.

1.4 SALVADO DE AVENA.

El salvado de avena es el producto que queda al refinar el grano de avena. El salvado corresponde a lo que serían las capas externas del grano y más concretamente al pericarpio, con sus tres subcapas: epicarpio, mesocarpio y endocarpio (ricas en fibra y minerales), la testa (rica en vitaminas y enzimas) y la capa de aleurona (rica en proteínas y grasas). (Revista botanical- online).

Figura 1-2 Harina de salvado de avena.



Fuente: Irupana Andean Organic Food S.A.

1.4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL SALVADO DE AVENA.

El salvado de avena es un alimento de origen natural, su sabor y textura es muy suave, por lo que suele pasar desapercibido y no plantea problemas para su consumo. Cuenta con una composición nutricional sumamente equilibrada, con la que se absorben menos carbohidratos, más fibra dietética y proteínas en comparación con otros cereales.

Tabla I-2 Información nutricional de salvado de avena por cada 100 gramos.

Valor energético	400 kcal
Carbohidratos total	74.5g
Proteínas	7.4g
Grasa total	8.1g
Fibra	13.5g
Calcio	63.3mg
Hierro	11.9mg
Fósforo	244mg

Fuente: Irupana Andean Organic Food S.A. (La Paz – Bolivia).

1.4.1.1 Proteínas

El contenido proteico del salvado de avena es superior al de cualquier otro salvado, contiene todos los aminoácidos esenciales, aunque no en la proporción óptima, es relativamente pobre en lisina y treonina, mientras que tiene un exceso en metionina. En cambio, el amaranto contiene cantidades apreciables de lisina, pero es deficiente en metionina por eso la combinación de ambos es muy provechosa, pues se complementan para formar una proteína completa (Bressani, 2006).

1.4.1.2 Hidratos de carbono

Sus hidratos de carbonos se asimilan fácilmente y se absorben con lentitud, porque proporcionan energía durante varias horas después de haber sido ingeridos, evitando la sensación de fatiga y desmayo que experimenta cuando el cuerpo reclama glucosa de nuevo (hipoglucemia). (Pamplona, 2013).

1.4.1.3 Lípidos

Es un producto bajo en grasa, pero tiene una alta proporción en grasas poliinsaturadas como el omega3 y el omega6. El predominio de los insaturados tiene un efecto regulador sobre la síntesis de colesterol. (Pamplona, 2013).

1.4.1.4 Minerales y Vitaminas

Contiene cantidades elevadas de vitamina B sobre todo de Tiamina (B₁), y ácido fólico (B₉), posee también vitamina E y K.

Los principales minerales que se encuentran en el salvado de avena son el fósforo (P) y el potasio (K), también posee, aunque en menores cantidades magnesio (Mg) y calcio (Ca). Estos minerales se encuentran principalmente en la porción soluble de la fibra. Mientras que la fibra insoluble guarda minerales como el hierro (Fe) y el cobre (Cu). (Pamplona, 2013).

1.4.1.5 Fibra dietética

El salvado de avena tiene más fibra que la propia avena en grano o los copos de avena. Contiene 13.5 gramos de Fibra dietética total (FDT) del cual 7.5 gramos corresponde

a la fibra insoluble y 6.0 gramos a la fibra soluble sobre una base de 100 gramos de materia seca. A diferencia de los demás salvados tiene elevada cantidad de fibra soluble que es una de las claves del éxito del salvado de avena, gracias a su contenido en β -glucano que cuenta con propiedades funcionales importantes en la dieta del ser humano. (Pamplona, 2013).

1.4.2 PROPIEDADES FUNCIONALES

la FDA (U.S Food and Drug Administration) organismo de los EEUU y el “ Joint Health Claims Initiative” del Reino Unido otorgaron un health claim (declaración de salud) a la fibra soluble de la avena, “La fibra soluble de la Avena, como parte de una dieta baja en grasas saturadas y colesterol, puede reducir el riesgo de las enfermedades del corazón” Se ha determinado que el principal ingrediente activo que presenta estas propiedades es el β -glucano que es una fibra totalmente soluble, que se encuentra de forma natural en el salvado de avena. (Terrones,2008)

1.5 AMARANTO.

1.5.1 GENERALIDADES DEL AMARANTO.

Amaranthus proviene del griego “ἀμάραντος” que significa siempreviva, refiriéndose a las brácteas de la inflorescencia que no se marchitan.

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de los amaranthacea y al género *Amaranthus* que reúne cerca de 60 géneros y más de 800 especies. Solo tres especies se utilizan para la producción de grano: *Amaranthus Caudatus* L, *Amaranthus Cruentus* y *Amaranthus Hypochondriacus*. (AMA.2003).

1.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE AMARANTHUS CAUDATUS L.

El nombre genérico “amaranthus”, significa de color amarillo y la especie “caudatus” con la forma de cola, de ahí que recibe el nombre latino, que significa “cola amarilla”. El amaranto (*Amaranthus Caudatus*) es originaria del nuevo mundo, en la actualidad se encuentra en Bolivia, Perú, el sur de Ecuador y Noroeste de Argentina, también se ha introducido en la India y Nepal. (Calderón, 2017).

1.5.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Cuadro I-2 Clasificación taxonómica de la planta de amaranto (Amaranthus Caudatus L).

Reino	Vegetal
Phylum	Telemophytae
División	Tracheophytae
Subdivision	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Grado evolutivo	Archichlamydeae
Grupo de órdenes	Corolinos
Orden	Centrospermales
Familia	Amaranthaceae
Nombre científico	Amaranthus Caudatus
Nombre común en Tarija	Coime
Nombres comunes	Perú: Kiwicha, Achita, Coyo. Bolivia: Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca. Ecuador: Sangorache, Ataco, Quínoa de Castilla. México: Alegría y Huanthi.

Fuente: Herbario universitario U.A.J.M.S

1.5.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Figura 1-3 Planta de amaranto (Amaranthus Caudatus L)



Fuente: Calderón, (2017).

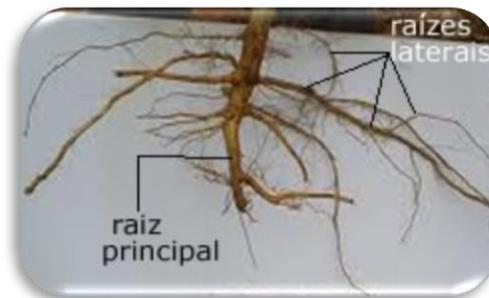
Es considerado como un pseudocereal, debido a que posee propiedades similares a los de los cereales, pero botánicamente no lo es.

Es una planta herbácea anual que alcanza una altura de 0.5 a 3m, una de sus cualidades más interesantes es su adaptabilidad a condiciones agroecológicas muy adversas, donde otros cultivos no prosperan tales como sequía, altas y bajas temperaturas y suelos salinos con atractivos rendimientos, puede cultivarse sin necesidad de insumos costosos y presenta reducida incidencia de plagas y enfermedades.

1.5.4.1 Raíz

Posee una larga raíz pivotante que alcanza más de 1.80m de profundidad, tiene abundantes ramificaciones y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes de capas profundas, además sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. (RENACC- Tarija).

Figura 1-4 Raíz de la planta de amaranto.



Fuente: Villacres, (2013).

1.5.4.2 Tallo

El tallo principal es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, puede llegar a medir de 0.4 a 3m de alto, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores. (RENACC- Tarija).

Figura 1-5 Tallo de la planta de amaranto.



Fuente: Villacres, (2013).

1.5.4.3 Hojas

Las hojas son de tamaño variable de 6.5-15cm. suelen ser lanceoladas, ovoides, muy nervadas, de base aguda, ápice subagudo y color verde o verde con algunas manchas rojas. (RENACC- Tarija).

Figura 1-6 Hojas de la planta de amaranto.



Fuente: Villacres, (2013).

1.5.4.4 Flores

La inflorescencia corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas semierectas o laxas, pudiendo medir hasta 120cm de longitud. Las flores son pequeñas, estaminadas o pistiladas, de diferentes colores rojo intenso, amarillo, verde, rosado, anaranjado o morado que guardan en su interior las semillas. (RENACC- Tarija).

Figura 1-7 Flores de la planta de amaranto.



Fuente: Villacres, (2013).

1.5.4.5 Granos o semillas

Las semillas son muy pequeñas tienen forma lenticular algo aplanada, lisa, brillante de 1.013 a 1.347mm de diámetro, su color varía entre blanco, amarillo claro, dorado, rosado, rojo, marrón, negro. El número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo y el peso de 1000 semillas ronda entre 0.6 y 1g. Una planta de amaranto puede producir más de 50.000 semillas. (RENACC- Tarija).

Figura 1-8 Granos o semillas de la planta de amaranto.



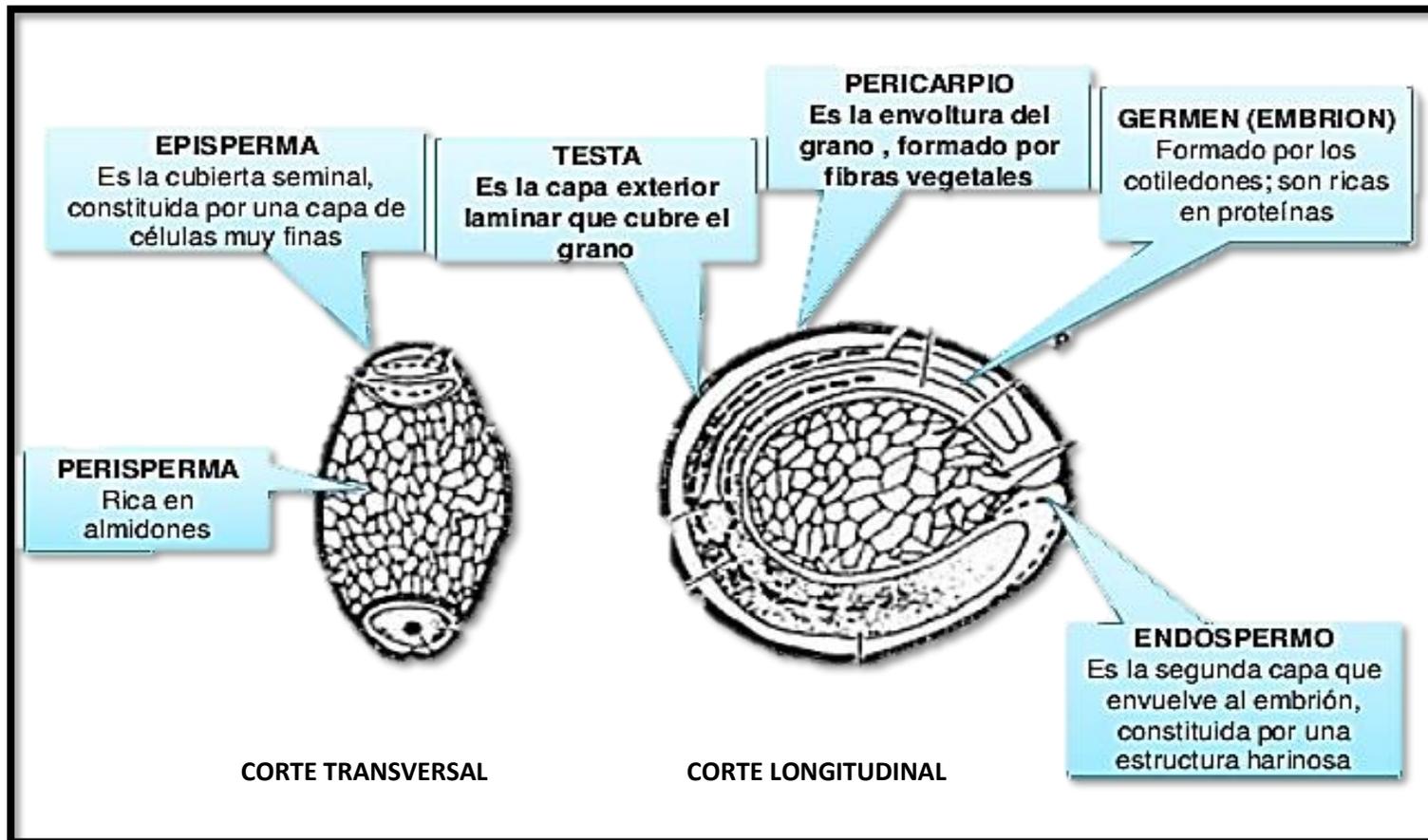
Fuente: Villacres, (2013).

La estructura del grano se divide en:

- **Pericarpio:** Es la envoltura del grano, formado por fibras vegetales
- **Endosperma:** Es la segunda capa de la semilla envuelve al embrión constituida por una estructura harinosa.
- **Embrión o germen:** Está formado por los cotiledones es la más rica en proteínas
- **Perisperma:** Es la parte más interna rica en almidones

En la figura 1-4 se muestra el diagrama de sección transversal y longitudinal de granos de amaranto.

Figura 1-9 Diagrama de sección transversal y longitudinal de los granos de amaranto.



Fuente: Calderón, (2017).

1.5.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AMARANTO.

Tabla I-10 Composición química del amaranto crudo (contenido de nutrientes en 100g de porción comestible).

NUTRIENTE	AMARANTO
Energía	382kcal.
Humedad	11.26g
Proteína	13.20g
Grasa	7.00g
Carbohidrato	66.50g
Fibra	6.60g
Ceniza	2.10g
Calcio	249.3mg
Fósforo	459.0mg
Hierro	6.50mg
Vitamina B₁(Tiamina)	0.21mg
Vitamina B₂(Riboflavina)	0.02mg
Vitamina B₃(Niacina)	0.40mg
Vitamina C(Ácido Ascórbico)	-

Fuente: Ministerio de salud y deportes, (2005)

1.5.5.1 Proteína

Varios autores han estudiado la proteína de amaranto, llegándose a establecer:

- a) Un factor de conversión nitrógeno a proteína igual a 5.85.
- b) Que están constituidas principalmente por albúminas y globulinas y en pequeña proporción prolaminas y glutelinas.
- c) Que las prolaminas son diferentes a las presentes en los cereales (trigo, cebada, centeno), por lo que se califica al amaranto como apto para celíacos.
- d) Que la composición de aminoácidos esenciales muestra altos niveles de aminoácidos azufrados y de lisina, lo que convierte al amaranto en un excelente complemento de los cereales (deficientes en lisina) y de legumbres, incluida la soja (deficientes en azufrados).
- e) Que el valor biológico y digestibilidad de las mismas está en el orden del 75%.

Según la FAO y la OMS, sobre un valor proteico ideal de 100, el amaranto posee 75, la leche vacuna 72, la soja 68, el trigo 60 y el maíz 44.

Por otra parte, casi todos los cereales tienen una deficiencia de lisina y por lo tanto se constituye en el amino ácido limitante; el amaranto, en cambio, contiene el doble de lisina que la proteína de arroz, el triple que la del trigo y es equiparable en contenido a la quinua y la cañahua. (Soteras 2011)

1.5.5.2 Lípidos

La fracción lipídica está compuesta predominantemente por ácidos grasos insaturados, presentándose en mayor cantidad el linoleico (47%) también conocido como omega-6, oleico (26%) y palmítico (19%). El amaranto también contiene una gran cantidad de tocoferoles (vitamina E) y escualeno (se extraía del hígado de tiburón) un intermediario importante en la síntesis esteroide en el cuerpo humano. (Soteras 2011)

1.5.5.3 Carbohidratos

El componente principal del grano de amaranto es el almidón, representa entre 50 y 60% de su peso seco. El diámetro del gránulo de almidón oscila entre 1 y 3 micrones, mientras que los de maíz son hasta 10 veces más grandes y los de la papa pueden ser hasta 100 veces mayores. Estas reducidas dimensiones del gránulo de almidón del amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2.4 a 5 veces más rápida que el almidón de maíz.

Con respecto a los carbohidratos del amaranto diferentes del almidón hay pocas referencias, habiéndose encontrado pequeñas proporciones de sacarosa, rafinosa, estaquiosa e inositol. (Soteras 2011)

1.5.5.4 Fibra dietética

Componente nutricional indispensable para el metabolismo y la digestión regular sana y para la protección contra muchas enfermedades.

El amaranto es un producto rico en fibra dietética, contiene 7.8 gramos de Fibra dietética total (FDT) del cual 5.31 gramos corresponden a la fibra dietética insoluble

(FDI) y 2.49 gramos a la fibra dietética soluble (FDS) sobre una base de 100 gramos de materia seca. (Villacres, 2013)

1.5.5.5 Minerales

Entre los minerales que se encuentran en el amaranto están calcio, fósforo, hierro, magnesio y zinc, que son los que tienen mayor importancia nutricional.

1.5.5.6 Vitaminas

Contiene Riboflavina, niacina, ácido ascórbico, fólico y tiamina, todas ellas básicas en una buena alimentación.

1.5.5.7 Antioxidantes

Tiene una capacidad antioxidante de $660.37\mu\text{g}$ trolox/g que se ha atribuido principalmente a su fracción lipídica. El consumo de amaranto o productos que lo contengan sería una potencial alternativa para disminuir y prevenir los procesos degenerativos de la edad y otras enfermedades crónico - degenerativas. (Soteras 2011)

1.5.6 EL AMARANTO COMO ALIMENTO NUTRACEUTICO

Numerosos estudios han demostrado que la fracción lipídica y/o los péptidos bioactivos del mismo presentan propiedades hipocolesterolémicas y antihipertensivas, también se ha comprobado la capacidad antioxidante de compuestos del amaranto, los que podrían impedir o disminuir procesos relacionados a la carcinogénesis y procesos degenerativos de la edad. Asimismo, su elevado aporte de fibra dietética es indispensable para el metabolismo, la digestión regular sana y para la protección contra muchas enfermedades crónicas. Es un alimento libre de gluten por lo que ayuda a contrarrestar enfermedades celiacas. El cereal en forma de papilla es recomendado para pacientes con problemas bucodentomaxilares, geriátricos, desnutridos y pacientes oncológicos. (Soteras 2011)

1.6 GENERALIDADES DE ALIMENTOS EN POLVO.

El entorno competitivo dentro de la categoría de alimentos en polvo ha permitido que se fabriquen nuevos productos utilizando harinas compuestas precocidas a base de cereales, leguminosas, raíces, tubérculos y otros productos que pueden o no contener trigo.

Las harinas compuestas precocidas han llegado a convertirse en alimentos en polvo de rápida preparación que pueden contribuir de manera importante a mejorar la alimentación y se han considerado vehículos apropiados para hacer llegar a los consumidores una variedad de nutrientes que aporten beneficios a la salud en la medida que se incluyan con frecuencia en la vida diaria. Los investigadores mantienen una continua búsqueda de nuevas fuentes alternativas de materias primas para elaborar este tipo de producto, estableciendo el desarrollo de mezclas óptimas de ingredientes, que conlleven a características organolépticas, físicas, químicas y funcionales deseables, y se adapten a los gustos de los consumidores. (Pacheco, 2008).

1.6.1 VENTAJAS DE LOS ALIMENTOS EN POLVO.

Las ventajas son:

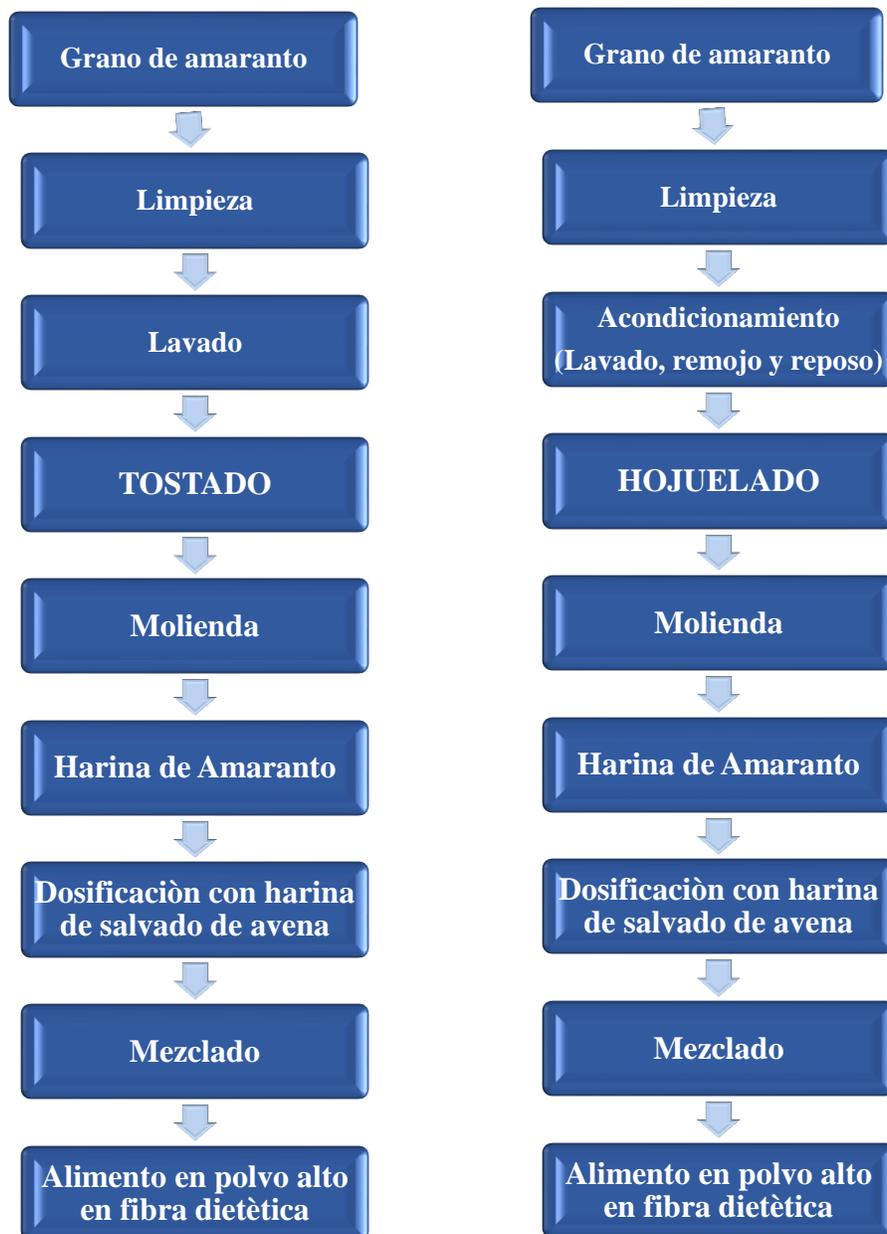
- Sus presentaciones permiten almacenarlo en un espacio pequeño, ya sea en el hogar o incluso en los anaqueles de los supermercados y tiendas de conveniencia.
- Son fáciles de llevar y preparar.
- No requieren cocción antes de consumirla.
- Se pueden agregar en cualquier tipo de líquido como agua, leche, licuados de frutas, yogurt y otros.
- Pueden servir de ingredientes para la elaboración de otros alimentos, como bebidas en polvo, sopas instantáneas, snacks, bases para cremas, papillas, entre otros.

- Permiten al consumidor ajustar el producto en cuanto a nivel de dulzor se refiere, obteniendo un producto único, enteramente a su gusto. (Pacheco, 2008).

1.6.2 MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DEL ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETÉTICA A BASE DE AMARANTO Y SALVADO DE AVENA.

El alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena, puede elaborarse a partir de dos métodos, la descripción general de cada método se muestra en la siguiente figura:

Figura I-10 Métodos para elaborar el alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura I-5, la diferencia en cada método es el tratamiento térmico que se efectúa a los granos de amaranto para obtener la harina, ya que uno es mediante tostado y el otro mediante hojuelado.

Según Zamora (1991) en su investigación realizada, el tostado se efectúa aplicando altas temperaturas y tiempo de permanencia bastante largo (210°C por 10s); sin embargo, es fácil exceder las condiciones óptimas de procesamiento, que reducen el contenido de lisina y la calidad de la proteína. Con este proceso el grano se expande de 5 a 6 veces en volumen.

Por otro lado, el hojuelado, da resultados de forma muy atractiva sin reducir el valor nutritivo del producto ya que con un tratamiento térmico moderado y tiempo de permanencia corto (175°C por 0.47s) se logra mejorar la calidad de la proteína. Estos argumentos se muestran en la tabla I-5.

Tabla I-4 Efecto del procesamiento en la calidad de la proteína del grano de amaranto.

Producto de amaranto	Proteína digerible (%)	NRP (Relación de proteína neta)	Lisina aprovechable (%)
Natural	72.90	2.36	0.91
Hojuelas	76.40	2.80	0.93
Tostado (expansión)	59.50	1.54	0.58
Caseína	92.50	3.57	-

Fuente: Zamora, (1991).

Según los datos de la tabla, para el caso del hojuelado se incrementa la calidad de la proteína considerablemente y aumenta la lisina aprovechable resultando ventajoso con respecto al proceso de tostado ya que se gana en el valor nutritivo y en el aspecto del producto obtenido.

Considerando la información precedente, se ha elaborado una matriz de decisión de ambos métodos que se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro I-3 Matriz de decisión para seleccionar el método más adecuado para la elaboración del alimento en polvo.

ITEM	DESCRIPCIÓN	MÉTODOS		PARÁMETROS DE SELECCIÓN
		TOSTADO	HOJUELADO	
1	Temperatura y tiempo de proceso	Se efectúa a temperaturas altas y tiempo de permanencia bastante largo (210°C - 10s) Es fácil exceder las condiciones óptimas.	Se efectúa a temperaturas moderadas y tiempo de permanencia corto (175°C - 0.4s)	Ahorro de energía
2	Grano	Se expande	Se aplasta	Facilidad de molienda en el grano aplastado
3	Calidad de la proteína	Disminuye	Incrementa	Enriquecimiento proteico
4	Equipo experimental	No se cuenta	Si se cuenta	Equipo a utilizar en el LOU
5	Molienda	Es más difícil porque el grano se expande y absorbe rápidamente humedad.	Es más fácil porque el grano se aplasta.	Equipo a utilizar en el LOU

Fuente: Elaboración propia.

En base a los parámetros de selección se ha determinado usar el método mediante hojuelado de los granos para obtener harina de amaranto que es la materia prima principal para elaborar el alimento en polvo.

1.6.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA ELABORAR EL ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETÉTICA A BASE DE AMARANTO Y SALVADO DE AVENA MEDIANTE HOJUELADO DE LOS GRANOS DE AMARANTO

El método para elaborar el alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena mediante hojuelado de los granos de amaranto, consta de las siguientes etapas:

1.6.3.1 Recepción e inspección de la materia prima

Es necesario contar con un lugar donde se pueda mantener la materia prima que se recibe mientras espera su entrada a proceso, los granos de amaranto se pueden almacenar en recipientes cerrados (costales, sacos) o en silos metálicos. Asimismo, se debe realizar el control primario de la calidad de la materia prima. En el caso del amaranto, existen dos aspectos importantes que determinan la calidad del grano, la limpieza y la humedad. En un grano de buena calidad no hay presencia significativa de impurezas (restos de hojas, palitos, excremento de insectos, tierra y piedra) y la humedad debe ser de 10 a 12%. El grano almacenado libre de plagas y enfermedades conserva su potencial nutritivo, entre los 5 y 7 años si se mantiene en un lugar limpio seco, fresco y ventilado (humedad relativa del ambiente no superior al 70% y una temperatura media no superior a los 30°C). (Zamora, 1991).

1.6.3.2 Pesado

Esta tarea es muy importante pues al pesar el grano, antes y después de la limpieza, se puede establecer el porcentaje de impurezas contenido en la materia prima y determinar así su calidad inicial. Asimismo, se realiza el pesado con la finalidad de cuantificar y evaluar el rendimiento del proceso en relación al peso inicial.

1.6.3.3 Limpieza

La limpieza tiene por objeto principal el de librar al grano de las impurezas que puede acarrear como:

- Cuerpos extraños: fracciones de inflorescencias, ramas, tallos, hojas.

- Granos ajenos: avena, maíz, cebada, quinua semillas de mala hierba (granos de color negro), etc.
- Polvo que acarrea el grano ya sea adherido al mismo y como polvo de impurezas.

Por lo tanto, para la limpieza del grano se aplica los siguientes principios:

- Principio de Clasificación por tamaños, mediante el uso de zarandas clasificatorias donde se separan las impurezas con diámetro mayor y menor al grano.
- Principio de la diferencia de densidad, donde mediante el uso de una aspiradora se separan las impurezas del mismo diámetro que del grano. (Zamora, 1991).

1.6.3.4 Acondicionamiento del grano para el hojuelado

El grano de amaranto a una humedad de 10.7% (humedad de almacenamiento) es bastante duro y cristalino, se desintegra al ser aplastado entre dos superficies metálicas, por lo tanto, en estas condiciones de sequedad es imposible obtener hojuelas, es por esto que es necesario acondicionar el grano con el objeto de que se pueda tornar más plástico variando la humedad de 25 a 28% de tal manera que el grano ofrezca menor resistencia para ser aplastado y se pueda obtener hojuelas con facilidad.

Para el acondicionamiento del grano es necesario una triple operación: lavado, remojo y reposo del mismo.

El lavado tiene por función separar el polvo que está adherido al grano y separar las impurezas del mismo diámetro, pero de diferente densidad, donde las impurezas de menor densidad son arrastradas por el agua y las impurezas de mayor densidad se precipitan en el fondo.

El remojo permite que los granos absorban suficiente cantidad de agua bajo condiciones aeróbicas, por un tiempo determinado dependiendo de la temperatura del agua de remojo y de la humedad que se desea alcanzar. De acuerdo con Zamora (1991) a medida que aumenta la temperatura de remojo, el grano capta mayor humedad

acortándose el tiempo de remojo, por otra parte, con el aumento de la humedad, el tiempo de reposo debe ser mayor ya que se tiene que eliminar el agua de saturación.

Por último, el agua que se adhiere a la superficie del grano se difunde en toda la estructura del mismo mediante el reposo por un tiempo determinado hasta alcanzar la humedad óptima comprendida entre 26 a 28% y además pueda alimentar al hojuelador sin ninguna dificultad. (Zamora, 1991).

1.6.3.5 Hojuelado

Es un proceso termo mecánico de “cocción-laminado” al cual se someten los cereales. La finalidad del hojuelado es aplastar al grano y simultáneamente aplicarle un tratamiento térmico a las hojuelas obtenidas.

El grano luego de ser acondicionado a una humedad comprendida entre 26 a 28% se hace pasar por un hojuelador de rodillos lisos, calentados a una temperatura que va desde 170 a 180°C, los cuales giran a la misma velocidad de 30rpm en sentidos contrarios, con una separación entre rodillos lo más cerca posible, el grano es aplastado por la acción de los rodillos laminadores, luego las hojuelas producidas se adhieren a los rodillos, que se los desprende mediante la acción de una cuchilla raspadora ubicada en cada rodillo, las hojuelas caen en la bandeja receptora a una temperatura de 65 a 70°C, la misma que es suficiente para liberar el agua de acondicionamiento del grano, la cual se completa con el reposo de las hojuelas por un tiempo determinado.(Zamora, 1991)

Zamora (1991), realizó varias pruebas experimentales de hojuelado del grano de amaranto llegando a concluir que las variables óptimas para el proceso son:

- Humedad del grano (H) = $26 \pm 0.2\%$
- Temperatura en la superficie de los rodillos (T) = $175 \pm 3^\circ\text{C}$
- Velocidad de giro en los rodillos (V) = 30rpm
- Tiempo de permanencia (tp) = 0.7s

Asimismo, clasificó las hojuelas obtenidas y las llevo a análisis fisicoquímico. Los resultados se encuentran en la tabla I-5.

Tabla I-5 Composición química de los productos de hojuelado (%)

PRODUCTO	P.B.	G.B.	C	F.B.	E.L.N.	Dig.
Amaranto sin procesar	15.51	8.36	3.10	6.35	66.68	80.48
Hojuelas de 1°	12.25	7.85	3.11	6.94	69.86	82.33
Hojuelas tipo Quaker	14.94	8.29	3.13	6.95	66.69	81.08
Hojuelas finas	15.43	8.43	3.14	7.56	65.43	82.07

Fuente: Zamora, (1991).

Donde:

P.B. = Proteína bruta (%)

G.B. = Grasa Bruta (%)

C = Cenizas (%)

F.B. = Fibra Bruta (%)

E.L.N. = Elemento libre de nitrógeno (%)

Dig. = Digestibilidad de la proteína (%)

1.6.3.6 MOLIENDA.

La molienda es una de las operaciones básicas fundamentales en la industria alimentaria, muchos productos entre ellos las harinas se obtienen por operaciones de molienda y se define como la reducción del tamaño de partículas sólidas a partir de la aplicación de fuerzas mecánicas como compresión, impacto y frotación y cizalla, las cuales provocan la fractura o quebramiento de las partículas. (Rodríguez, 2001).

1.6.3.6.1 MOLINO DE MARTILLO.

Contiene un rotor que gira a alta velocidad en el interior de una carcasa cilíndrica. El eje generalmente es horizontal. La alimentación entra por la parte superior de la carcasa, se trocea y cae a través de una abertura situada en el fondo. En un molino de martillos las partículas se rompen por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor. Una partícula que entra en la zona de molienda no puede salir sin ser

golpeada por los martillos. Se rompe en pedazos, se proyecta contra la placa estacionaria situada dentro de la carcasa rompiéndose todavía en fragmentos más pequeños. Estas a su vez son pulverizadas por los martillos y son impulsadas a través de una rejilla o tamiz que cubre la abertura de la descarga. El tamaño de salida de los materiales triturados puede variarse cambiando el tamiz de salida. En la siguiente figura se muestra las características generales del molino de martillo. (Rodríguez, 2001).

Figura 1-11 Características generales del molino de martillo.

MOLINO	MARTILLO
FUERZA	Impacto
RANGO DE REDUCCIÓN	gruesos, medianos y finos
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad de producción. • Bajo consumo de energía. • No precisa sistema de clasificación auxiliar (tamices) • Estructura simple y fácil de operar • Bajo costo de producción. • Disponibilidad de una amplia gama de tamaños de partícula.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad de la molienda no es buena si el material presenta bastante humedad. • La molienda no es tan fina en comparación con otros equipos. • La molienda no es uniforme • Produce altas temperaturas en la cámara de molienda. • Obstrucción del tamiz o malla de descarga.
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en la industria alimentaria, de reciclaje, entre otras. • Material blando, quebradizo, cristalino, fibroso, termolábil, etc.

Fuente: Rodríguez, (2001).

1.6.3.7 HARINA PRECOCIDA DE AMARANTO.

Se obtiene como resultado de precocer y moler el grano de amaranto, cuando la harina es rehidratada (con agua o leche) se convierte en sopa, papilla, crema o masa esta cualidad y la de poder ser consumido sin previa cocción, se presenta como una gran ventaja en la industria alimentaria, debido a que puede utilizarse en la formulación de

una gran variedad de productos de panificación, pastas, alimentos en polvo mezclas proteicas, sopas deshidratadas, productos formulados, snacks, etc.

El pito de amaranto es un cereal andino retostado y molido con azúcar, cuyo olor y sabor son agradables, es apreciada para la preparación de refrescos instantáneos, chicha y productos de panadería y/o repostería. La composición química del pito de amaranto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I-6 Composición química del pito de amaranto (contenido de nutrientes en 100 g de porción comestible).

NUTRIENTE	PITO DE AMARANTO
Energía	418kcal
Humedad	2.88g
Proteína	13.53g
Grasa	7.60g
Carbohidrato	73.99g
Fibra	4.20g
Ceniza	2.00g
Calcio	244.6mg
Fósforo	442.2mg
Hierro	6.80mg
Vitamina B₁ (Tiamina)	0.33mg
Vitamina B₂ (Riboflavina)	0.02mg
Vitamina B₃ (Niacina)	0.43mg
Vitamina C (Ácido ascórbico)	-

Fuente: Ministerio de Salud y Deportes, (2005)

1.6.3.8 HARINAS COMPUESTAS DE CEREALES Y OTROS PRODUCTOS DIFERENTES DEL TRIGO.

Estas harinas permiten la sustitución total o parcial de la dependencia de la harina de trigo, se han diseñado para mejorar el valor nutritivo y cubrir deficiencias de los componentes en los alimentos, resultan de interés ya que proporcionan características

espesantes, estabilizantes, consistencia del fluido visco elástico y estabilidad en un amplio intervalo de pH. (Luis,1996)

Para elaborar estas harinas se han desarrollado varias tecnologías, como las de fortificación y suplementación.

Las harinas que se usan como suplementos deben tener por lo menos tres características:

- 1) Ser fuentes de nutrientes que son deficientes en el alimento tradicional.
- 2) Ser capaces de suplir estas deficiencias al agregarse en cantidades relativamente pequeñas.
- 3) No alterar significativamente las propiedades físicas y organolépticas del alimento original.

En el presente trabajo de investigación, se dosifica una harina compuesta de amaranto y salvado de avena, en el que la harina de salvado de avena se utiliza como suplemento natural para aumentar la cantidad de fibra dietética.

1.6.3.9 MEZCLADO.

Es la operación mediante el cual se obtiene una distribución uniforme de dos o más componentes y es lograda por medios mecánicos. El mezclado ejerce un importante efecto sobre las propiedades funcionales y las características sensoriales de los alimentos.

1.6.3.10 ENVASADO.

El término envase se puede definir como “todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria”

La finalidad de envasar un alimento se debe fundamentalmente a cuatro razones:

- 1) Proteger al producto alimenticio de la contaminación por insectos, por cualquier microorganismo, de la suciedad o polvo y de daños mecánicos.

- 2) Proteger al producto alimenticio de factores ambientales como la luz, el oxígeno y otros gases, las fluctuaciones de temperatura, entre otros.
- 3) Evitar que el producto alimenticio gane o pierda humedad o en su caso, retardar este proceso.
- 4) Facilitar el manejo del producto alimenticio conservando su integridad, higiene y calidad.

De acuerdo a la norma del Codex para la harina de trigo (CODEX STANDARD 152-1985) la harina debe envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Para el caso de harina de cereales se utilizan normalmente empaques de polietileno, aunque puede utilizarse empaques de papel. Estos deben ser: impermeables, resistentes a la grasa y de preferencia opaco, sellarse herméticamente, conservando las propiedades organolépticas tales como aroma, textura, sabor y color por más tiempo.

1.6.3.11 ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento es una operación muy delicada, porque el alimento está listo para el consumo humano, no recibirá ningún otro tratamiento posterior, por lo que debe procurar mantener las propiedades originales del alimento, factores como la luz, la temperatura y la humedad pueden alterar dichas propiedades disminuyendo el tiempo de vida útil del alimento.

1.7 DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

El diseño de experimentos es una técnica estadística, que tiene como objetivo definir una serie de corridas, o pruebas, en las cuales existen cambios deliberados en las variables de entrada 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.

La experimentación se debe planificar considerando dos aspectos importantes: seleccionando la estrategia experimental óptima que permita obtener la información buscada con el mínimo costo y evaluando los resultados experimentales obtenidos,

garantizando la máxima fiabilidad en las conclusiones que se obtengan. (Gutiérrez,2015)

1.7.1 DISEÑO FACTORIAL A DOS NIVELES 2k

La familia de diseños factoriales completos 2 k, tiene por objeto estudiar el efecto de la respuesta de “k” factores, con dos niveles de prueba cada uno. Con frecuencia, se califican a los niveles como “alto” (+) y “bajo” (-).

1.7.1.1 DISEÑO FACTORIAL 2²

Es el diseño más simple de la familia 2k. Con el diseño factorial 2², se estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles en cada uno. Cada réplica de este diseño consiste de $2 \times 2 = 4$ combinaciones o tratamientos.

1.7.2 PASOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL DISEÑO FACTORIAL

1.7.2.1 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.

Una hipótesis estadística es una afirmación sobre los valores de los parámetros de un proceso, que es susceptible de probarse a partir de la información contenida en una muestra representativa. Es así que se tienen la hipótesis planteada (H₀) y la hipótesis alterna (H_a).

La hipótesis planteada (H₀) es aquella que es aceptada provisionalmente como verdadera y cuya validez será sometida a comprobación.

La hipótesis alterna (H_a) es aquella que se acepta en caso que la hipótesis planteada (H₀) sea rechazada, es decir es una suposición contraria a la hipótesis planteada (H₀)

1.7.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE DISEÑO.

La matriz de diseño o arreglo factorial es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse considerando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores. Por ejemplo, con k = 2 factores, ambos con dos niveles, se forma el diseño factorial $2 \times 2 = 2^2$ que consiste en cuatro tratamientos o combinaciones.

Tabla I-7 Matriz experimental del diseño factorial 2²

Tratamiento	Tratamiento codificado	Factores				Interacción de los factores	Respuesta
		A		B			
1	(1)	-1	bajo	-1	bajo	+1	Y1
2	a	+1	alto	-1	bajo	-1	Y2
3	b	-1	bajo	+1	alto	-1	Y3
4	ab	+1	alto	+1	alto	+1	Y4

Fuente: Análisis y diseño de experimentos Gutiérrez P. Humberto (2015)

1.7.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE VARIANZA ANVA PARA EL DISEÑO FACTORIAL 2²

El análisis de varianza, es útil para saber cuáles variables son significativas en el experimento y cuáles no. Esta prueba se realiza bajo el supuesto de que los datos están distribuidos normalmente. Si P-value es menor a 0.05 con un nivel de confianza del 95%, entonces los datos son significativos. El cálculo del análisis de varianza (ANVA) para el diseño factorial 2² se realiza en base a la siguiente tabla.

Tabla I-8 Análisis de varianza (ANVA) para el diseño factorial 2²

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Factor A	$SS(A)$	$(a - 1)$	$CM(A) = \frac{SS(A)}{(a-1)}$	$\frac{CM(A)}{CM(E)}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{GL_{SS(A)}}{GL_{SS(E)}}$
Factor B	$SS(B)$	$(b - 1)$	$CM(B) = \frac{SS(B)}{(b-1)}$	$\frac{CM(B)}{CM(E)}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{GL_{SS(B)}}{GL_{SS(E)}}$
Interacción AB	$SS(AB)$	$(a - 1)(b - 1)$	$CM(AB) = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{CM(AB)}{CM(E)}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{GL_{SS(AB)}}{GL_{SS(E)}}$
Error	$SS(E)$	$4(n - 1)$	$CM(E) = \frac{SS(E)}{4(n-1)}$		
Total	$SS(T)$	$4n - 1$			

Fuente: Gutiérrez P. Humberto (2015)

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA DE LA
INVESTIGACIÓN

2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1 INTRODUCCIÓN.

El desarrollo del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

2.2 MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas utilizadas en el presente estudio son:

- **Granos de amaranto** de la especie “*Amaranthus caudatus*” adquirido directamente del agricultor de la comunidad de Monte Cercado, perteneciente a la provincia Cercado del Departamento de Tarija.
- **Harina de salvado de avena**, no necesita cocción, está lista para ser consumida, este producto lo elabora la empresa IRUPANA ANDEAN ORGANIC FOOD S.A. que se encuentra en la ciudad del Alto del Departamento de La Paz. Fue adquirida en tiendas de abastecimiento de productos orgánicos y naturales en la ciudad de Tarija.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS.

A continuación, se describen los equipos, materiales de laboratorio y utensilios utilizados en el presente proyecto de investigación.

2.3.1 EQUIPOS.

2.3.1.1 EQUIPO EXPERIMENTAL HOJUELADOR DE RODILLOS LISOS.

Tiene por finalidad transformar la apariencia física del grano de amaranto en hojuela y simultáneamente aplicarle un tratamiento térmico. Este equipo se encuentra en el LOU de la Carrera de Ingeniería Química y tiene las siguientes características y especificaciones:

- Dos rodillos lisos que giran en sentido contrario a la misma velocidad con:
 - Material: Hierro fundido.
 - Espesor: 0.3cm.
 - Largo: 40cm.
 - Diámetro interior 16.1cm.
- Un motor de 1.1kW de potencia.
- Un reductor de velocidad a tornillo sin fin con las siguientes características:
 - Velocidad de entrada 1410rpm.
 - Velocidad de salida 52rpm.
- Una tolva receptora de materia prima con una capacidad de 8.5kg de grano acondicionado.
- Un quemador de gas situado en el centro de los rodillos que cuenta con una válvula reguladora de entrada de gas capaz de variar la temperatura en un rango de 20 a 210°C.
- Un dispositivo de cobre, soporte termómetro, que capta la temperatura de la superficie de los rodillos.
- Un sistema de cuchillas capaz de variar el punto de ataque, como así también su ángulo.

Figura 2-1 Equipo experimental hojuelador de rodillos lisos.



Fuente: Foto-autor.

2.3.1.2 VENTILADOR DE PIE.

Un ventilador es una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire. El ventilador de pie tiene 3 aspas rotativas de plástico reforzado que actúan sobre el aire y lo dispersan en un medio determinado, también cuenta con 3 velocidades (alta, media y baja) y una lámpara. Este equipo se utiliza en la limpieza de grano de amaranto y en el reposo del mismo.

Figura 2-2 Ventilador de pie.



Fuente: Foto-autor.

El ventilador de pie tiene las siguientes características:

Tabla II-1 Especificaciones técnicas del ventilador de mesa.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	CROW
Modelo	CR-1631W
Tamaño	40cm
Voltaje	220V
Frecuencia	50Hz
Potencia	50W

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.3 MOLINO DE MARTILLOS.

En el molino de martillos las partículas se rompen por fuerzas de impacto que ejercen una serie de martillos giratorios que se mueven a gran velocidad acoplados a un disco rotor dentro de la cámara de desintegración. Este equipo se utiliza para moler las hojuelas de amaranto y se encuentra en el LOU de la Carrera de Ingeniería Química.

Figura 2-3 Molino de martillos.



Fuente: Foto-autor.

El molino de martillos, tiene las siguientes características:

Tabla II-2 Especificaciones técnicas del molino de martillos.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	WEBER BROS & WHITE METAL
Modelo	552689
Voltaje	220V
Potencia	700W

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.4 BALANZA DIGITAL.

Tiene un diseño súper delgado (19mm), de fácil operación y graduación precisa. La balanza digital se utiliza para pesar las muestras durante cada etapa del proceso de obtención de la harina de amaranto, asimismo se utiliza para pesar las diferentes dosificaciones de harina de amaranto con harina de salvado de avena para la elaboración del alimento en polvo.

Figura 2-4 Balanza digital.



Fuente: Foto-autor.

La balanza digital, tiene las siguientes características:

Tabla II-3 Especificaciones técnicas de la balanza digital.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	Health & Beauty life
Capacidad	5000g × 1g
Modo función	oz/ ml/g/lb
Alimentación	Pilas de litio CR 2032- 3V

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.5 TERMOSELLADORA MANUAL.

Se utiliza para termosellar bolsas de plástico mediante la presión y el calor. Una corriente eléctrica calienta el elemento de calentamiento durante un tiempo específico para crear la temperatura requerida. Una vez sellado el plástico, se suelta y deja de aplicarse el calor sobre la bolsa. Este equipo se utiliza en el envasado de la harina de amaranto y del alimento en polvo.

Figura 2-5 Termoselladora manual.



Fuente: Foto-autor.

La termoselladora manual, tiene las siguientes características:

Tabla II-4 Especificaciones técnicas de la termoselladora manual.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	SPOWER
Fuente	220V
Potencia	400W
Longitud máxima de sello	300mm
Ancho de sellado	2.3mm
Espesor máximo de sello	0.4mm
Tiempo de calentamiento	0.2 – 1.5s

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.6 TERMÓMETRO DIGITAL PARA CARNE CON RECEPTOR INALÁMBRICO.

Es un termómetro digital de cocina a distancia y cuenta con:

- Una pantalla LED a color.
- Distancia de transmisión inalámbrica de 60 metros.
- Una sonda de acero inoxidable.
- Alerta programable con temperatura preestablecida para carnes específicas.
- Unidad de visualización de temperatura para escoger entre grados Fahrenheit y Celsius.

Este equipo se utiliza para medir la temperatura de uno de los rodillos lisos del hojuelador y se encuentra en el LOU de la Carrera de Ingeniería Química.

Figura 2-6 Termómetro Digital para carne con receptor inalámbrico.



Fuente: Foto-autor.

El termómetro digital para carne con receptor inalámbrico, tiene las siguientes características:

Tabla II-5 Especificaciones técnicas del Termómetro Digital.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	Bar. B. Chek
Longitud de cable	1 metro
Rango de temperatura	Desde -50 hasta 300°C
Modo de alimentación	Pilas 2 XAA

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.7 SECADOR INFRARROJO PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE HUMEDAD.

Se emplea para la determinación rápida y fiable de la humedad, según el método de la termogravimetría (procedimiento para determinar la pérdida de masa que se produce al calentar una sustancia).

En este equipo el calentamiento se produce por la radiación infrarroja que penetra en la sustancia en su mayor parte, convirtiéndose en energía térmica. Este equipo se utiliza para determinar el porcentaje de humedad del amaranto a lo largo del proceso de obtención de la harina y se encuentra en el LOU de la carrera de ingeniería química.

Figura 2-7 Secador Infrarrojo.



Fuente: Foto-autor.

El secador infrarrojo para determinar porcentaje de humedad, tiene las siguientes características:

Tabla II-6 Especificaciones técnicas del secador infrarrojo.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Marca	SARTORIUS
Modelo	MA 100H – 000230V1
Frecuencia	50/60Hz
Intensidad de corriente	6.3A
Voltaje	100-200V o 200- 240V
Resultado de medición	% humedad, % masa seca, valor relación en %, residuo seco en g/kg, residuo g, pérdida de peso mg.
Cantidad mínima de muestra para análisis	5 gramos

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS.

En los siguientes cuadros se muestran los materiales de laboratorio y utensilios utilizados en la parte experimental de la presente investigación.

Cuadro II-1 Materiales de laboratorio.

Materiales	Tipo de material	Capacidad/tamaño	Cantidad
Termómetro	Bulbo de alcohol	-10 - 200°C	1
Tamiz redondo	Acero inoxidable	4mm de abertura	1
Tamiz redondo	Acero inoxidable	1mm de abertura	1
Guantes	Látex	Pequeños	10
Barbijo	Tela	Pequeños	7
Espátula	Metálico	Mediano	1
Zaranda	Madera y malla milimétrica	60× 40cm.	1
Bandeja	Acero inoxidable	35 x 40cm.	1
Bandeja cuadrada	Acero inoxidable	90 x 90cm.	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro II-2 Utensilios.

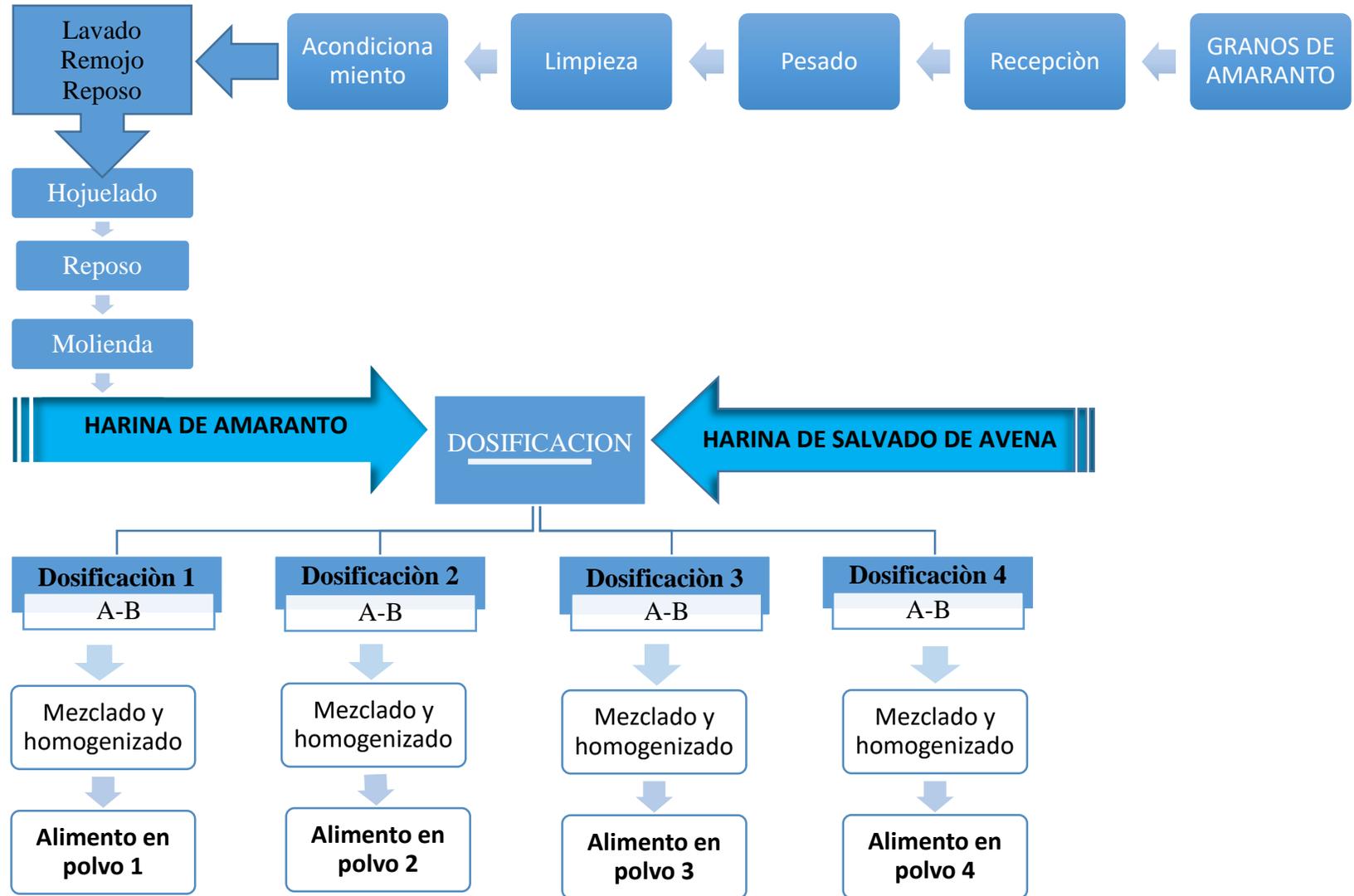
Materiales	Tipo de material	Capacidad/tamaño	Cantidad
Garrafa de GLP	Metal	Mediano (10Kg de GLP)	1
Colador	Acero inoxidable	Mediano (diámetro25cm)	1
Pala	Plástico	Mediana	1
Fuentes	Acero inoxidable	Mediano y grande	2
Fuente	Plástico	Grande	1
Jarras medidoras	Plástico	1.5 litros y 500ml	2
Cucharas	Metal	Medianas y pequeñas	3
Papel sabana	Papel	Pliegue	7
Bolsas	Polietileno de alta densidad	20 x 30cm	30
Lija de agua # 400	Papel	Lamina	2
Repasadores	Algodón	Medianos	2
Esponjas	Esponja lavavajillas	Pequeños	2
Detergente	Bote	1 litro	1
Encendedor	Plástico	Pequeño	1

Fuente: Elaboración propia.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL PARA ELABORAR EL ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETÉTICA A BASE DE AMARANTO Y SALVADO DE AVENA MEDIANTE HOJUELADO DE LOS GRANOS DE AMARANTO.

Las diferentes etapas del proceso de elaboración del alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena mediante hojuelado de los granos de amaranto se muestran en el siguiente diagrama de bloques.

Diagrama II-1 Diagrama de bloques del proceso de elaboración del alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena mediante hojuelado de los granos de amaranto.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada etapa del proceso empleado:

2.4.1 RECEPCIÓN DEL AMARANTO.

Los granos de amaranto que se utilizaron para la elaboración del alimento en polvo son de la especie “*Amaranthus caudatus*”, siendo de variedad o ecotipo innominado, los productores lo llaman comúnmente “criollo” (de panoja roja a púrpura). Estos granos se conservaron dentro de una bolsa de yute de primer uso tal como lo vendieron (grano sucio y seco) para su posterior procesamiento.

Figura 2-8 Recepción de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.2 PESADO.

Se realizó el pesado del amaranto en una balanza digital, la cantidad utilizada como peso inicial del proceso fue de 3 kilogramos.

Figura 2-9 Pesado de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.3 LIMPIEZA.

Inicialmente, se sometieron los granos de amaranto a una corriente de aire (venteo) creada por un ventilador de mesa, para ello se aventaron los granos hacia arriba de modo que las impurezas más livianas se van con el aire a una distancia mayor y quedan los granos relativamente limpios. Con este procedimiento se logró separar la mayor cantidad de inflorescencias, polvo e impurezas del mismo diámetro que el grano, pero de menor densidad.

Posteriormente se realizó la selección por tamaño mediante tamizado manual, para ello se utilizó:

- Una zaranda rectangular con malla milimétrica (abertura de 1.5mm); en esta zaranda se retuvo las impurezas grandes como ser pajas, palos, piedras, trozos de tallos, inflorescencias, etc.
- Un tamiz circular metálico con apertura de 1mm (diámetro promedio del grano de amaranto); este tamiz retuvo la mayor cantidad de granos de primera calidad y separó las impurezas más pequeñas como ser granos inmaduros, quebrados, semillas silvestres (semillas negras), arena, polvo adherido al grano, etc.

Figura 2-10 Limpieza de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.4 ACONDICIONAMIENTO.

Para el acondicionamiento del grano de amaranto se realizó una triple operación: lavado, remojo y reposo del mismo.

- **Lavado.**

El lavado se realizó colocando los granos de amaranto limpios debajo del grifo, dejando caer agua potable, se removieron y frotaron manualmente los granos para que el polvo adherido al mismo se disuelva en el agua y las impurezas livianas (algunas inflorescencias) floten y sean evacuadas. Este procedimiento se realizó por lo menos tres veces o hasta que el agua final de lavado esté limpia. Finalmente se trasvasaron los granos lavados a otro recipiente y se separaron las piedras y arena que se precipitaron en el fondo.

Figura 2-11 Lavado de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

- **Remojo.**

Para el remojo se adicionó agua potable de grifo sobre los granos de amaranto limpios. La cantidad de agua para el remojo fue dos veces el peso del amaranto y se dejó remojar durante toda la noche. Posteriormente se drenó el agua de remojo utilizando un colador metálico.

Figura 2-12 Remojo de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

- **Reposo de los granos.**

Para realizar el reposo de los granos, primero se extendió sobre un mesón láminas de papel sábana y encima se esparcieron los granos remojados de manera uniforme y se dejó reposar a temperatura ambiente; con este método el tiempo de reposo fue muy grande hasta alcanzar la humedad óptima, corriendo el riesgo que el grano se fermente o germine. Esta primera experiencia ha permitido realizar un procedimiento más eficiente que consistió en extender uniformemente los granos de amaranto en la parte superior de una bandeja inclinada de acero inoxidable para que el exceso de agua pueda caer a la parte inferior; asimismo se generó corrientes de aire creadas por un ventilador de pie. Se determinó el porcentaje de humedad cada cierto intervalo de tiempo hasta llegar a una humedad aproximada del 26% que según bibliografía es la humedad óptima para realizar el hojuelado.

Figura 2-13 Reposo de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.5 HOJUELADO.

Para el hojuelado se preparó el equipo experimental hojuelador de rodillos lisos, para ello se lavó y limpió todas las partes del equipo, se colocaron los termómetros en los dispositivos de cobre ubicados en cada lado de los rodillos, se encendieron los

quemadores de gas situados en el centro de cada rodillo e inmediatamente se hicieron girar los rodillos para que el calentamiento se realice de forma uniforme.

Se colocaron porciones de 200 gramos de amaranto acondicionados al 26% de humedad, a una tolva receptora que inicialmente estaba cerrada. Una vez que los rodillos alcanzaron una temperatura de 150 a 160°C (Temperatura de proceso) se abrió la tolva y se dejó caer los granos a un dispensador permitiendo que los granos se extiendan a lo largo de los rodillos para ser hojuelados. Las hojuelas caen en la bandeja receptora muy calientes a una temperatura de 65 a 70°C, la misma que es suficiente para liberar el agua de acondicionamiento del grano que se completa con el reposo de las hojuelas.

Figura 2-14 Hojuelado de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

Reposo de las hojuelas.

Se colocaron las hojuelas a una bandeja de acero inoxidable y se extendieron de manera uniforme, se dejó reposar a temperatura ambiente por un tiempo de 3 horas para que puedan ambientarse a la humedad de equilibrio de conservación.

Figura 2-15 Reposo de las hojuelas.



Fuente: Foto-autor.

2.4.6 MOLIENDA.

Se ha observado que el diámetro del tubo de alimentación del molino de martillos es pequeño, En consecuencia, las hojuelas grandes se obstruyeron y dificultaron una alimentación continua. Por ello antes de la molienda, se realizó el tamizado manual de las hojuelas utilizando un tamiz con abertura de 4 mm, para disminuir y uniformizar su tamaño.

Se realizó la molienda de las hojuelas en un molino de martillos de alta velocidad, provisto de una rejilla con abertura N° 40 (0.420mm) que cubre la ranura de descarga. Asimismo, se colocó una bolsa plástica de primer uso en la descarga del molino con el fin de evitar pérdidas por dispersión de harina al ambiente. La harina obtenida salió caliente a una temperatura promedio de 31°C y se dejó reposar en una bandeja hasta que alcance la temperatura ambiente.

No fue necesario realizar el tamizado a la harina porque la finalidad es obtener una harina que mantenga todos sus componentes en especial fibra dietética.

Figura 2-16 Molienda de las hojuelas de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.7 ENVASADO.

Se colocó la harina de amaranto en bolsas de polietileno de alta densidad y se termosellaron herméticamente con una selladora manual eliminando el aire del interior de la bolsa. Se colocó su respectiva etiqueta, con el nombre del producto y fecha de elaboración.

Figura 2-17 Envasado de la harina de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

2.4.8 ALMACENAMIENTO.

El producto envasado fue almacenado en cajas de cartón en un lugar seco, protegido de la luz y contaminación para efectuar los análisis correspondientes.

2.4.9 DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE DURANTE LA ELABORACION DE LA HARINA DE AMARANTO.

Los datos obtenidos experimentalmente durante la elaboración de la harina de amaranto se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro II-3 Datos obtenidos experimentalmente durante la elaboración de la harina de amaranto.

ENTRADA			OPERACION	SALIDA		
Descripción	Cantidad (kg)	Humedad (%)		Descripción	Cantidad (kg)	Humedad (%)
Grano sucio	3	10.7	LIMPIEZA	Grano limpio	2.88	10.7
Grano limpio Agua Potable	2.88 11.5 litros	10.7 100	LAVADO	Grano húmedo lavado	3.05	18.2
Grano húmedo lavado Agua Potable	3.05 6 litros	18.2 100	REMOJO	Grano húmedo de remojo	4.35	43.07
Grano húmedo de remojo	4.35	43.07	REPOSO	Grano acondicionado	3.30	26
Grano acondicionado	3.30	26	HOJUELADO	Hojuelas	2.74	11.5
Hojuelas	2.74	11.5	REPOSO DE HOJUELAS	Hojuelas reposadas	2.67	9.2
Hojuelas reposadas	2.67	9.2	MOLIENDA	Harina	2.65	9.8

Fuente: Elaboración propia.

2.4.10 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental consistió en: Desarrollar un experimento para elaborar un nuevo producto alimenticio en polvo con alto contenido en fibra dietética de acuerdo a la norma boliviana NB – 314002, en base al estudio de la influencia de la cantidad de harina de amaranto y la cantidad de harina de salvado de avena. Para tal efecto se utilizó un diseño factorial 2^2 con dos repeticiones por cada prueba en función de la variable respuesta que es la cantidad de fibra dietética.

2.4.10.1 Planteamiento de la hipótesis.

Para desarrollar el diseño experimental, se tomaron en cuenta las siguientes hipótesis:

1. **H₀** = La cantidad de amaranto **SÍ** influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

H_a = La cantidad de amaranto **NO** influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

2. **H₀** = La cantidad de salvado de avena **SÍ** influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

H_a = La cantidad de salvado de avena **NO** influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

3. **H₀** = La cantidad de amaranto y la cantidad de salvado de avena **SÍ** influyen significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

H_a = La cantidad de amaranto y la cantidad de salvado de avena **NO** influyen significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo.

Nivel de significación al 5% (0.05)

2.4.10.2 Numero de tratamientos.

El diseño experimental corresponde a un modelo 2^2 , es decir de 2 niveles, 2 factores y dos repeticiones por lo que el número de tratamientos realizados es:

$$\text{N}^\circ \text{ Tratamientos} = \text{N}^\circ \text{ de niveles}^{\text{N}^\circ \text{ de factores}} * \text{repeticiones}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Tratamientos} = 2^{2*2}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Tratamientos} = 8$$

2.4.10.3 Factores y niveles del experimento.

En la siguiente tabla se presenta los niveles de variación de los factores a tomar en cuenta

Tabla II-7 Factores y niveles del experimento.

FACTOR	NIVEL	
	Alto (+)	Bajo(-)
A = Harina de amaranto en gramos	85	75
B = Harina de salvado de avena en gramos	25	15

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de cada nivel se ha considerado tomando en cuenta las referencias bibliográficas de fibra dietaria que tienen las harinas de amaranto y salvado de avena y realizando estimaciones teóricas para obtener por lo menos 6 gramos de fibra dietética en 100 gramos de producto, para que el alimento en polvo se considere un producto alto en fibra dietética según la norma NB-314002.

2.4.10.4 Variable respuesta.

La variable respuesta (Y_i) es la cantidad de fibra dietética que tiene el alimento en polvo

2.4.10.5 REPRESENTACIÓN DE LA MATRIZ EXPERIMENTAL 2².

La matriz utilizada en el diseño experimental se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II- 8 Matriz del diseño experimental.

Tratamientos	Tratamiento codificado	Factores o variables		Interacción de los factores	Variable respuesta	
		A (g)	B(g)		AB(g)	Y ₁
1	(1)	75	15	90	Y ₁₁	Y ₂₁
2	a	85	15	100	Y ₁₂	Y ₂₂
3	b	75	25	100	Y ₁₃	Y ₂₃
4	ab	85	25	110	Y ₁₄	Y ₂₄

Fuente: Elaboración propia.

2.4.11 DOSIFICACIÓN Y PESADO.

De acuerdo a la formulación preestablecida en el diseño factorial, se pesó en una balanza digital la proporción correspondiente de harina de amaranto y harina de salvado de avena respectivamente.

Figura 2-18 Dosificación y pesado del alimento en polvo.



Fuente: Foto-autor.

2.4.12 MEZCLADO Y HOMOGENIZADO.

Se colocaron ambas harinas en una bolsa de polietileno de primer uso, la bolsa se selló de forma hermética para proceder a mezclar, agitando la bolsa hacia arriba, hacia abajo, a los costados con la finalidad de lograr la completa homogenización de la mezcla.

Figura 2-19 Mezclado y homogenizado del alimento en polvo.



Fuente: Foto-autor.

2.4.13 ENVASADO.

La mezcla homogénea (alimento en polvo) fue envasada en bolsas de polietileno de alta densidad de primer uso. El envase del producto fue sellado herméticamente para proteger sus cualidades higiénicas, nutritivas y organolépticas. Se colocó su respectiva etiqueta, con el nombre del producto y fecha de elaboración.

Figura 2-20 Envasado del alimento en polvo.



Fuente: Foto-autor.

2.4.1.4 ALMACENAMIENTO.

El producto envasado fue almacenado en cajas de cartón en un lugar seco, protegido de la luz y contaminación, en condiciones normales de temperatura y humedad con el fin de conservar su vida útil y efectuar el análisis de fibra dietética.

Este procedimiento se realizó para cada uno de los tratamientos propuestos en la matriz del diseño experimental.

2.5 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS.

La metodología empleada para obtener los resultados de las materias primas (granos de amaranto, harina de amaranto y harina de salvado de avena) y el producto final (alimento en polvo) se detallan a continuación:

2.5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.

2.5.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GRANOS DE AMARANTO.

- La determinación del tamaño del grano de amaranto se llevó a cabo manualmente con un vernier digital de precisión. Se seleccionaron al azar 10 granos para realizar las mediciones.
- La determinación del peso se llevó a cabo pesando en una balanza analítica 100 granos de amaranto tomadas al azar. Esta determinación se realizó con 10 pruebas.
- Las demás propiedades (forma, color, olor y sabor) se determinaron por observación propia.

Figura 2-21 Determinación de las propiedades físicas de los granos de amaranto.



Fuente: Foto-autor.

Los datos obtenidos de las propiedades físicas de los granos de amaranto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II-9 Propiedades físicas de los granos de amaranto.

Muestra	Tamaño del grano (diámetro mm)	Peso de 100 granos (g)
1	1.12	0.0995
2	1.43	0.1014
3	1.26	0.1021
4	1.31	0.1002
5	1.37	0.1017
6	1.01	0.0996
7	0.97	0.1018
8	1.31	0.0999
9	1.15	0.1021
10	1.17	0.1019
PROMEDIO	1.21	0.1010

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA HARINA DE AMARANTO.

Para determinar el tamaño de partícula, se realizó el análisis granulométrico de la harina de amaranto; para ello se utilizó el tamiz vibratorio con mallas de 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.063mm y el tamiz colector. Se procedió a tamizar 100 gramos de harina por 5 minutos en un único ensayo. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II-10 Análisis granulométrico de la harina de amaranto.

Malla	Masa retenida (g)	Retenidos (%)
1mm	0	0
0.5mm	35.7	36
0.25mm	54.1	54
0.063mm	5.9	6
0	4.3	4
TOTAL	100	100

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla II-10 la mayor cantidad retenida (54%) de harina de amaranto después del tamizado se encuentra en la malla 0.25mm.

Las demás propiedades (apariencia, color, olor y sabor) se determinaron por observación propia.

2.5.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA HARINA DE SALVADO DE AVENA.

Para determinar el tamaño de partícula de la harina de salvado de avena se realizó el mismo procedimiento que en la harina de amaranto. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II-11 Analisis granulométrico de la harina de salvado de avena.

Malla	Masa retenida (g)	Retenidos (%)
1mm	0	0
0.5mm	8.3	8
0.25mm	72.6	73
0.063mm	11.8	12
0	7.3	7
TOTAL	100	100

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla II-11 la mayor cantidad retenida (73%) de harina de salvado de avena después del tamizado se encuentra en la malla 0.25mm.

Las demás propiedades (apariencia, color, olor y sabor) se determinaron por observación propia.

2.5.1.4 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Los análisis fisicoquímicos realizados a las materias primas (granos de amaranto, harina de amaranto y harina de salvado de avena) se determinaron en el laboratorio del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, en la ciudad de Tarija. (ver ANEXO C). En la tabla II-12 se muestra los parámetros analizados y la técnica y/o método de ensayo utilizados en cada parámetro.

Tabla II-12 Determinación de propiedades fisicoquímicas de las materias primas.

PARÀMETRO	TÈCNICA y/o MÈTODO DE ENSAYO	UNIDAD
Valor energético	Cálculo	kcal/100g
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Calculo	%
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra cruda	Gravimétrico	%

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÈTICA DE LAS DOSIFICACIONES PROPUESTAS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA OBTENER UN ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETÈTICA DE ACUERDO A LA NORMA NB-314002.

El análisis de fibra dietética total (variable respuesta) de las dosificaciones propuestas en el diseño experimental se efectuaron en el laboratorio Lapser S.R.L. ubicado en la ciudad de el Alto en el Departamento de La Paz. (ver ANEXO C). Las muestras determinadas son las siguientes:

1. Alimento en polvo dosificación 1
2. Alimento en polvo dosificación 1 (réplica)
3. Alimento en polvo dosificación 2
4. Alimento en polvo dosificación 2 (réplica)
5. Alimento en polvo dosificación 3
6. Alimento en polvo dosificación 3 (réplica)
7. Alimento en polvo dosificación 4
8. Alimento en polvo dosificación 4 (réplica)

En todas las muestras se utilizó la técnica y/o método de ensayo AOAC 944.03

2.5.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DEFINIR EL ALIMENTO EN POLVO CON MEJORES ATRIBUTOS.

La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis usado para medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos a través de los sentidos. En este tipo de análisis se trabaja en base a paneles de catadores o degustadores denominados jueces, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo.

Las pruebas recomendadas para la mayoría de estudios o en proyectos de investigación estándar, son las pruebas hedónicas que son utilizadas para evaluar la aceptación o rechazo de un producto terminado, donde el objetivo es simplemente determinar si existen diferencias entre productos en la aceptación del consumidor. Los panelistas deben ser catadores inexpertos y elegidos al azar, a ellos se les pide evaluar muestras codificadas del producto indicando cuánto les agrada cada muestra, marcando cada una de las categorías en la escala (Soteras 2011).

La evaluación sensorial se efectuó con la participación de 11 jueces no entrenados, hombres y mujeres quienes calificaron el grado de satisfacción del alimento.

Para tal finalidad se emplearon las 4 muestras del alimento en polvo, obtenidas de acuerdo al diseño factorial y 4 aplicaciones realizando un batido con 250ml de leche líquida, 40g (equivalente a 2 cucharadas llenas) del alimento en polvo y 30g (equivalente a 2 cucharadas) de azúcar. Estas muestras fueron presentadas a los jueces en vasos desechables codificados; después de cada muestra degustada los jueces debían ingerir agua purificada para enjuagar su paladar, con la finalidad de seleccionar la formulación con mayor agrado.

El modelo de test utilizado para la aceptabilidad general se encuentra en el anexo E

La prueba de preferencia se evaluó mediante el método de la escala hedónica de 5 puntos, donde se calificaron las siguientes características: Olor, color, sabor y textura. en la cual cada juez eligió entre las siguientes opciones y puntajes.

Tabla II-13 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos.

PUNTAJE		ESCALA HEDÓNICA
	5	Me agrada mucho
	4	Me agrada moderadamente
	3	Me resulta indiferente
	2	Me desagrada moderadamente
	1	Me desagrada mucho

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación se realizó en fechas distintas, en un lugar tranquilo, lejos de ruidos y olores extraños, con buena iluminación. A los jueces se les pidió anticipadamente su aceptación para participar en esta prueba y se les explicó las características generales de la evaluación. Concluida la misma se tabularon los resultados obtenidos que se muestran en el capítulo de resultados y discusión.

2.5.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL (MEJOR FORMULACIÓN).

2.5.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALIMENTO EN POLVO.

Para determinar el tamaño de partícula del alimento en polvo se realizó el mismo procedimiento que en la harina de amaranto. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II-14 Anàlisis granulomètrico del alimento en polvo.

Malla	Masa retenida (g)	Retenidos (%)
1mm	0	0
0.5mm	23.6	24
0.25mm	64.4	64
0.063mm	6.8	7
0	5.2	5
TOTAL	100	100

Fuente: Elaboraciòn propia.

De acuerdo con la tabla II-14 la mayor cantidad retenida (64%) del alimento en polvo despuès del tamizado se encuentra en la malla 0.25mm.

Las demàs propiedades (apariencia, color, olor y sabor) se determinaron en la evaluaciòn sensorial.

2.5.3.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÒGICAS DEL ALIMENTO EN POLVO.

Los anàlisis fisicoquímico y microbiològico realizados al alimento en polvo con mejor formulaciòn, se determinaron en el laboratorio del Centro de Anàlisis Investigaciòn y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autònoma Juan Misael Saracho, en la ciudad de Tarija. (ver ANEXO C). En las tablas II-15 y II-16 respectivamente se muestran los parámetros analizados y las técnicas y/o métodos de ensayo utilizados.

Tabla II-15 Determinación de las propiedades fisicoquímicas del Alimento en polvo.

PARÀMETRO	TÈCNICA y/o MÈTODO DE ENSAYO	UNIDAD
Valor energético	Calculo	kcal/100g
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6.25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Grasa	NB 313019:06	%
Hidratos de carbono	Calculo	%
Ceniza	NB 39034:10	
Fibra cruda	Gravimétrico	%
Fosforo	SM 4500-P-D	mg/100g

Fuente: Elaboración propia.

Tabla II-16 Determinación de las propiedades microbiológicas del Alimento en polvo.

PARÀMETRO	TÈCNICA y/o MÈTODO DE ENSAYO	UNIDAD
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÒN.

3.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CARATERIZACIÒN DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1 PROPIEDADES DEL AMARANTO EN GRANO

Los resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas del grano de amaranto son:

3.1.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS GRANOS DE AMARANTO

Las propiedades físicas en promedio de los granos de amaranto son:

Tabla III-1 Promedio de las propiedades físicas de los granos de amaranto.

PROPIEDADES	PROMEDIO
Tamaño del grano (diámetro)	1.21mm
Peso de 100 granos	0.10g
Forma del grano	Redonda - lenticular
Color predominante	Crema
Sabor	Característico
Olor	Característico

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS GRANOS DE AMARANTO

En la Tabla III-2 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de los granos de amaranto.

Tabla III-2 Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los granos de amaranto.

PARÀMETRO	RESULTADO CEANID	DATO REFERENCIAL Tabla boliviana de composición de alimentos
Valor energético	226.33kcal/100g	382kcal.
Humedad	9.11%	11.26g
Proteína total (Nx6,25)	14.22%	13.20g
Grasa	7.33%	7.00g
Hidratos de carbono	25.87%	66.50g
Ceniza	2.49%	2.10g
Fibra cruda	3.72%	6.60g

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla III-2 se observa que comparativamente con la tabla boliviana de composición de alimentos, los granos de amaranto producidos en la comunidad de Monte Cercado de la ciudad de Tarija tienen menores cantidades de Valor energético, humedad, hidratos de carbono y fibra cruda, situación que probablemente esté relacionado con la variedad y/o las condiciones de suelo y clima.

3.1.2 PROPIEDADES DE LA HARINA DE AMARANTO

Los resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de la harina de amaranto son:

3.1.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA HARINA DE AMARANTO

Las propiedades físicas en promedio de la harina de amaranto son:

Tabla III-3 Promedio de las características físicas de la harina de amaranto.

PROPIEDADES	DESCRIPCIÓN
Tamaño de partícula	0.25mm (54% retenido)
Apariencia	Polvo textura fina
Color predominante	Beige claro
Sabor y olor	Amaranto tostado

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA HARINA DE AMARANTO

En la Tabla III-4 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la harina de amaranto.

Tabla III-4 Resultados de las propiedades fisicoquímicas de la harina de amaranto.

PARÀMETRO	RESULTADO CEANID	DATO REFERENCIAL Tabla boliviana de composición de alimentos
Valor energético	360.7 kcal/100g	418kcal.
Humedad	13.79%	2.88g
Proteína total (Nx6.25)	12.8%	13.53g
Grasa	6.06%	7.60g
Hidratos de carbono	63.74%	73.99g
Ceniza	2.37%	4.20g
Fibra cruda	1.24%	2.00g

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla III-4, se observa que comparativamente con la tabla boliviana de composición de alimentos, la harina de amaranto obtenida experimentalmente tiene menores cantidades de valor energético, proteína, hidratos de carbono, grasa, ceniza y fibra cruda.

En la tabla III-5 se muestra la comparación de las propiedades fisicoquímicas del grano con la harina de amaranto.

Tabla III-5 Comparación de las propiedades fisicoquímicas del grano con la harina de amaranto.

PARÀMETRO	HARINA DE AMARANTO	GRANO DE AMARANTO
Valor energético	360.7 kcal/100g	226.33kcal/100g
Humedad	13.79%	9.11%
Proteína total (Nx6.25)	12.8%	14.22%
Grasa	6.06%	7.33%
Hidratos de carbono	63.74%	25.87%
Ceniza	2.37%	2.49%
Fibra cruda	1.24%	3.72%

Fuente: Elaboración propia.

Realizando un análisis comparativo de los resultados se observa que la harina de amaranto obtenida experimentalmente tiene menores cantidades de proteína total, grasa, ceniza y fibra cruda con respecto al grano de amaranto.

3.1.3 PROPIEDADES DE LA HARINA DE SALVADO DE AVENA

Los resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas para la harina de salvado de avena son:

3.1.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA HARINA DE SALVADO DE AVENA

Las propiedades físicas en promedio de la harina de salvado de avena son:

Tabla III.6 Promedio de las propiedades físicas de la harina de salvado de avena.

PROPIEDADES	DESCRIPCIÓN
Tamaño de partícula	0.25mm (73% retenido)
Apariencia	Polvo textura fina
Color predominante	Beige oscuro
Sabor y olor	Avena tostada

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA HARINA DE SALVADO DE AVENA

En la Tabla III-7 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la harina de salvado de avena.

Tabla III-7 Resultados de las propiedades fisicoquímicas de la harina de salvado de avena.

PARÁMETRO	RESULTADO CEANID	DATO REFERENCIAL Irupana Andean Organic Food (100g)
Valor energético	389.14kcal.	400 kcal.
Humedad	2.02%	-
Proteína total (Nx6,25)	10.36%	7.4g
Grasa	6.42%	8.1g
Hidratos de carbono	72.48%	74.5g
Ceniza	3.54%	4.20g
Fibra cruda	5.18%	13.5g

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla III-7, se observa que comparativamente con el dato referencial de Irupana Andean Organic Food, la harina de salvado de avena analizada por el CEANID tiene menores cantidades de valor energético, grasa, hidratos de carbono, ceniza y fibra, pero cabe aclarar que una es fibra cruda y otra es fibra dietética.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE FIBRA DIETÈTICA TOTAL DE LAS DOSIFICACIONES PROPUESTAS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA OBTENER UN ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETÈTICA DE ACUERDO A LA NORMA NB-314002.

En la Tabla III-8 se muestran los resultados obtenidos de los analisis de fibra dietética total de las dosificaciones propuestas en el diseño experimental.

Tabla III-8 Resultados obtenidos de fibra dietetica total de las dosificaciones propuestas en el diseño experimental.

ITEM	MUESTRA	RESULTADO DE FIBRA DIETÈTICA TOTAL
1	Alimento en polvo dosificación 1	6.7g/100g
2	Alimento en polvo dosificación 1 (replica)	6g/100g
3	Alimento en polvo dosificación 2	6.3g/100g
4	Alimento en polvo dosificación 2 (replica)	6.8g/100g
5	Alimento en polvo dosificación 3	6.9g/100g
6	Alimento en polvo dosificación 3 (replica)	7.1g/100g
7	Alimento en polvo dosificación 4	7.2g/100g
8	Alimento en polvo dosificación 4 (replica)	7.5g/100g

Fuente: Elaboración propia.

3.3 CÀLCULOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

A continuación, se muestra la matriz de resultados, con los valores obtenidos de la variable respuesta (cantidad de fibra dietética), de cada ensayo del diseño factorial.

Tabla III-9 Matriz de resultados con los valores obtenidos de la variable respuesta (cantidad de fibra dietética).

Tratamientos	Tratamiento codificado	Factores o variables		Interacción de los factores	Variable respuesta	
		A (g)	B(g)		AB(g)	Y ₁
1	(1)	75	15	90	6.7	6
2	a	85	15	100	6.3	6.8
3	b	75	25	100	6.9	7.1
4	ab	85	25	110	7.2	7.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 CÀLCULO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

Para el cálculo de análisis de varianza primeramente se realiza la suma de las variables, respuesta que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla III-10 Suma de las variables respuesta (Fibra dietética).

Tratamientos	Tratamiento codificado	Variable respuesta		TOTAL
		Y ₁	Y ₂	Y ₁ + Y ₂
1	(1)	6.7	6	12.7
2	a	6.3	6.8	13.1
3	b	6.9	7.1	14
4	ab	7.2	7.5	14.7
TOTAL		27.1	27.4	54.5

Fuente: Elaboración propia.

En función a la tabla III-10 se realizan los siguientes cálculos:

Fórmulas y cálculo de los contrastes

Los contrastes correspondientes a los tres efectos A, B y AB en el diseño factorial 2² están dados por:

$$\text{Contraste}_A = ab + a - b - (1)$$

$$\text{Contraste}_B = ab + b - a - (1)$$

$$\text{Contraste}_{AB} = ab + (1) - a - b$$

Reemplazando datos se tiene:

$$\text{Contraste}_A = ab + a - b - (1) = 14.7 + 13.1 - 14 - 12.7 = 1.1$$

$$\text{Contraste}_B = ab + b - a - (1) = 14.7 + 14 - 13.1 - 12.7 = 2.9$$

$$\text{Contraste}_{AB} = ab + (1) - a - b = 14.7 + 12.7 - 13.1 - 14 = 0.3$$

Fórmulas y cálculo de suma de cuadrados

La suma de cuadrados de los efectos se calcula a partir de sus contrastes, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{La suma de cuadrados del factor A: } SS(A) = \frac{(\text{Contraste A})^2}{4n}$$

$$\text{La suma de cuadrados del factor B: } SS(B) = \frac{(\text{Contraste B})^2}{4n}$$

La suma de cuadrados de la interacción de los factores AB:

$$SS(AB) = \frac{(\text{Contraste AB})^2}{4n}$$

Remplazando datos se tiene:

La suma de cuadrados del factor A:

$$SS(A) = \frac{(1.1)^2}{4*2} = 0.15$$

La suma de cuadrados del factor B:

$$SS(B) = \frac{(2.9)^2}{4*2} = 1.05$$

La suma de cuadrados de la interacción de los factores AB:

$$SS(AB) = \frac{(0.3)^2}{4*2} = 0.011$$

Fórmulas y cálculo de la suma de cuadrados totales (T) y la suma de cuadrados del error (E)

La suma total de cuadrados y la suma de cuadrados del error se calcula de forma usual.

La suma de cuadrados totales T es: $SS(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{T^2}{4n}$

Remplazando datos se tiene:

$$SS(T) = (6.7)^2 + 6^2 + (6.3)^2 + (6.8)^2 + (6.9)^2 + (7.1)^2 + (7.2)^2 + (7.5)^2 = 372.93 - \frac{(54.5)^2}{4*2}$$

$$SS(T) = 372.93 - 371.28 = 1.65$$

La suma de cuadrados del error E se calcula por diferencia como:

$$SS(E) = SS(T) - SS(A) - SS(B) - SS(AB)$$

Remplazando datos se tiene:

$$SS(E) = 1.65 - 0.15 - 1.05 - 0.011 = 0.44$$

En la tabla I-8 se muestran las fórmulas para realizar el análisis de varianza (ANVA) para el diseño factorial 2^2 , reemplazando datos y efectuando los cálculos

correspondientes se obtiene el análisis de varianza para el alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III-11 Análisis de varianza (ANVA) para el alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética.

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado
Factor A	0.15	1	0.15	1.36	7.71
Factor B	1.05	1	1.05	9.55	7.71
Interacción AB	0.011	1	0.011	0.1	7.71
Error	0.44	4	0.11		
Total	1.65	7			

Fuente: elaboración propia.

3.3.2 CONCLUSIONES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Observando la tabla de (ANVA) para el alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética, se determina las conclusiones del diseño experimental:

- Si $F_{cal} < F_{tab}$; entonces se acepta H_0 y se rechaza H_a
- Si $F_{cal} > F_{tab}$; entonces se acepta H_a y se rechaza H_0

Análisis de la tabla ANVA

4. Para el factor A se tiene $F_{cal} < F_{tab}$, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada H_0 . La cantidad de amaranto S_I influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo, para un límite de confianza del 95%.
5. Para el factor B se tiene $F_{cal} > F_{tab}$, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna H_a . La cantidad de salvado de avena NO influye significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo para un límite de confianza del 95%.
6. Para la interacción AB se tiene $F_{cal} < F_{tab}$, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada H_0 . La cantidad de amaranto y la cantidad de salvado de avena S_I

influyen significativamente en la cantidad de fibra dietética del producto alimenticio en polvo, para un límite de confianza del 95%.

Del análisis y resultados obtenidos en el diseño de experimentos se puede concluir que:

El mejor tratamiento del diseño de experimentos fue el número 4, donde se utilizó 85 gramos de harina de amaranto y 25 gramos de harina de salvado de avena para obtener 110 gramos de alimento en polvo ya que en este tratamiento se ha obtenido la mayor cantidad de fibra dietética con una cantidad promedio de 7.35 gramos. Por tanto el alimento obtenido con este tratamiento puede ser considerado con alto contenido en fibra dietética de acuerdo a la norma NB- 314002.

3.3.3 MODELO DE REGRESIÓN

Es útil ajustar un modelo matemático a los datos experimentales con la finalidad de predecir el valor de Y (variable respuesta) en diferentes valores de los factores estudiados. En el caso de diseños 2^k los coeficientes del modelo de regresión son iguales a los efectos estimados que resultaron significativos divididos entre dos; esta división entre dos se hace para lograr una escala unitaria, que es la escala usual en regresión. El término independiente es la media global \hat{Y} de todos los datos obtenidos. (Gutiérrez P. Humberto, 2015)

Para el análisis de regresión del diseño de experimentos realizado se efectúan los siguientes cálculos:

Formulas y cálculos para determinar los efectos que resultaron significativos en el diseño de experimentos

Efecto promedio del factor A: $A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)]$

Reemplazando datos, se tiene:

$$A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)] = \frac{1}{2*2} (14.7 + 13.1 - 14 - 12.7) = 0.14$$

Efecto promedio de la interacción de los factores AB: $AB = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b]$

Reemplazando datos, se tiene:

$$AB = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b] = \frac{1}{2*2} (14.7 + 12.7 - 13.1 - 14) = 0.3$$

Fórmulas y cálculo para determinar el termino independiente β

$$\beta = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + \dots + Y_n}{n}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$\beta = \frac{6.7 + 6 + 6.3 + 6.8 + 6.9 + 7.1 + 7.2 + 7.5}{8} = 6.8$$

Por tanto, el modelo de regresión ajustado que describe el comportamiento de la fibra dietética sobre cualquier punto está dado por:

$$\hat{Y} = 6.8 + \frac{0.14}{2} A + \frac{0.3}{2} AB$$

$$\hat{Y} = 6.8 + 0.07 A + 0.15 AB$$

3.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DEFINIR EL ALIMENTO EN POLVO CON MEJORES ATRIBUTOS.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación sensorial tanto del producto obtenido (Alimento en polvo) como de su aplicación (Batido de leche con el alimento en polvo).

3.4.1 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL PRODUCTO OBTENIDO (ALIMENTO EN POLVO)

En las siguientes tablas se muestran los resultados de la evaluación sensorial para el alimento en polvo con diferentes dosificaciones.

Tabla III-12 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°1.

MUESTRA N°1 ALIMENTO EN POLVO CON DOSIFICACIÓN 1					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	3	3	4	3	13
2	4	2	5	3	14
3	3	3	4	4	14
4	3	5	3	4	15
5	2	3	4	3	13
6	4	2	4	3	13
7	3	3	4	4	14
8	4	3	4	4	15
9	4	4	3	3	14
10	2	4	3	3	12
11	3	5	4	4	16
Σ TOTAL	35	37	42	39	153
PROMEDIO	3.1818	3.3636	3.8181	3.5454	3.4772

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-11 se observa que en la muestra N°1, el atributo sabor es la característica mejor evaluada, seguida de la textura y el color, por último, con menor promedio el olor.

Tabla III-13 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°2.

MUESTRA N°2 ALIMENTO EN POLVO CON DOSIFICACIÓN 2					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	2	3	4	4	13
2	3	4	4	3	14
3	3	4	5	3	15
4	4	5	3	3	15
5	5	5	4	2	16
6	2	2	3	5	12
7	2	2	3	3	10
8	3	3	4	3	13
9	4	4	4	5	17
10	3	4	5	4	16
11	5	3	3	4	15
Σ TOTAL	36	39	42	39	156
PROMEDIO	3.2727	3.5454	3.8181	3.5454	3.5454

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-12 se observa que en la muestra N°2, el atributo sabor es la característica mejor evaluada, seguida de la textura y el color con el mismo promedio de evaluación, por último, con menor promedio el olor.

Tabla III-14 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°3.

MUESTRA N°3 ALIMENTO EN POLVO CON DOSIFICACIÓN 3					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	2	4	4	3	13
2	3	3	2	5	13
3	2	3	3	4	12
4	3	3	2	4	12
5	4	5	4	4	17
6	4	4	5	3	16
7	5	4	2	3	14
8	5	3	4	3	15
9	3	3	4	5	15
10	4	2	5	4	15
11	4	4	4	3	15

Σ TOTAL	39	38	39	41	157
PROMEDIO	3.5454	3.4545	3.5454	3.7272	3.5681

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-13 se observa que en la muestra N°3, el atributo textura es la característica mejor evaluada, seguida del sabor y olor con el mismo promedio de evaluación, por último, con menor promedio el color.

Tabla III-15 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°4.

MUESTRA N°4 ALIMENTO EN POLVO CON DOSIFICACIÓN 4					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	3	3	4	4	14
2	4	3	4	4	15
3	4	4	3	3	14
4	3	5	4	4	16
5	4	4	5	5	18
6	2	3	4	3	12
7	4	3	5	4	16
8	3	5	4	4	16
9	4	5	3	4	16
10	3	4	4	5	16
11	3	3	4	3	13
Σ TOTAL	37	42	44	43	166
PROMEDIO	3.3636	3.8181	4	3.9090	3.772

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-14 se observa que en la muestra N°4, el atributo sabor es la característica mejor evaluada, seguida de la textura y el color, por último, con menor promedio el olor.

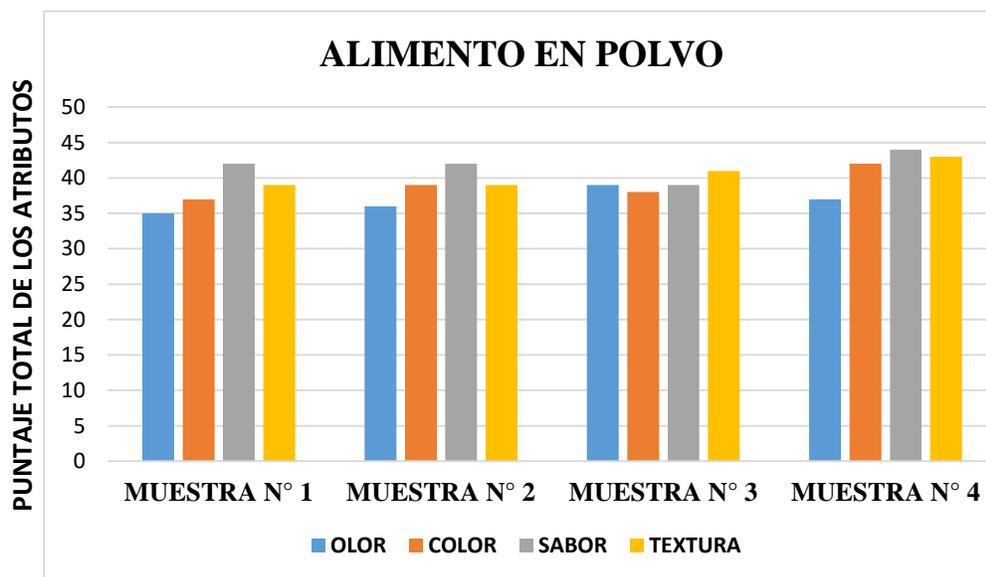
A continuación, se presentan los puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras de alimento en polvo.

Tabla III-16 Puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras de alimento en polvo.

ALIMENTO EN POLVO	PUNTAJE TOTAL DE LOS ATRIBUTOS EVALUADOS				
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	TOTAL
MUESTRA N°1 (Dosificación1)	35	37	42	39	153
MUESTRA N°2 (Dosificación 2)	36	39	42	39	156
MUESTRA N°3 (Dosificación 3)	39	38	39	41	157
MUESTRA N°4 (Dosificación 4)	37	42	44	43	166

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-1 Gráfico de puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras de alimento en polvo.



Fuente: Elaboración propia.

Analizando el gráfico de la figura 3-1. se puede observar que la muestra N°4 (Alimento en polvo con dosificación 4) tiene mayor puntuación en 3 de los 4 parámetros organolépticos evaluados, estos son: color, sabor y textura quedando como la seleccionada y más aceptada en la evaluación sensorial.

En función a los promedios obtenidos en la escala hedónica, este alimento en polvo tiene las siguientes características: Olor (3.4) resulta indiferente, color (3.8) agrada moderadamente, sabor (4) agrada moderadamente y textura (3.9) agrada moderadamente.

3.4.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA APLICACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO (BATIDO DE LECHE CON EL ALIMENTO EN POLVO).

En las siguientes tablas se muestran los resultados de la evaluación sensorial para la aplicación del producto obtenido (batido de leche con el alimento en polvo).

Tabla III-17 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°5.

MUESTRA N°5 BATIDO DE LECHE CON ALIMENTO EN POLVO (Dosificación 1)					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	2	3	3	3	11
2	3	3	4	3	13
3	3	4	3	3	13
4	4	3	4	4	15
5	4	4	5	4	17
6	5	3	4	5	17
7	2	4	2	3	11
8	4	4	3	3	14
9	4	4	3	4	15
10	5	3	4	4	16
11	2	3	5	4	14
Σ TOTAL	38	38	40	40	156
PROMEDIO	3.4545	3.4545	3.6363	3.6363	3.5454

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-17 se observa que en la muestra N°5, los atributos sabor y textura son las características mejor evaluadas con el mismo promedio de evaluación, seguido por el color y olor también con el mismo promedio de evaluación.

Tabla III-18 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°6.

MUESTRA N°6 BATIDO DE LECHE CON ALIMENTO EN POLVO (Dosificación 2)					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	2	4	5	4	15
2	4	5	3	5	17
3	2	4	4	4	14
4	3	3	3	3	12
5	4	4	3	4	15
6	3	4	4	5	16
7	3	5	5	3	16
8	4	4	3	5	16
9	4	3	5	3	15
10	3	3	4	4	14
11	4	4	4	4	16
Σ TOTAL	36	43	43	44	166
PROMEDIO	3.2727	3.9091	3.9091	4	3.7954

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-18 se observa que en la muestra N°6, el atributo textura es la característica mejor evaluada, seguida del sabor y el color con el mismo promedio de evaluación, por último, con menor promedio el olor.

Tabla III-19 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°7.

MUESTRA N°7 BATIDO DE LECHE CON ALIMENTO EN POLVO (Dosificación 3)					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	3	4	3	3	13
2	4	3	5	5	17
3	2	3	4	4	13
4	2	3	2	2	9
5	4	4	4	5	17
6	3	4	4	4	15

7	3	5	5	3	16
8	4	4	4	5	17
9	3	3	3	4	13
10	2	3	4	4	13
11	3	4	3	3	13
Σ TOTAL	33	40	41	42	156
PROMEDIO	3	3.6363	3.7272	3.8181	3.5454

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-19 se observa que en la muestra N°7, el atributo textura es la característica mejor evaluada, seguida del sabor y color, por último, con menor promedio el color.

Tabla III-20 Resultados obtenidos de la evaluación sensorial de la muestra N°8.

MUESTRA N°8					
BATIDO DE LECHE CON ALIMENTO EN POLVO (Dosificación 4)					
JUECES	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	Σ
1	3	4	3	4	14
2	5	3	5	5	18
3	2	4	3	4	13
4	3	3	4	4	14
5	4	4	5	3	16
6	3	4	4	4	15
7	5	3	5	5	18
8	3	5	3	3	14
9	3	3	4	4	14
10	4	4	5	3	16
11	3	2	4	3	12
Σ TOTAL	38	39	45	42	164
PROMEDIO	3.4545	3.5455	4.0909	3.8182	3.7273

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-20 se observa que en la muestra N°8, el atributo sabor es la característica mejor evaluada, seguida de la textura y el color, por último, con menor promedio el olor.

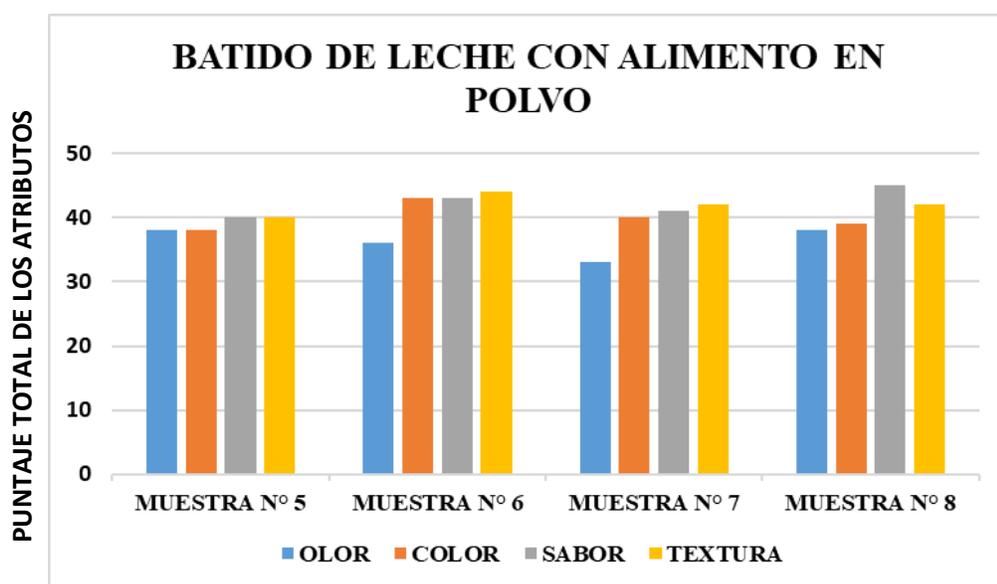
A continuación, se presentan los puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras del batido de leche con alimento en polvo.

Tabla III-21 Puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras del batido de leche con alimento en polvo.

BATIDO DE LECHE CONALIMENTO EN POLVO	PUNTAJE TOTAL DE LOS ATRIBUTOS EVALUADOS				
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	TOTAL
MUESTRA N°5 (Dosificación 1)	38	38	40	40	156
MUESTRA N°6 (Dosificación 2)	36	43	43	44	166
MUESTRA N°7 (Dosificación 3)	33	40	41	42	156
MUESTRA N°8 (Dosificación 4)	38	39	45	42	164

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-2 Gráfico de puntajes totales de los 4 atributos evaluados en cada una de las muestras de batido de leche con alimento en polvo.



Fuente: Elaboracion propia.

Analizando el gráfico de la figura 3-2, se puede observar que la muestra N°6 (Batido de leche con alimento en polvo dosificación 2) tiene mayor puntuación general (166) de los 4 atributos evaluados y tiene mayor puntuación en 2 atributos estos son: la textura y color. En función a los promedios obtenidos en la escala hedónica, este producto tiene las siguientes características: Olor (3.3) resulta indiferente, color (3.9) agrada moderadamente, sabor (3.9) agrada moderadamente y textura (4) agrada moderadamente.

Por otro lado, la muestra N°8 (Batido de leche con alimento en polvo dosificación 4) que le sigue en mayor puntuación general (164) de los 4 atributos evaluados. También tiene mayor puntuación en 2 atributos estos son: olor y sabor. En función a los promedios obtenidos en la escala hedónica, este producto tiene las siguientes características: Olor (3.4) resulta indiferente, color (3.6) agrada moderadamente, sabor (4.1) agrada moderadamente y textura (3.8) agrada moderadamente.

Considerando que la muestra N°8 es la aplicación de la muestra 4 que es la que obtuvo mayor puntaje y la más aceptada en el producto obtenido (alimento en polvo), también obtuvo una buena aceptación en la evaluación sensorial, obteniendo el segundo mejor puntaje total de los atributos evaluados.

3.5 FORMULACIÓN ÓPTIMA DEL ALIMENTO EN POLVO

A partir de las conclusiones obtenidas en el diseño de experimentos y la evaluación sensorial se realizó la formulación óptima del alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética expresado en porcentaje según muestra la tabla: III-22

Tabla III-22 Formulación óptima del alimento en polvo expresado en porcentaje.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Harina de amaranto	85 gramos	77.3%
Harina de salvado de avena	25 gramos	22.7%
TOTAL	110 gramos	100%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos valores expresados en porcentaje se ha formulado para 1 envase de 500 gramos de alimento en polvo.

$$\text{Cantidad de harina de amaranto} = \frac{500\text{g} \times 77.3\%}{100\%} = 387\text{g}$$

$$\text{Cantidad de harina de salvado de avena} = \frac{500\text{g} \times 22.7\%}{100\%} = 113\text{g}$$

En resumen se tiene:

Tabla III-23 Formulación óptima del alimento en polvo para un envase de 500 gramos.

Materia prima	Porcentaje	Cantidad
Harina de amaranto	77.3%	387g
Harina de salvado de avena	22.7%	113g
TOTAL	100%	500g

Fuente: Elaboración propia

3.6 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

3.6.1 PROPIEDADES DEL ALIMENTO EN POLVO

Los resultados de las propiedades físicas, fisicoquímicas, y microbiológicas para el alimento en polvo son:

3.6.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALIMENTO EN POLVO

Las propiedades físicas en promedio del alimento en polvo son:

Tabla III- 24 Promedio de las propiedades físicas del alimento en polvo.

PROPIEDADES	DESCRIPCIÓN
Tamaño de partícula	0.25mm (64% retenido)
Olor	Resulta indiferente
Color	Agrada moderadamente
Sabor	Agrada moderadamente
Textura	Agrada moderadamente

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ALIMENTO EN POLVO.

En la Tabla III-25 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del alimento en polvo.

Tabla III-25 Resultados de las propiedades fisicoquímicas del alimento en polvo.

PARAMETRO	RESULTADO CEANID
Valor energético	366.04kcal/100g
Humedad	11.71%
Proteína total (Nx6.25)	12.39%
Grasa	6.00%
Hidratos de carbono	65.62%
Ceniza	2.55%
Fibra cruda	1.73%
Fibra dietética	7.35g/100g
Fósforo	289.9mg/100g

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla III-25 el alimento en polvo obtenido experimentalmente tiene: Proteína total (12.39%), que son los pilares fundamentales de la vida y colaboran en el adecuado crecimiento y desarrollo del organismo, Hidratos de carbono (65.62%) que son la principal fuente de energía para nuestro organismo, Grasa (6%) resulta imprescindible para la formación de determinadas hormonas y suministra ácidos grasos esenciales que el organismo no los puede sintetizar, Ceniza (2.55%) es la cantidad total de minerales presentes en el alimento y actúan de diversas maneras en la formación de tejidos rígidos del cuerpo. Fibra cruda (1.73%) y Fibra dietética (7.35g/100g), La diferencia entre fibra cruda y dietética es básicamente de tipo analítico, el procedimiento para la determinación de la Fibra dietética requiere utilizar enzimas mientras que para la determinación de la Fibra cruda solo se utiliza reactivos químicos (ácidos y bases fuertes). Se considera por tanto que es hasta 6 veces la subestimación de la fibra dietética cuando se determina fibra cruda según bibliografía.

3.6.1.3 PROPIEDADES MICROBIOLÒGICAS DEL ALIMENTO EN POLVO.

En la Tabla III-26 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades microbiológicas del alimento en polvo.

Tabla III-26 Resultados de las propiedades microbiológicas del alimento en polvo.

PARÀMETRO	RESULTADO
Coliformes totales	$< 1.0 \times 10^1$ UFC/g
Coliformes fecales	$< 1.0 \times 10^1$ UFC/g
Mohos y levaduras	1.2×10^2 UFC/g

Fuente: Elaboracion propia.

Como se observa en la tabla III-26, el alimento en polvo no presenta contaminación de bacterias lo que significa que fue procesada y almacenada con higiene, existe poca presencia de mohos y levaduras debido a la elevada humedad que presenta el alimento cuyo valor se encuentra al límite de lo que exige la norma.

3.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÌA

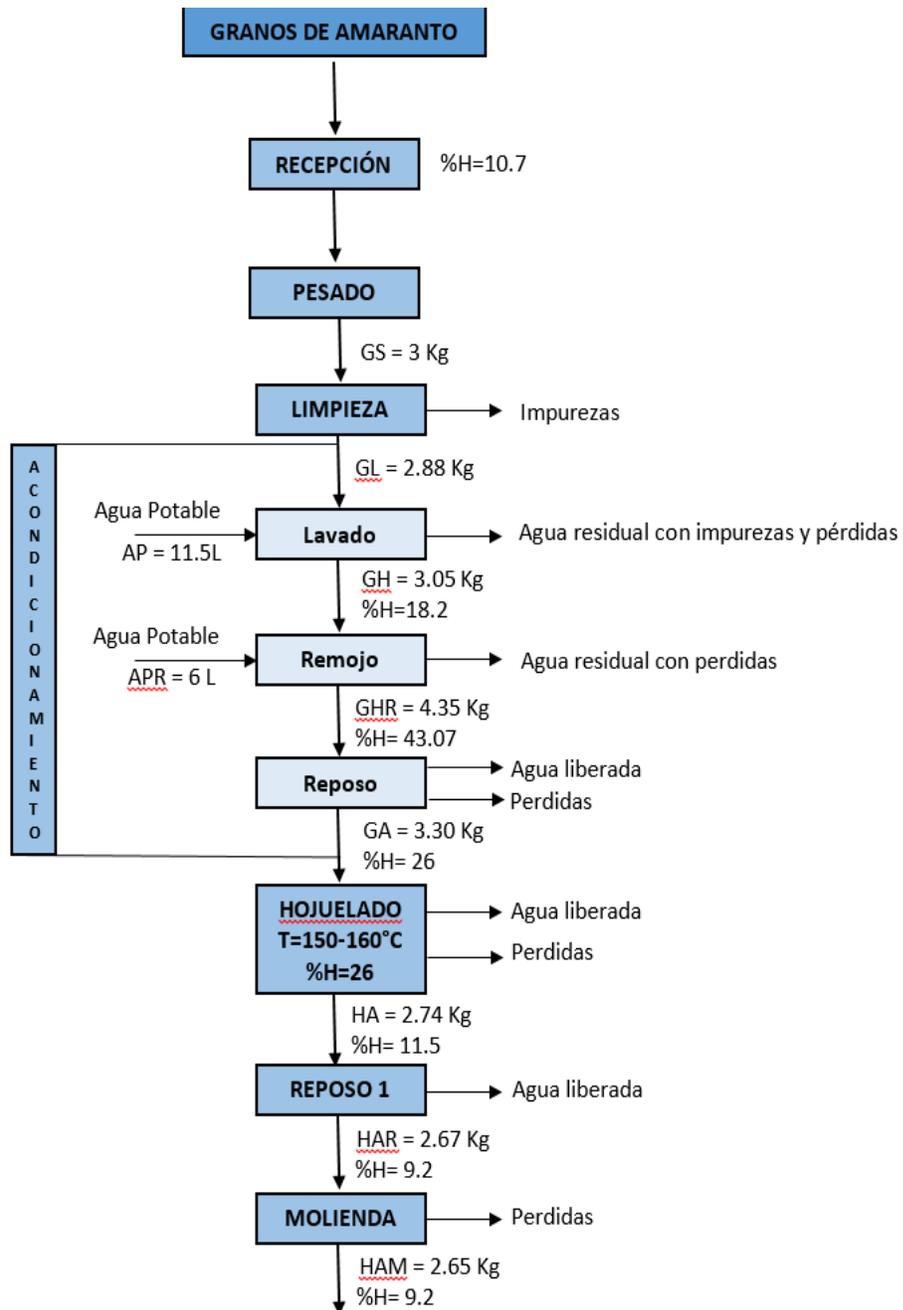
3.7.1 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia para el presente trabajo de investigación se realiza en el proceso de obtención de la harina de amaranto y en la dosificación de 500 gramos de alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a partir de harina de amaranto y salvado de avena.

3.7.1.1 BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE AMARANTO

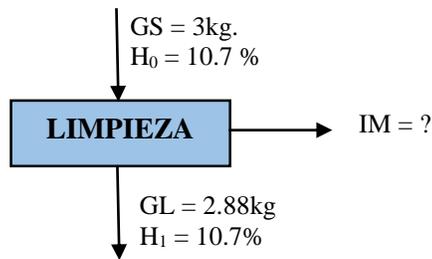
El balance de materia para el proceso de obtención de la harina de amaranto (*Amaranthus Caudatus*) se llevó a cabo teniendo en cuenta el siguiente diagrama de bloques y los datos obtenidos durante la experimentación, representados en el siguiente diagrama:

Diagrama III-1 Diagrama de bloques para el balance de materia en el proceso de obtención de la harina de amaranto.



Fuente: Elaboracion propia.

3.7.1.1.1 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA



Balance general de masa para el proceso de limpieza.

$$GS = GL + IM \quad \text{Ec. III-1}$$

Despejando IM de la Ec. III-1

$$IM = GS - GL$$

$$IM = 3\text{kg} - 2.88\text{kg}$$

$$IM = 0.12\text{kg}$$

Donde:

GS = Grano de amaranto sucio (kg).

GL = Grano de amaranto limpio (kg).

IM = Impurezas (inflorescencias, tallos, polvo, arena, etc.) (kg).

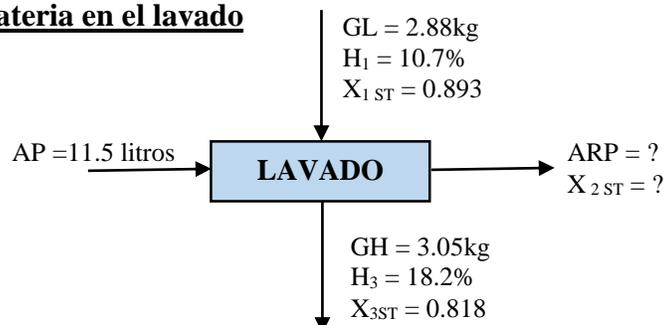
H₀ = Porcentaje de humedad del grano de amaranto sucio.

H₁ = Porcentaje de humedad del grano de amaranto limpio.

3.7.1.1.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO.

El acondicionamiento del grano de amaranto consta de 3 operaciones: lavado, remojo y reposo.

Balance de materia en el lavado



Como dato se tiene que la cantidad de agua potable utilizado durante el lavado es de 11.5 litros y considerando que la densidad del agua es aproximadamente 1kg/l y su ecuación es:

$$\rho = m / V \quad \text{Ec. III-2}$$

Despejando m de Ec. III-2

$$m = \rho * V$$

$$m = 1\text{kg/l} * 11.5\text{l}$$

$$m = 11.5\text{kg.}$$

Esto quiere decir que 1 litro de agua equivale a 1kilogramo de agua.

Balance general de masa en el lavado.

$$GL + AP = GH + ARP \quad \text{Ec. III- 3}$$

Despejando ARP de Ec. III- 3

$$ARP = GL + AP - GH$$

$$ARP = 2.88\text{kg} + 11.52\text{kg} - 3.05\text{kg}$$

$$ARP = 11.35\text{kg.}$$

Balance de solidos totales (ST) en el lavado.

$$GL * X_{1\text{ ST}} = GH * X_{3\text{ ST}} + ARP X_{2\text{ ST}} \quad \text{Ec. III- 4}$$

Despejando $X_{2\text{ ST}}$ de Ec. III- 4

$$X_{2\text{ ST}} = \frac{GL * X_{1\text{ ST}} - GH * X_{3\text{ ST}}}{ARP}$$

$$X_{2\text{ ST}} = \frac{2.88\text{kg} * 0.893 - 3.05\text{kg} * 0.818}{11.35\text{kg}}$$

$$X_{2\text{ ST}} = 0.0068$$

Donde:

GL = Grano de amaranto limpio (kg).

AP = Agua potable para el lavado (kg).

GH = Grano de amaranto húmedo después del lavado (kg).

ARP = Agua residual del lavado con impurezas y pérdida (kg).

H₁ = Porcentaje de humedad del grano de amaranto limpio.

X_{1 ST} = Fracción másica de sólidos totales en el grano de amaranto limpio.

X_{2 ST} = Fracción másica de sólidos totales (impurezas y pérdidas) en el agua residual del lavado.

H₃ = Porcentaje de humedad del grano de amaranto húmedo después del lavado.

X_{3 ST} = Fracción másica de sólidos totales en el grano de amaranto húmedo después del lavado.

IPA = Impurezas y pérdidas evacuadas con el agua (kg).

La cantidad de agua residual con impurezas y pérdidas después del lavado es 11.35kg.

La fracción másica de sólidos totales (impurezas y pérdidas) en el agua residual después del lavado X_{2ST} es 0.0068.

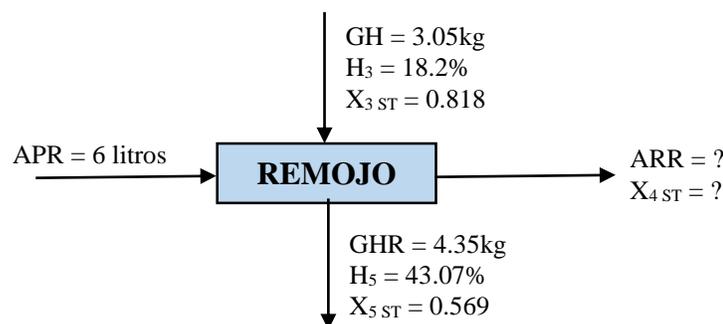
Considerando estos datos se determinó la cantidad de impurezas y pérdidas evacuadas con el agua durante el lavado (IPA).

$$IPA = X_{2ST} * ARP \quad \text{Ec. III- 5}$$

$$IPA = 0.0068 * 11.35\text{kg} = 0.0772\text{kg}$$

$$IPA = 0.0772\text{kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 77.18\text{g}$$

$$IPA = 77.18\text{g}$$

Balance de materia en el Remojo

Al igual que la operación anterior se consideró que la densidad del agua es aproximadamente 1kg/l, esto quiere decir que 6 litros de agua equivalen a 6 kilogramos de agua.

Balance general de masa en el Remojo

$$GH + APR = GHR + ARR \quad \text{Ec. III- 6}$$

Despejando ARR de Ec. III- 6

$$ARR = GH + APR - GHR$$

$$ARR = 3.05\text{kg} + 6\text{kg} - 4.35\text{kg}$$

$$ARR = 4.7\text{kg}$$

Balance de solidos totales en el remojo

$$GH * X_{3\text{ST}} = GHR * X_{5\text{ST}} + ARR * X_{4\text{ST}} \quad \text{Ec. III- 7}$$

Despejando $X_{4\text{ST}}$ de Ec.III- 7

$$X_{4\text{ST}} = \frac{GH * X_{3\text{ST}} - GHR * X_{5\text{ST}}}{ARR}$$

$$X_{4\text{ST}} = \frac{3.05\text{kg} * 0.818 - 4.35\text{kg} * 0.569}{4.7\text{kg}}$$

$$X_{4\text{ST}} = 0.0042$$

Donde:

GH = Grano de amaranto después del lavado (kg).

APR = Agua potable para el remojo (kg).

GHR = Grano de amaranto húmedo después del remojo (kg).

ARR = Agua residual del remojo (kg).

X_{3ST} = Fracción másica de sólidos totales en el grano de amaranto después del lavado.

X_{4ST} = Fracción másica de sólidos totales (perdidas) en el agua residual del remojo.

H₅ = Porcentaje de humedad del grano de amaranto húmedo después del remojo.

X_{5ST} = Fracción másica de sólidos totales del grano de amaranto húmedo después del remojo.

PER = Pérdidas durante el remojo (kg).

La cantidad de agua residual después del remojo es 4.7kg.

La fracción másica de sólidos totales (pérdidas) en el agua residual después del remojo X_{4ST} es 0.0042.

Considerando estos datos se determinó la cantidad de pérdidas durante el remojo (PER).

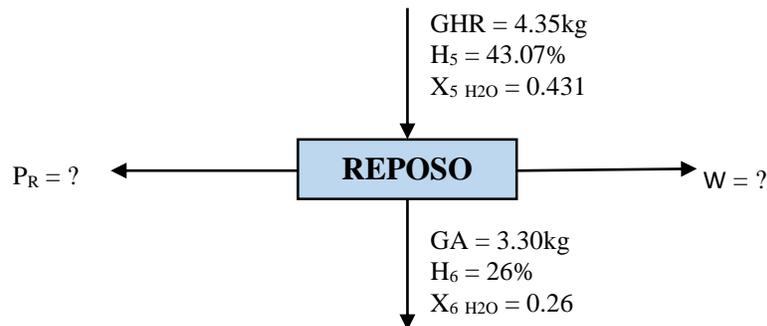
$$PER = X_{4ST} * ARR \quad \text{Ec. III- 8}$$

$$PER = 0.0042 * 4.7\text{kg} = 0.0197\text{kg}.$$

$$PER = 0.0197\text{kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 19.74\text{g}$$

$$PER = 19.74\text{g}$$

Balance de materia en el Reposo



Balance general de masa en el proceso de Reposo

$$GHR = P_R + GA + W \quad \text{Ec. III- 9}$$

Despejando P_R de Ec. III- 8

$$P_R = GHR - GA - W \quad \text{Ec. III - 10}$$

Balance de H₂O en el Reposo

$$GHR * X_{5 H_2O} = GA * X_{6 H_2O} + W \quad \text{Ec. III- 11}$$

Despejando W de Ec. III- 11

$$W = GHR * X_{5 H_2O} - GA * X_{6 H_2O}$$

$$W = 4.35\text{kg} * 0.431 - 3.30\text{kg} * 0.26$$

$$W = 1.017\text{kg}$$

Remplazando el valor de W en Ec. III - 10

$$P_R = 4.35\text{kg} - 3.30\text{kg} - 1.017\text{kg}$$

$$P_R = 0.033\text{kg}$$

$$P_R = 0.033\text{kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 33\text{g}$$

$$P_R = 33\text{g}$$

Donde:

GHR = Grano de amaranto húmedo después del remojo (kg).

W = Agua liberada durante el reposo (kg).

P_R = Pérdida durante el reposo (kg).

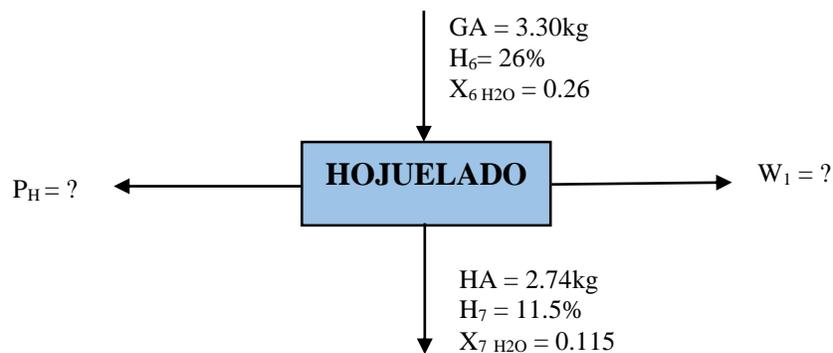
GA = Grano de amaranto acondicionado (kg).

X_{5 H₂O} = Fracción másica de agua del grano de amaranto húmedo después del remojo.

H₆ = Porcentaje de humedad en el grano de amaranto acondicionado.

X_{6 H₂O} = Fracción másica de agua en el grano de amaranto acondicionado.

3.7.1.3 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE HOJUELADO



Balance general de masa en el proceso de hojuelado

$$GA = P_H + W_1 + HA \quad \text{Ec. III- 12}$$

Despejando P_H de Ec. III- 11

$$P_H = GA - W_1 - HA \quad \text{Ec. III-13}$$

Balance de H₂O en el proceso de hojuelado

$$GA * X_{6 \text{ H}_2\text{O}} = HA * X_{7 \text{ H}_2\text{O}} + W_1 \quad \text{Ec. III- 14}$$

Despejando W_1 de Ec. III- 14

$$W_1 = GA * X_{6 \text{ H}_2\text{O}} - HA * X_{7 \text{ H}_2\text{O}}$$

$$W_1 = 3.30\text{kg} * 0.26 - 2.74\text{kg} * 0.115$$

$$W_1 = 0.54\text{kg}$$

Remplazando el valor de W_1 en Ec. III-13

$$P_H = GA - W_1 - HA$$

$$P_H = 3.30\text{kg} - 0.54\text{kg} - 2.74\text{kg}.$$

$$P_H = 0.02\text{kg}$$

$$P_H = 20\text{g}$$

Donde:

GA = Grano de amaranto acondicionado (kg).

W₁ = Agua liberada durante el hojuelado (kg).

P_H = Pérdida durante el hojuelado (kg).

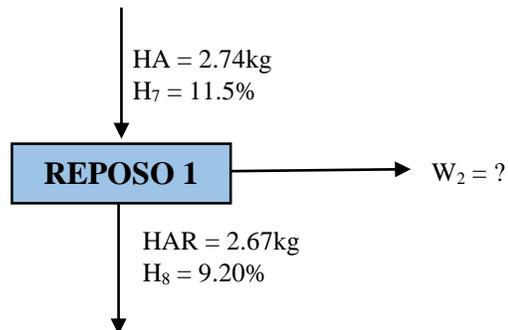
HA = Hojuelas de amaranto (kg).

X_{6 H₂O} = Fracción másica de agua en el grano de amaranto acondicionado.

H₇ = Porcentaje de humedad en las hojuelas de amaranto.

X_{7 H₂O} = Fracción másica de agua en las hojuelas de amaranto.

3.7.1.4 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE REPOSO DE LAS HOJUELAS



Balance general de masa en el proceso de reposo de las hojuelas

$$HA = HAR + W_2 \quad \text{Ec. III-15}$$

Despejando W_2 de Ec. III-15

$$W_2 = HA - HAR$$

$$W_2 = 2.74\text{kg} - 2.67\text{kg}$$

$$W_2 = 0.07\text{kg}$$

Donde:

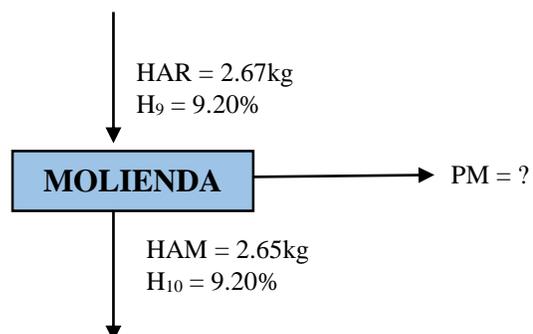
HA = Hojuelas de amaranto (kg).

HAR = Hojuelas de amaranto después del reposo (kg).

W₂ = Agua liberada durante el reposo de las hojuelas de amaranto (kg).

H₈ = Porcentaje de humedad después del reposo de las hojuelas de amaranto.

3.7.1.1.5 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MOLIENDA



Balance general de masa en el proceso de molienda

$$\text{HAR} = \text{PM} + \text{HAM} \quad \text{Ec. III- 16}$$

Despejando PM de Ec. III- 16

$$\text{PM} = \text{HAR} - \text{HAM}$$

$$\text{PM} = 2.67\text{kg} - 2.65\text{kg}$$

$$\text{PM} = 0.02\text{kg}$$

Donde:

HAR = Hojuelas de amaranto después del reposo (kg).

PM = Pérdidas durante la molienda (kg).

HAM = Harina de amaranto (kg).

H₉ = Porcentaje de humedad de las hojuelas de amaranto después del reposo.

H₁₀ = Porcentaje de humedad de la harina de amaranto.

3.7.1.1.6 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE AMARANTO

Para calcular el rendimiento del proceso de obtención de la harina de amaranto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\text{peso harina de amaranto (producto final)}}{\text{peso grano de amaranto sucio(producto inicial)}} * 100 \quad \text{Ec. III - 17}$$

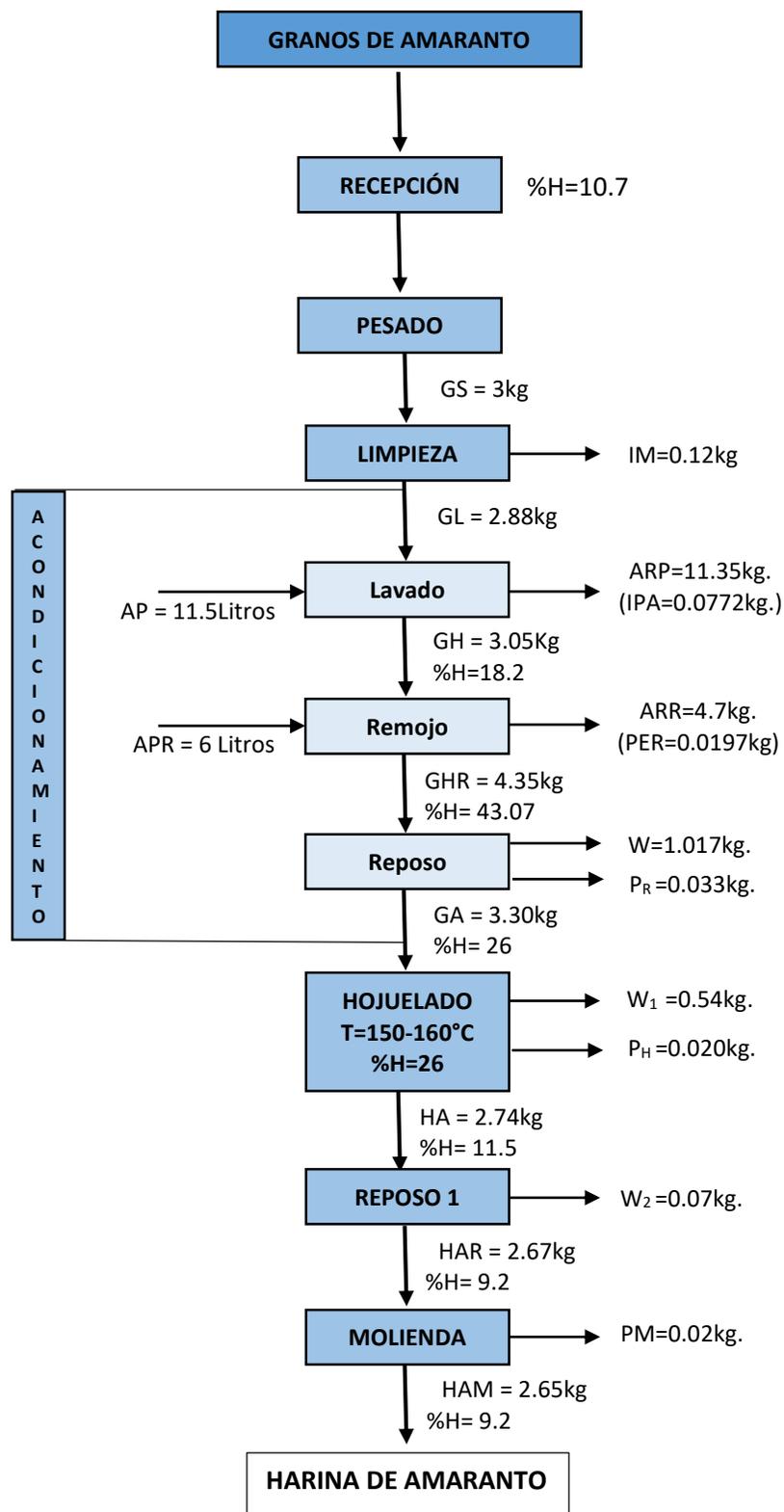
$$\eta = \frac{2.65\text{kg}}{3\text{kg}} * 100$$

$$\eta = 88\%$$

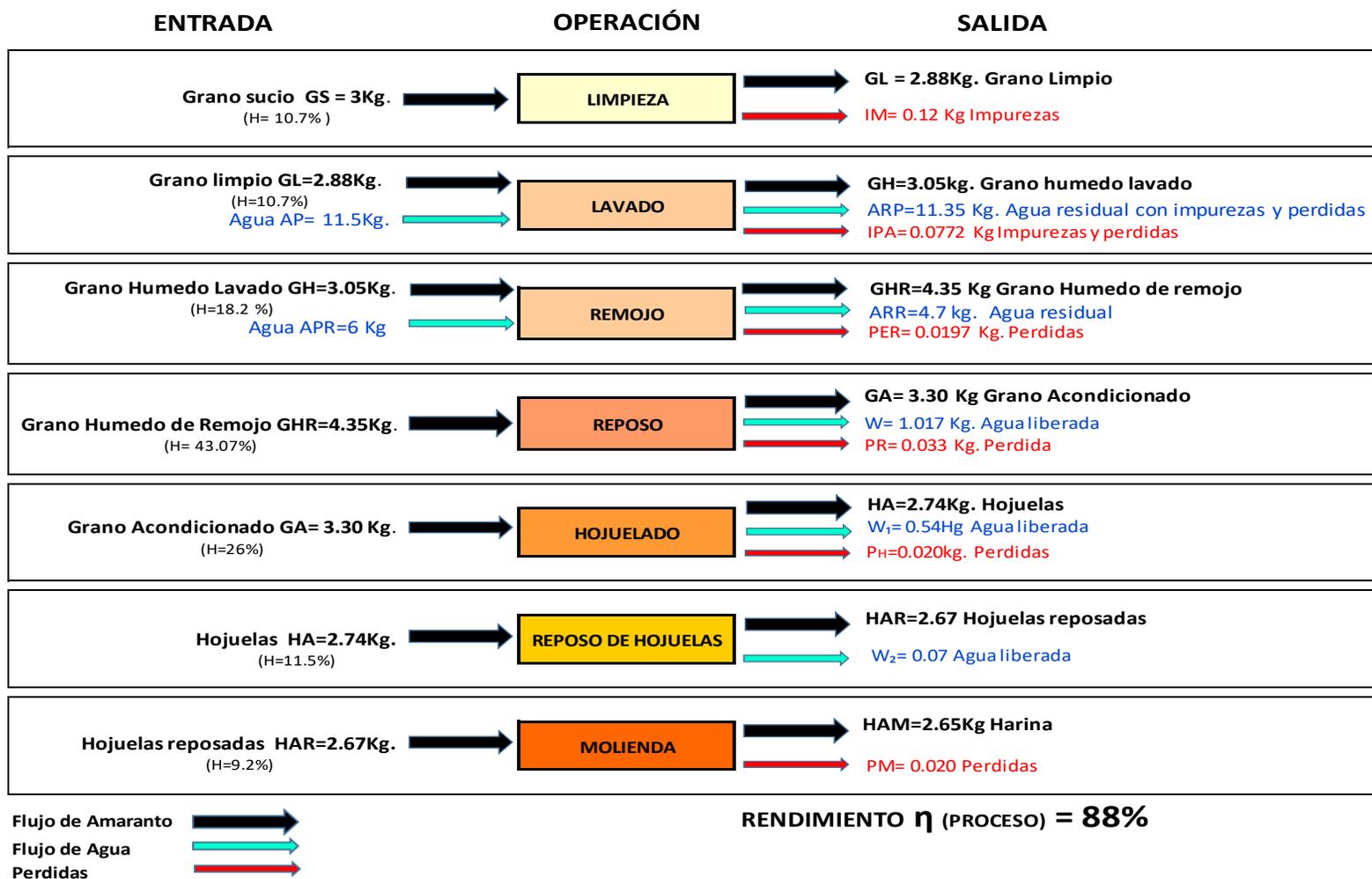
3.7.1.1.7 RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE AMARANTO

Los resultados del balance de materia para la obtención de la harina de amaranto se muestran en el siguiente diagrama y el cuadro respectivamente.

Diagrama III-2 Diagrama de bloques con los resultados del balance de materia para la obtención de la harina de amaranto



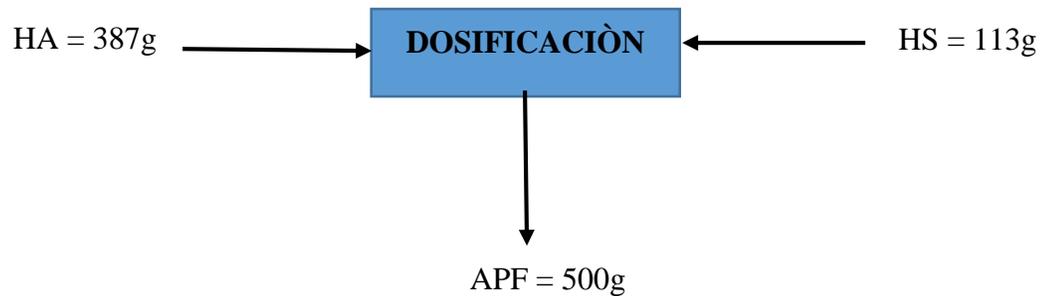
Cuadro III-1 Resultados del balance de materia para la obtención de la harina de amaranto.



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.2 BALANCE DE MATERIA PARA OBTENER 500 GRAMOS DE ALIMENTO EN POLVO CON ALTO CONTENIDO EN FIBRA DIETETICA A PARTIR DE HARINA DE AMARANTO Y SALVADO DE AVENA

Considerando los datos de la tabla III-22 para la formulación óptima del alimento en polvo para un envase de 500 gramos el balance de materia es el siguiente:



Balance general de masa en la dosificación del alimento en polvo

$$APF = HA + HS \quad \text{Ec. III- 19}$$

Remplazando datos en Ec. III- 19

$$APF = HA + HS$$

$$APF = 387g + 113g$$

$$APF = 500g$$

Donde:

APF = Alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética.

HA = Harina de amaranto.

HS = Harina de salvado de avena.

3.7.2 BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía para el proceso de obtención de la harina de amaranto se llevó a cabo en las operaciones de limpieza de los granos, reposo de los granos, hojuelado y molienda.

3.7.2.1 BALANCE DE ENERGÍA EN LA LIMPIEZA DE LOS GRANOS

Cálculo de la energía eléctrica consumida por el ventilador de pie

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida por el ventilador de pie en la limpieza de los granos se procedió a leer sus datos (ver especificaciones técnicas del ventilador de pie) donde la potencia del motor es de 50W y el equipo se utilizó por 1 hora.

Entonces, como:

$$\text{Energía eléctrica (Ee)} = \text{Potencia(P)} * \text{tiempo (t)} \quad \text{Ec. III-18}$$

Convirtiendo la potencia 50W = 0.05kW

Remplazando datos en Ec. III-18

$$Ee = 0.05kW * 1h$$

$$Ee = 0.05kW h$$

3.7.2.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL REPOSO DE LOS GRANOS

Cálculo de la energía eléctrica consumida por el ventilador de pie

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida por el ventilador de pie se procedió a leer sus datos (ver especificaciones técnicas) donde la potencia del motor es de 50W y el equipo se utilizó por 4 horas.

Entonces, como:

$$\text{Energía eléctrica (Ee)} = \text{Potencia(P)} * \text{tiempo (t)} \quad \text{Ec. III-18}$$

Convirtiendo la potencia 50W = 0.05kW

Remplazando datos en Ec. III-18

$$E_e = 0.05\text{kW} * 4\text{h}$$

$$E_e = 0.20\text{kW h}$$

3.7.2.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL HOJUELADO

Calculo de la energía calórica entregada al hojuelador

Para el cálculo de la energía calórica entregada al hojuelador, se efectuó 3 pruebas experimentales con la finalidad de calcular la energía consumida por el hojuelador que es requerida para procesar un kilogramo de grano de amaranto acondicionado al 26% de humedad. considerando que el equipo es calentado con gas de garrafa (GLP), se procedió a pesar la garrafa en una balanza electrónica al principio y al final del proceso. Los datos obtenidos se muestran en la tabla III-27.

Tabla III-27 Consumo de gas en el hojuelador.

PRUEBA	P1(g)	P2 (g)	G(g)	t (min)	m(kg)
1	22000	21503	497	43	1
2	21503	20998	505	41	1
3	20998	20505	493	47	1
PROMEDIO			498.3	43.7	1

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

P1= Peso de garrafa antes de iniciar el proceso.

P2= Peso de garrafa después de procesar un kilogramo de amaranto.

G= (**P1** – **P2**) Consumo de gas para calentar el equipo desde la temperatura ambiente (24°C) hasta temperatura de proceso (150 - 160°C) y procesar un kilogramo de grano de amaranto acondicionado al 26% de humedad.

t = Tiempo necesario para calentar el equipo y procesar un kilogramo de amaranto.

m= Cantidad de grano de amaranto procesado.

Se tiene como dato bibliográfico que el poder calorífico del GLP (gas licuado de petróleo) P_c es 11440kcal/kg

Convirtiendo P_c a kcal/g, se tiene:

$$P_c = 11440 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000\text{g}} = 11.44\text{kcal/g}$$

Se calcula la energía calorífica entregada al hojuelador tomando en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q = P_c * G \quad \text{Ec. III-19}$$

Remplazando datos en Ec. III- 19

$$Q = 11.44 \frac{\text{kcal}}{\text{g de gas}} * \frac{498.3 \text{ g de gas}}{1 \text{ kg de amaranto}}$$

$$Q = 5700.55 \frac{\text{kcal}}{\text{kg de amaranto}}$$

Por tanto, la energía calorífica entregada al hojuelador para procesar un kilogramo de amaranto acondicionado al 26 % de humedad es de 5700.55kcal.

Con este dato de determino la energía calorífica entregada al hojuelador para procesar 3.30kg de amaranto acondicionado al 26% de humedad.

$$Q = 5700.55 \frac{\text{kcal}}{\text{kg de amaranto}} * 3.30 \text{ kg de amaranto}$$

$$Q = 18811.82\text{kcal.}$$

Cálculo de la energía aprovechada por el hojuelador

El equipo experimental hojuelador consta de 2 rodillos lisos y huecos que tienen un quemador de gas situado en el centro de cada rodillo.

Cada rodillo tiene 40cm de largo (ver especificaciones técnicas del equipo experimental hojuelador de rodillos lisos).

Debido a que solo una porción (15cm) del largo total de cada rodillo entra en contacto real con el grano de amaranto acondicionado entonces se genera pérdidas por transferencia que se disipan al ambiente.

Por tanto:

- El (LT) largo total de los 2 rodillos es = 80cm
- La (LP) longitud total de los dos rodillos que realmente entran en contacto con el grano de amaranto es = 30cm.

Entonces:

La energía calórica aprovechada por la superficie de los 2 rodillos es:

$$Q \text{ aprovechado} = Q \text{ suministrado} * \frac{LP}{LT} \quad \text{Ec. III-20}$$

$$Q \text{ aprovechado} = 18811.82\text{kcal} * \frac{30 \text{ cm}}{80 \text{ cm}}$$

$$Q \text{ aprovechado} = 7054.43\text{kcal}.$$

Cálculo del rendimiento de energía calórica en el hojuelado

Para calcular el rendimiento de energía calórica en el hojuelado se utilizó la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{Q \text{ aprovechado}}{Q \text{ entregado}} * 100 \quad \text{Ec. III-21}$$

$$\eta = \frac{7054.43\text{kcal}}{18811.82\text{kcal}} * 100$$

$$\eta = 37.5 \%$$

Cálculo de la energía eléctrica consumida por el hojuelador

Para el cálculo de la energía eléctrica se procedió a leer los datos de la placa del motor del hojuelador (ver especificaciones técnicas), donde la potencia del motor es 1.10 KW.

Entonces, como:

$$\text{Energía eléctrica (Ee)} = \text{Potencia(P)} * \text{tiempo (t)} \quad \text{Ec. III-18}$$

$$\text{De la tabla III-26 se tiene que el tiempo es } t = 43.7 \text{ min} * \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 0.73\text{h}$$

Remplazando datos en Ec. III-19

$$E_e = 1.10\text{kW} * 0.73\text{h}$$

$$E_e = 0.803 \frac{\text{kW h}}{\text{kg de amaranto}}$$

Por tanto, la energía eléctrica requerida para procesar un kilogramo de amaranto acondicionado al 26 % de humedad es de 0.803kWh.

Con este dato de determinó la energía eléctrica necesaria para procesar 3.30kg de amaranto acondicionado al 26 % de humedad.

$$E_e = 0.803 \frac{\text{kWh}}{\text{kg de amaranto}} * 3.30 \text{ kg de amaranto}$$

$$E_e = 2.65\text{kW h}$$

3.7. 2.4 BALANCE DE ENERGÍA EN LA MOLIENDA

Cálculo de la energía eléctrica consumida por el molino de martillos

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida por el molino de martillos se procedió a leer sus datos (ver especificaciones técnicas) donde la potencia del motor es de 700W y el equipo se utilizó por 30 minutos.

Entonces, como:

$$\text{Energía eléctrica (Ee)} = \text{Potencia(P)} * \text{tiempo (t)} \quad \text{Ec. III-18}$$

Convirtiendo la potencia 700W = 0.7kW y el tiempo 30min = 0.5 h

Remplazando datos en Ec. III-19

$$E_e = 0.7\text{kW} * 0.5\text{h}$$

$$E_e = 0.35\text{kW h}$$

3.7.2.5 RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE AMARANTO

Los resultados del balance de energía para la obtención de la harina de amaranto se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro III.2 Resultados del balance de energía para la obtención de la harina de amaranto.

OPERACIÓN	EQUIPO	RESULTADO
Limpieza de los granos	Ventilador de pie	Consumo energía eléctrica = 0.05kW h
Reposo de granos	Ventilador de pie	Consumo energía eléctrica = 0.20kW h.
Hojuelado	Equipo experimental hojuelador de rodillos lisos	<ul style="list-style-type: none"> • Energía calórica entregada = 18811.82kcal • Energía calórica aprovechada = 7054.43kcal. • Rendimiento energía calórica = 37.5%. • Consumo energía eléctrica = 2.65kW h.
Molienda	Molino de martillos	Consumo energía eléctrica = 0.35kW h.

Fuente: Elaboración propia.

3.8 DISCUSIÓN DE LAS OPERACIONES REALIZADAS PARA OBTENER EL ALIMENTO EN POLVO

3.8.1 RECEPCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS GRANOS DE AMARANTO

Los granos de amaranto que se recepcionaron para el procesamiento, tenían bastantes impurezas como ser: polvo, arena, piedras e inflorescencias estas últimas en mayor cantidad. Una de las debilidades de este cultivo es que la cosecha y la trilla se realizan de forma rudimentaria, razón por la cual fue necesario realizar la limpieza de los granos; esta operación fue bastante laboriosa porque se venteó y clasificó los granos varias veces; en esta operación se obtuvo 0.12kg de impurezas que representa el 4% con respecto a la cantidad que ingresa al proceso.

3.8.2 ACONDICIONAMIENTO DE LOS GRANOS DE AMARANTO

Durante el acondicionamiento (lavado, remojo y reposo) de los granos de amaranto se tuvo una pérdida total de 0.13kg, debido a que el grano es tan pequeño y escurridizo

que se dispersa fácilmente y cuando ya está húmedo se pega a cualquier superficie con la que entra en contacto dificultando su manejo.

3.8.3 HOJUELADO DE LOS GRANOS DE AMARANTO

De acuerdo con la bibliografía las condiciones óptimas para realizar el hojuelado son:

- Humedad del grano (H) = $26 \pm 0.2\%$
- Temperatura en la superficie de los rodillos (T) = $175 \pm 3^\circ\text{C}$

Sin embargo, durante la experimentación se pudo constatar que a esta temperatura las hojuelas se quemaban mucho, por esta razón se disminuyó la temperatura de proceso entre 155 a 160°C manteniendo la humedad del grano al 26%. Las pérdidas durante esta operación fueron de 0.020kg con respecto a la cantidad que ingresa al hojuelador.

3.8.4 MOLIENDA DE LAS HOJUELAS

Durante la molienda se pudo observar que después de cierto tiempo de funcionamiento, el molino empieza a calentar provocando adherencia de harina al interior del molino, razón por la cual se tuvo que moler en ciertos intervalos de tiempo para evitar alteraciones en las propiedades de la harina. Las pérdidas durante esta operación fueron de 0.020kg con respecto a la cantidad que ingresa al molino.

3.8.5 DOSIFICACIÓN MEZCLADO Y ENVASADO DEL ALIMENTO EN POLVO

La dosificación de la harina de amaranto y la harina de salvado de avena se realizó utilizando la formulación óptima del alimento en polvo.

Durante la elaboración del alimento en polvo, no se consideró pérdidas por ser insignificantes, asimismo no se realizó el balance de energía porque la balanza digital y la termo selladora se utilizaron por corto tiempo.

3.8.6 EVALUCIÓN DEL RENDIMIENTO TOTAL

El rendimiento total del proceso de obtención de la harina de amaranto fue del 88% considerando que de 3kg de granos de amaranto se obtuvo 2.65kg de harina de

amaranto, la pérdida total fue de 0.35kg procedentes principalmente de las operaciones de limpieza y acondicionamiento.

3.9 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se realizó para: Obtener harina de amaranto, elaborar el alimento en polvo y realizar la investigación y presentación del proyecto.

3.9.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA OBTENER HARINA DE AMARANTO

3.9.1.1 Costo de materia prima

Tabla III-28 Costo de materia prima para obtener harina de amaranto.

ITEM	COMPONENTE	CANTIDAD (kg)	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Grano sucio de amaranto	3	8	24
Costo total de materia prima CT_{MP}				24

Fuente: Elaboracion propia.

- El costo total de materia prima es: $CT_{MP} = 24Bs$.

3.9.1.2 Costo de agua potable

Tabla III-29 Costo de agua potable para obtener harina de amaranto.

ITEM	OPERACIÓN	CONSUMO	UNIDAD
1	Lavado de granos	11.5	litros
2	Remojo de granos	6	litros
3	Lavado de equipos, materiales y utensilios.	15	litros
Consumo total de agua potable = 32.5 litros			

Fuente: Elaboración propia.

La tarifa que cobra COSAALT por m^3 de agua consumida es de 0.73Bs

Entonces:

Convirtiendo el consumo total de agua potable de litros a m^3 , se tiene:

$$32.5 \text{ litros} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ litros}} = 0.0325\text{m}^3$$

Ahora, el costo total por consumo de agua potable es:

$$CT_{AP} = 0.0325\text{m}^3 * \frac{0.73 \text{ Bs}}{1\text{m}^3}$$

- **CT_{AP} = 0.024Bs.**

3.9.1.3 Costo de energía eléctrica

Tabla III-30 Costo de energía eléctrica para obtener harina de amaranto.

ITEM	OPERACIÓN	EQUIPO	CONSUMO	UNIDAD
1	Limpieza de granos	Ventilador de mesa	0.05	kW h
2	Reposo de granos	Ventilador de mesa	0.20	kW h
3	Hojuelado	Hojuelador de rodillos lisos	2.65	kW h
4	Molienda	Molino de martillos	0.35	kW h
Consumo total de energía eléctrica = 3.25 kW h				

Fuente: Elaboración propia.

La tarifa que cobra SETAR por kW h de energía eléctrica consumida es de 0.80Bs

Entonces:

El costo total por consumo de energía eléctrica es:

$$CT_{EE} = 3.25 \text{ kW h} * \frac{0.80 \text{ Bs}}{1\text{kW h}}$$

- **CT_{EE} = 2.6Bs.**

3.9.1.4 Costo de gas GLP

El consumo de gas GLP para calentar el hojuelador desde la T ambiente (24°C) hasta la T de proceso (150-160°C) y procesar 3.30kg de grano de amaranto acondicionado al 26% de humedad fue de 1.3kg.

Entonces:

El costo total de gas GLP es:

$$CT_{GLP} = 1,3\text{kg GLP} * \frac{22.5 \text{ Bs}}{10\text{kg GLP}}$$

- **CT_{GLP} = 2.92Bs.**

3.9.1.5 Costo de mano de obra

Se considera un día completo de trabajo de un operario con el salario mínimo nacional (2200Bs) al mes.

Entonces: 1 mes trabajado tiene 30 días, por tanto, el costo de mano de obra es:

$$CT_{MO} = 1 \text{ día} * \frac{2200Bs}{30 \text{ días}}$$

- $CT_{MO} = 73.3Bs.$

3.9.1.6 Costo de limpieza y servicios auxiliares

Tabla III-31 Costo de limpieza y servicios auxiliares para obtener harina de amaranto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (Bs)
1	Limpieza (Detergente, cloro, escoba, trapeador esponja, etc.)	3
2	Servicios auxiliares (Bolsas de polietileno de alta densidad, guantes, barbijos, encendedor, etc.)	3
Costo total de limpieza y servicios auxiliares CT_{LSA}		6

Fuente: Elaboración propia.

3.9.1.7 COSTO TOTAL

Tabla III-32 Costo total para obtener harina de amaranto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (Bs)
1	Costo total de materia prima CT_{MP}	24
2	Costo total de agua potable CT_{AP}	0.024
3	Costo total de energía eléctrica CT_{EE}	2.6
4	Costo total de gas GLP CT_{GLP}	2.92
5	Costo de mano de obra CT_{MO}	73.3
6	Costo total de limpieza y servicios auxiliares CT_{LSA}	6
TOTAL		108.80

Fuente: Elaboración propia.

El costo total para procesar 3kg de grano de amaranto sucio y obtener 2.65kg de harina de amaranto es de 108.89Bs.

Entonces:

El costo total para producir 1 kilogramo de harina de amaranto es:

$$CT_{HA} = 1\text{kg Harina A} * \frac{108.89\text{Bs}}{2.65\text{kg Harina A}}$$

$$CT_{HA} = 41\text{Bs.}$$

El costo total de producción para obtener 1kilogramo de harina de amaranto es de 41Bs.

3.9.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA ELABORAR EL ALIMENTO EN POLVO

El costo de producción para elaborar 500 gramos de alimento en polvo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III-33 Costo de producción para elaborar 500 gramos de alimento en polvo.

ITEM	COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Harina de amaranto	0.387kg	41	15.9
2	Harina de salvado de avena	0.113kg	30	3.4
3	Envase	1UND	0.5	0.5
TOTAL				19.8

Fuente: Elaboración propia.

El costo total de producción para elaborar 500 gramos de alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética es de 20Bs.

3.9.3 COSTOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

3.9.3.1 Costo de materia prima

Tabla III-34 Costo de materia prima para realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Grano de amaranto sucio	3kg	8	24
2	Harina de salvado de avena	1kg	30	30
Costo total de materia prima = 54Bs				

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3.2 Costo de servicios básicos

Tabla III-35 Costo de servicios básicos para realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Energía eléctrica	3.2kW h	0.80	2.56
2	Agua potable	0.0325kW h	0.73	0.024
3	Garrafa GLP	10kg	2.25	22.50
Costo total servicios básicos = 25.08Bs				

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3.3 Costo de materiales adquiridos

Tabla III-36 Costo de materiales adquiridos para realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Termómetro de alcohol	1	40	40
2	Guantes de látex	10	1	10
3	Barbijos	7	1	7
4	Papel sábana	7 pliegues	1	7
5	Bolsas de polietileno de alta densidad	30	0.30	10
6	Lija de agua # 400	1 lámina	2.50	2.50
7	Detergente lavavajillas	1 bote	5	5
8	Esponjas	2	0.75	1.50
9	Encendedor	1	1	1
Costo total de materiales adquiridos = 84Bs				

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3.4 Costo de materiales de escritorio y otros

Tabla III-37 Costo de materiales de escritorio y otros para realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Investigación en internet	180 horas	1.50	270
2	Transporte	60 días	2	120
3	Impresión y hojas	1000	0.50	500
4	Anillado	3	13	39
5	Empastado	3	70	210
6	Honorarios del investigador	75 días	73.3	5500
Costo total de materiales de escritorio y otros es = 6639Bs				

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3.5 Costo de análisis de laboratorio

Tabla III-38 Costo de análisis de laboratorio para realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	ANÁLISIS	COSTO TOTAL (Bs)
1	Grano de amaranto	Fisicoquímico	126
2	Harina de amaranto	Fisicoquímico	126
	Harina de salvado de avena	Fisicoquímico	126
3	Alimento en polvo 1	Fibra dietética	200
	Alimento en polvo 1 (replica)	Fibra dietética	200
4	Alimento en polvo 2	Fibra dietética	200
	Alimento en polvo 2 (replica)	Fibra dietética	200
5	Alimento en polvo 3	Fibra dietética	200
	Alimento en polvo 3 (replica)	Fibra dietética	200
6	Alimento en polvo 4	Fibra dietética	200
	Alimento en polvo 4 (replica)	Fibra dietética	200
7	Alimento en polvo con mejor formulación	Fisicoquímico Microbiológico	126 90
Costo total de análisis de laboratorio es = 2194Bs			

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3.6 COSTO TOTAL

Tabla III-39 Costo total para la realizar el proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (Bs)
1	Costo de materia prima	54
2	Costo de servicios básicos	25.08
3	Costo de materiales adquiridos	84
4	Costo de materiales de escritorio y otros	6639
5	Costo de análisis de laboratorio	2194
TOTAL		8996

Fuente: Elaboración propia.

El costo total para realizar la investigación y presentación del proyecto de grado es de 8996Bs.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado la investigación de la elaboración de un “Alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética a base de amaranto y salvado de avena”, se plantea las siguientes conclusiones:

- Los resultados de la caracterización física y fisicoquímica de las materias primas (granos de amaranto, harina de amaranto y harina de salvado de avena) efectuados en el LOU y CEANID respectivamente son:

Granos de amaranto. - Propiedades físicas: Tamaño del grano (diámetro): 1.21mm, Peso de 100 granos: 0.10g, Forma del grano: redonda – lenticular, Color predominante: crema, Sabor: característico, Olor: característico. **Propiedades fisicoquímicas:** Valor energético: 226.33kcal/100g, Humedad: 9.11%, Proteína total (Nx6,25): 14.22%. Grasa: 7.33%, Hidratos de carbono: 25.87%, Ceniza: 2.49%, Fibra cruda: 3.72%.

Harina de amaranto. - Propiedades físicas: Tamaño de partícula: 0,25mm (54% retenido), Apariencia: polvo textura fina, Color predominante: beige claro, Sabor y olor: amaranto tostado. **Propiedades fisicoquímicas:** Valor energético: 360.7 kcal/100g, Humedad: 13.79%, Proteína total (Nx6.25): 12.8%, Grasa: 6.06%, Hidratos de carbono: 63.74%, Ceniza: 2.37%, Fibra cruda: 1.24%.

Harina de salvado de avena. - Propiedades físicas: Tamaño de partícula: 0.25mm (73% retenido), Apariencia: polvo textura fina, Color predominante: beige oscuro, Sabor y olor: avena tostada. **Propiedades fisicoquímicas:** Valor energético: 389.14%, Humedad: 2.02%, Proteína total (Nx6,25): 10.36%, Grasa: 6.42%, Hidratos de carbono: 72.48%, Ceniza: 3.54%, Fibra cruda: 5.18%.

- Del diseño experimental se concluye que: La cantidad de amaranto y la interacción de la cantidad de amaranto y salvado de avena, influyen significativamente en la cantidad de fibra dietética del alimento en polvo, para un límite de confianza del 95%. El mejor tratamiento fue el número 4, donde se utilizò 85 gramos de harina de amaranto y 25 gramos de harina

de salvado de avena para obtener 110 gramos de alimento en polvo ya que en este tratamiento se ha obtenido la mayor cantidad de fibra dietética con una cantidad promedio de 7.35 gramos. Por tanto el alimento obtenido con este tratamiento puede ser considerado con alto contenido en fibra dietética de acuerdo a la norma NB- 314002.

- En la evaluación sensorial, la muestra N°4 (Alimento en polvo con dosificación 4) obtuvo mayor puntuación en 3 de los 4 atributos evaluados estos son: color, sabor y textura quedando como la seleccionada y más aceptada. En función a los promedios obtenidos en la escala hedónica, este alimento en polvo tiene las siguientes características: Olor (3.4) resulta indiferente, color (3.8) agrada moderadamente, sabor (4) agrada moderadamente y textura (3.9) agrada moderadamente. Por otro lado, la muestra N° 8 que es la aplicación de la muestra 4 también obtuvo una buena aceptación en la evaluación sensorial obteniendo el segundo mejor puntaje total de los atributos evaluados.
- La formulación óptima del alimento en polvo en función a la dosificación seleccionada en el diseño experimental y la evaluación sensorial expresado en porcentaje es: Harina de amaranto 77.3% y harina de salvado de avena 22.7%.
- Los resultados de la caracterización física, fisicoquímica y microbiológica del alimento en polvo, efectuados en el LOU y CEANID respectivamente son: **Propiedades físicas:** Tamaño de partícula: 0.25mm (64% retenido), Olor: resulta indiferente, Color: agrada moderadamente, Sabor: agrada moderadamente, Textura: agrada moderadamente. **Propiedades fisicoquímicas:** Valor energético: 366.04kcal/100g, Humedad: 11.71%, Proteína total (Nx6.25): 12.39%, Grasa: 6.00%, Hidratos de carbono: 65.62%, Ceniza: 2.55%, Fibra cruda: 1.73% FIBRA DIETÉTICA: 7.35g /100g, Fósforo: 289.9mg/100g. **Propiedades microbiológicas:** Coliformes totales: $< 1.0 \times 10^1$ UFC/g, Coliformes fecales: $< 1.0 \times 10^1$ UFC/g, Mohos y levaduras: 1.2×10^2 UFC/g.

- De acuerdo al balance de materia y energía, el rendimiento total del proceso de obtención de la harina de amaranto fue del 88% considerando que de 3kg de granos de amaranto se obtuvo 2.65kg de harina de amaranto. Para la elaboración del alimento en polvo no se consideró pérdidas por ser insignificantes.
- Respecto al análisis de costos: El costo total de producción para obtener 1kilogramo de harina de amaranto fue de 41Bs. El costo total de producción para elaborar 500 gramos de alimento en polvo con alto contenido en fibra dietética fue de 20Bs. El costo total para realizar la investigación y presentación del proyecto de grado fue de 8996Bs.

4.2 RECOMENDACIONES

- Al tratarse de un alimento en polvo precocido se recomienda realizar un estudio del tiempo de vida útil.
- Por ser el amaranto un excelente alimento funcional y nutracéutico se recomienda, elaborar nuevos productos a base de amaranto utilizando harinas compuestas con cultivos regionales.
- Habilitar en el laboratorio de operaciones unitarias mayor equipamiento para el procesamiento de este tipo de alimentos en polvo.