

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Definición de café

El café es una bebida de carácter universal que se consume en todos los países del mundo. Sin embargo, el café como grano, es una semilla que procede del árbol o arbusto del cafeto, una rubiácea que crece en climas cálidos y cuyo cultivo se extiende a tiempos relativamente próximos. (SciELO CAFE, 2005)

1.2. Etimología de café

El café es originario de Etiopía (antiguamente Abisinia) y del Sudán y se extendió a otras partes del mundo pasando por Arabia. En la actualidad dos tercios de todo el café se cultivan en América Latina donde llegó vía Europa en el siglo XVIII. De las numerosas especies de cafeto, sólo tres son de importancia comercial, pero dos solamente se utilizan ampliamente, Coffea arábica es la que más se cultiva y tiene la mayor demanda, crece en tierras altas, entre mil y dos mil metros. C. robusta es una variedad más resistente que se cultiva a menor altura y lluvia; es importante en la preparación de mezclas y es utilizada para elaborar café instantáneo. C. liberica es también resistente y de tierras bajas.

Algunos cafetos tienen un rendimiento de 0.9 a 1.3 kg (2 a 3 lb) aunque se considera como promedio anual 0.45 kg (1lb). La cosecha del café es una actividad que ocupa una mano de obra numerosa y calificada. La cosecha mecánica es relativamente reciente y se realiza en grandes plantaciones, después se tienen que separar las cerezas maduras de las no maduras para lo cual se han diseñado métodos ópticos.

(CIMAT, 2022)

En la campaña 2020/2021, la producción mundial de café alcanzaría los 175.4 millones de sacos (de 60 kilos cada saco), representando un incremento de 4.1% frente a los 168.5 millones de sacos producidos en la campaña anterior (2019/2020). Este crecimiento se explicaría por el aumento de la producción de café arábica. (José Carlos León Carrasco , 2021)

El incremento sería explicado por la participación creciente del primer productor mundial de café arábico, Brasil, que gracias a las buenas condiciones climáticas que se espera en la mayoría de las regiones cafeteras del país, apoyado en el buen cuajado de los frutos, su desarrollo y llenado, y con altos rendimientos, cuyas áreas productoras se encuentran en el nuevo ciclo de producción bienal (producción alta), se estima que acumulará un volumen de 47.8 millones de sacos, es decir 5.8 millones de sacos adicionales respecto a la campaña anterior. (José Carlos León Carrasco , 2021)

Vietnam es el principal productor mundial de café robusta con el 38% del total, esto es, 28 millones de sacos, con el ajuste a la baja realizado a la producción de Vietnam respecto a junio pasado (29.2 millones de sacos). Esta disminución de los estimados explicaría la caída de la producción mundial de este tipo de grano. (José Carlos León Carrasco , 2021)

TABLA I-1 Principales productores de café en el mundo

Principales productores de café del mundo en la campaña 2020/2021		
Puesto	País	Producción (en millones de sacos)
1	Brasil	67,9
2	Vietnam	30,2
3	Colombia	14,1
4	Indonesia	10,3
5	Etiopía	7,5
6	Honduras	6,12
7	India	5,31
8	Uganda	4,8
9	Perú	4,45
10	México	3,9

Fuente: (José Carlos León Carrasco , 2021)

1.3. Cafeína

La cafeína es un antioxidante alcaloide del grupo de las xantinas, sólido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, estimulante del sistema nervioso central, por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina. (Cafeína2, 2023)

La cafeína recibe también otros nombres (guaranina, teína, mateína) La denominada guaranina de la guaraná, y la teína del té, son en realidad la misma molécula de cafeína, hecho que se ha confirmado en análisis de laboratorio. (Cafeína2, 2023)

El contenido de cafeína en el café varía dependiendo del tipo de grano de café y el método de preparación usados; incluso los granos que se encuentran en un mismo arbusto pueden presentar variaciones en la concentración, el café tostado tiene menos cafeína que el café claro porque el proceso de tostado reduce el contenido de cafeína del grano. (Cafeína2, 2023)

1.4. Composición química del café

La composición química de los granos de café es extremadamente compleja, se han identificado más de 300 constituyentes; a causa de esta complejidad se desconoce en gran parte la base química del sabor y el aroma del café. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

TABLA I-2 Composición química porcentual (%) del café verde y tostado, en base seca

Compuestos	Granos verdes	Granos tostados
Proteínas	13	11
Azúcares	10	1
Almidón y Dextrinas	10	12
Polisacáridos complejos	40	46
Aceite	13	15

Minerales*	4	5
Ácido Clorogénico	7	5
Trigonelina	1	1
Fenoles	0	2
Cafeína (en Coffea Arábica)	1	1,3

Fuente: (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

1.5. Tipos de Café

De acuerdo a las exigencias y gustos del consumidor, en el mercado existe muchas opciones a la hora de adquirir un café como:

- **Café en grano:** Se encuentra en el mercado café en grano, donde implica que la molienda se debe de realizar manualmente por el comprador, este café posee un sabor más intenso y fresco. (Infocafé, 2006)
- **Café molido:** Es la opción intermedia y la más popular, el cual posee partículas uniformes en calidad y tamaño. Después del molido se envasa herméticamente al vacío para conservar su aroma el máximo posible. (Infocafé, 2006)
- **Café soluble o instantáneo:** Este tipo de café posee una gran ventaja, es la rapidez de preparación. El café soluble se obtiene por medio de la deshidratación del café para lo que existen dos técnicas:
 - La primera y la más antigua, utiliza la evaporación mediante calor.
 - La segunda consiste en utilizar el frío y el resultado es el denominado café liofilizado.
- **Café descafeinado:** La descafeinada conserva el aroma, sabor y el resto de las propiedades del café, debido a que el aroma y sabor no tienen relación con la cafeína sino con los aceites esenciales. Para descafeinar el café se tratan los granos verdes con vapor de agua hasta alcanzar una humedad de 40 % y a

continuación se extrae la cafeína con algún agente descafeinante como disolventes orgánicos o clorados, después de ello se someten los granos de nuevo a un proceso de vaporización para eliminar los posibles restos de los agentes descafeinantes y finalmente se procede al secado mediante aire caliente y el resto de procesos al que se somete un café sin descafeinar. (Infocafé, 2006)

1.6. Proceso de torrefacción del café

La torrefacción es la operación en la cual son formados, bajo la acción del calor, los principios aromáticos que no existen previamente, en su mayoría, en la semilla del café. Consiste en calentar los granos a una temperatura que provoque modificaciones químicas, físicas y físico-químicas que hace que de éstos se pueda obtener una infusión cuyas cualidades sean satisfactorias. (Miguel F. Monroig Inglés, 2018)

1.7. Operaciones preliminares a la torrefacción del café

Se mencionan las operaciones de mayor relevancia preliminares al tostado.

1.8. Limpieza

Esta incluye el eliminar materias extrañas mezcladas con los granos como fragmentos de cáscara o pergamino, piedras, polvo, clavos, etc. La misma puede efectuarse mediante el desempolvado, despedrado y con la separación magnética de metales. Existen equipos para estos propósitos tales como: separadores neumáticos, tamices vibrantes (zarandas) e imanes. (Miguel F. Monroig Inglés, 2018)

1.9. Mezclas de café

Puede hacerse antes o después del tueste. Puede realizarse con mezcladores mecánicos. Se considera que las calidades superiores les imparten a las inferiores su aroma mejorando la calidad del conjunto de la mezcla. (Miguel F. Monroig Inglés, 2018).

Cambios que ocurren en el café a distintos grados de calor durante el tostado

TABLA I-3 Cambios en el café durante el tostado

Temperatura	Cambio
100°C (212°F)	Coloración verde a amarilla, olor a pan tostado y desprendimiento de vapor de agua.
120-130°C (248-266°F)	Coloración castaña que pasa de pardo claro a oscuro.
150°C (302°F)	Despide olor a semillas tostadas sin apreciarse el aroma característico.
180-270 °C (356-518 °F)	El aroma característico del café comienza a desarrollarse. Desprendimiento de CO y CO ₂ . Los gases de combustión aparecen en volutas color blanco azuladas. Los granos adquieren una coloración color marrón y el volumen aumenta
270°C (518°F)	El desprendimiento del humo aumenta, los granos se ennegrecen y pierden el brillo; el volumen deja de aumentar.
300 °C (572 °F)	Granos negros y desmenuzables bajo ligera presión, desaparece el aroma por completo. El café se carboniza

Fuente: (Miguel F. Monroig Inglés, 2018)

1.10. Medición del color de café

Diferentes fabricantes tuestan el café de modo diferente. Los exportadores deben saber qué tipo de tostado necesitan sus compradores. Las expresiones "claro, mediano y oscuro" significan cosas diferentes para personas diferentes: son términos subjetivos.

La Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) ha preparado un sistema de puntos para clasificar el grado - el color - de diferentes tipos de tostado. El sistema consiste en ocho discos de color numerados con los cuales se compara una muestra de café finamente molido y tostado, generalmente aplastado sobre un disco Petri. De esta manera se asigna al tostado un número aproximado en la llamada Agtron Gourmet Scale, que va desde el N° 95 (el tostado más claro) a intervalos de 10 hasta el N° 25 (el tostado común más oscuro).

FIGURA I-1 Escala Agtron “Diferentes grados de tueste”

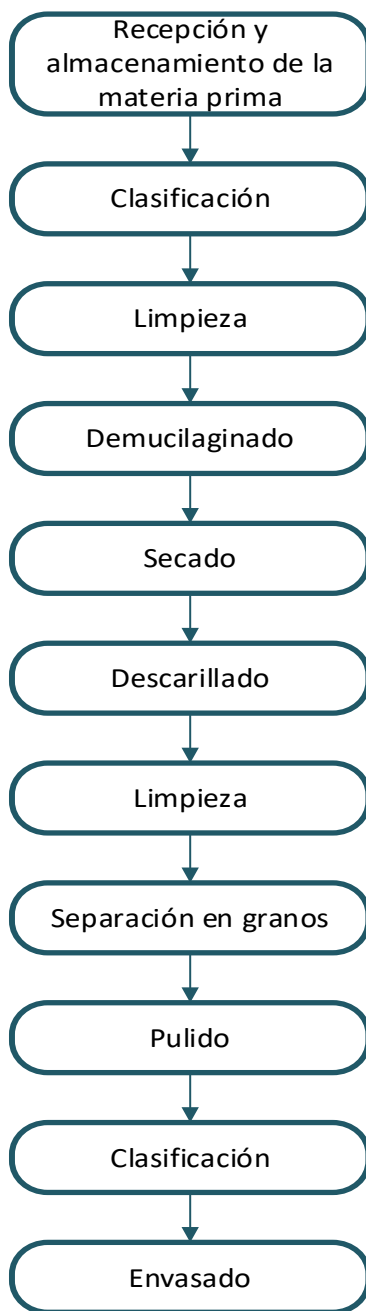


Fuente: (Sol Gonzales, 2018)

1.11. Proceso tecnológico para la obtención de café molido

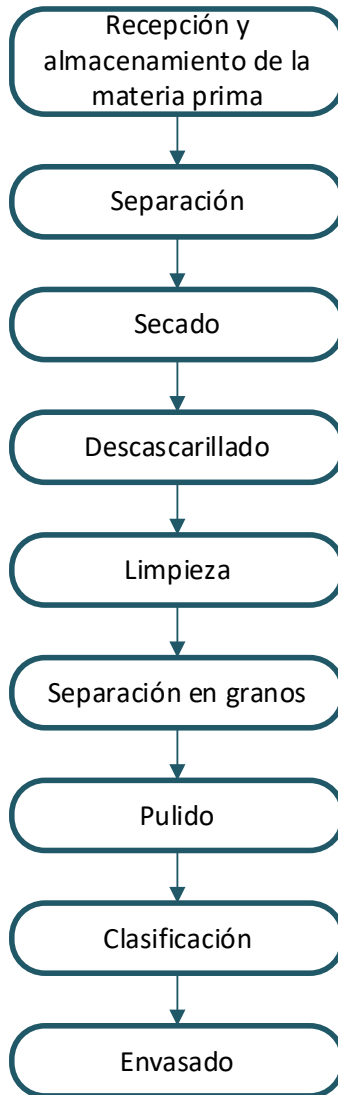
Se describe a continuación los procesos tecnológicos por el cual se realizan las operaciones de transformación de la materia prima para la obtención de café.

FIGURA I-2 Proceso húmedo para la elaboración de café



Fuente: (Sucden, 2025)

Figura I-3 Proceso seco para la elaboración de café



Fuente: (Sucden, 2025)

1.12. Operaciones unitarias efectuadas en el proceso

1.12.1. Tostado

El tostado es el paso más importante en el procesamiento del café, responsable de los cambios químicos, físicos, estructurales y organolépticos en el grano. (Tatiana Jimenez Ariza, 2011)

Durante este proceso los granos verdes y secos son sometidos a un tratamiento caracterizado por varias temperaturas aplicadas en fases sucesivas a lo largo del tiempo consignado, que determinará las características finales del producto. (Tatiana Jimenez Ariza, 2011)

El color es el parámetro más empleado para establecer el nivel de tostado del café, aspecto relevante en el momento de evaluar la calidad del producto final. Para la medición del color en el café existe instrumentación específica, colorímetros comerciales desarrollados exclusivamente para esta aplicación. (Tatiana Jimenez Ariza, 2011)

Con el tostado se consigue reducir en primer lugar el grado de humedad hasta un límite que impide la actividad biológica como ser el crecimiento y la respiración. También se modifica la condición química del grano adquirido, color, sabor y olor característico. (Giovana Rengifo Vasquez, 2017)

1.12.2. Control del tostado

Durante el doble proceso de desecación-tostación, que se adquiere para la obtención de un tipo de cereal tostado de condición uniforme, se debe vigilar y controlar la marcha del mismo, especialmente en lo que se refiere a la temperatura de los gases calientes del aire y el estado higrométrico del mismo.

1.13. Tipos de tostadores

Dentro del modelo clásico de tostadores se pueden distinguir 2 clases diferentes en función del sistema de caldeo utilizado, se describen a continuación:

1.13.1 Tostadores a fuego directo

En los tostadores de fuego directo, los gases de combustión penetran en la cámara de difusión donde se mezclan convenientemente con aire frío. Se efectúa en estos tostadores un mayor consumo de energía, debiéndose utilizar exclusivamente coque o antracita magra. (Giovana Rengifo Vasquez, 2017)

1.13.2. Tostadores a fuego calorífico

Los tostadores caloríficos son de mejor regulación en los que se puede controlar con mayor facilidad la marcha. La temperatura conveniente se alcanza mediante un caldeo racional donde el aire es dosificado mediante un conjunto de aireación provista de registros. (Giovana Rengifo Vasquez, 2017)

1.13.3. Reacciones durante el tueste

Captar las reacciones químicas durante el tostado es mucho más difícil que examinar los cambios físicos. Con la ayuda de métodos de medición extremadamente complejos, como la cromatografía de gases (GC) o la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), se pueden trazar las reacciones químicas, que hasta hoy todavía no han sido detalladas al completo.

1.13.4. Reacción de Maillard

La reacción de Maillard es un completo conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando estos se calientan, técnicamente la reacción de Maillard es la glicación no enzimática de las proteínas, es decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio químico de los aminoácidos que la constituyen. (Eidys Dolores Niño Linares, 2021)

La reacción de Maillard deriva en moléculas cíclicas y policíclicas, en el primer caso se podría nombrar como ejemplo a la unión de los azúcares monosacáridos a causa de la pérdida de una molécula de agua para formar un nuevo tipo de azúcar disacárido (azúcares dobles como podría ser la sacarosa, la maltosa, etc.), en el segundo caso serían proteínas de bajo peso molecular que inciden en la síntesis de otras proteínas. Algunas de estas reacciones son responsables de aportar a los alimentos cocinados sabor y aroma. (Eidys Dolores Niño Linares, 2021)

Finalmente, y dependiendo del grado de tostación deseado, puede haber un “segundo crack” y se presenta una reacción exotérmica (que libera calor). A partir de ese momento es necesario reducir la temperatura aplicada con agua o con aire frío para obtener exactamente el color y sabor deseados. Las reacciones químicas en el interior

del grano continúan por algún tiempo (horas o incluso días) después de que el grano ha salido del tostador, durante el cual el café tostado continúa emitiendo CO₂. Es por esta razón que las técnicas de empaque deberán tener en cuenta la liberación de dichos gases. (Fabian Vanegas, 2016)

Existen diversos niveles y técnicas de tostación que se adaptan a los gustos y preferencias de diferentes consumidores y mercados. Es así como en ciertos mercados como en Norte América y los países escandinavos prefieren niveles de tostación baja o media con los que se pueden experimentar en detalle las características de origen del grano, y en otros mercados como en la cuenca del Mediterráneo prefieren cafés con tostaciones altas en las que se siente más el carácter de la tostación en sí, con menor presencia de notas ácidas y florales de origen, pero mayor cuerpo. (Fabian Vanegas, 2016)

Hay varias maneras de cuantificar el grado de tostación de un café y una de las más aceptadas es la medición de color por método Agtron, que indica el grado de “reflectancia”, es decir que colores más claros tienen un mayor valor, desde colores alrededor de 60 para escandinavos, 45 para tostaciones intermedias tipo city, hasta colores de 25 a 30 para tostaciones profundas tipo italiana o francesa. (Fabian Vanegas, 2016)

Es evidente que cada grano y cada origen tiene atributos que contribuyen a la calidad final de la bebida, y que está también relacionada con el tipo de tostación que se le aplique. (Fabian Vanegas, 2016)

1.14. Molienda

La reducción de tamaño es la operación unitaria en la que el tamaño medio de los alimentos sólidos es reducido por la aplicación de fuerzas de impacto, compresión, cizalla (abrasión) y/o cortado. La compresión se usa para reducir sólidos duros a tamaños más o menos grandes. El impacto produce tamaños gruesos, medianos y finos, la frotación o cizalla, produce partículas finas y el cortado se usa para obtener tamaños prefijados. (Daniel E. Roberti , 2020)

Los objetivos de la reducción de tamaño son fundamentales en la industria por diversas razones:

- Facilita la extracción de un constituyente deseado que se encuentre dentro de la estructura del sólido, como la obtención de harina a partir de granos y jarabe a partir de la caña de azúcar. (Daniel E. Roberti , 2020)
- Se pueden obtener partículas de tamaño determinado cumpliendo con un requerimiento específico del alimento, como ejemplo la azúcar para helados, preparación de especias y refinado del chocolate. (Daniel E. Roberti , 2020)
- Aumento de la relación superficie-volumen incrementando, la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de un soluto deseado, etc. (Daniel E. Roberti , 2020)
- Si el tamaño de partículas de los productos a mezclarse es homogéneo y de tamaño más pequeño que el original, la mezcla se realiza más fácil y rápido, como sucede en la producción de formulaciones, sopas empaquetadas, mezclas dulces, entre otros. (Daniel E. Roberti , 2020)

Los aparatos para la reducción de tamaños utilizados más frecuentemente son:

- **Molino de rodillos**

En esta máquina dos o más rodillos pesados de acero giran uno hacia otro. Las partículas de la carga son atrapadas y arrastradas entre los rodillos, sufriendo una fuerza de compresión que las tritura. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

- **Molino de martillos**

La reducción de tamaño es producida principalmente por fuerzas de impacto, aunque si las condiciones de alimentación son obturantes las fuerzas de frotamiento pueden también tomar parte de la reducción de tamaño. Se utiliza extensamente en la industria de los alimentos para moler pimienta y especias, leche seca, azúcares, etc. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

- **Molinos de disco de frotamiento**

Los molinos que utilizan las fuerzas de frotamiento o cizalla para reducir el tamaño juegan un papel primordial en la molienda fina. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

Como la mayoría de la molienda que se lleva a cabo en la industria de los alimentos es para producir partículas de tamaño muy pequeño, esta clase de molinos encuentra una amplia aplicación. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

1.15. Tamizado

El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz. Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Un tamiz es una superficie conteniendo cierto número de aperturas de igual tamaño. Además de utilizarse para separar industrialmente los productos alimenticios en dos o más categorías de tamaño de partículas con fines de manufactura específicos, el tamizado se utiliza en el análisis de partículas para determinar el tamaño de las partículas y la distribución de tamaños de los productos pulverulentos. En la actualidad se utilizan varias series de tamices diferentes:

- Tyler Standard: es una serie muy utilizada que se basa en un tamiz de 200 mallas, teniendo hilos de 0,0021 pulgadas de diámetro y una apertura de tamiz de 0,0029 pulgadas. La relación entre las aperturas en tamices consecutivos $\sqrt{2}$. Para una separación más exacta de tamaños se pueden utilizar series de Tyler con un intervalo de tamiz de $\sqrt{2}$. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)
- British standard: es la serie de tamices basada en hilos que siguen la clasificación STANDARD WIRE GAUGE (S.W.G). Un tamiz de 200 mallas tendrá una apertura de tamiz de 0,0030 pulgadas y el intervalo de tamiz entre tamices vecinos es de $\sqrt{2}$. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

- U.S BUREAU OF STANDARD, serie basada en un tamiz de malla 18 con una apertura de 1,0 mm y un intervalo de tamiz de $\sqrt{2}$. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

1.16. Tipos de Tamices

Los tamices se construyen con placas metálicas perforadas, así como también con tejidos metálicos que suelen disponerse en ángulo hasta de 60 grados sexagesimales con la horizontal. Estos tamices se usan en las operaciones intermitentes de pequeña escala, tales como el cribado de la arena, grava o carbón, para lo cual se proyecta el material sobre el tamiz. (George Granger Brown, 1965)

➤ Tamices Vibratorios

Estos tamices se utilizan generalmente cuando se requiere gran capacidad y eficiencia elevada siendo útiles para los tamaños más finos, por esto este equipo ha reemplazado muchos de los equipos anteriormente mencionados. Entre las ventajas se encuentra la exactitud de la selección por tamaños, el aumento de la capacidad por unidad de área, el bajo costo de mantenimiento por tonelada de material manejado y economía con respecto al espacio de instalación y el peso del equipo. (McCabe, Smith, Harriott, 2007)

➤ Tamices de Tambor

Son tamices cilíndricos giratorios montados casi siempre horizontalmente. La superficie de tamizado puede ser de malla o placa perforada. Para polvos se utilizan tamices de tela o malla. Para frutas y legumbres, se utilizan perforaciones circulares. (Escobedo Novelo Silvana Abigail, 2022)

➤ Tamices de Barras

Se utiliza para tamizar partículas > 2.5 cm. Consiste en un grupo de barras paralelas espaciadas según se necesite y tiene forma de cuña para evitar la obturación o taponamiento. Se les puede utilizar horizontales o inclinadas a 60° . También hay la variación de parrillas vibratorias. (Escobedo Novelo Silvana Abigail, 2022)

➤ **Tamizador Tyler**

Es una serie muy utilizada que se basa en un tamiz de 200 mallas, teniendo hilos de 2.1 mils de diámetro y una apertura de tamiz de 2.9 mils. La relación entre las aperturas en tamices consecutivos es de $(2)^{1/2}$. Para una separación más exacta de tamaño, se puede utilizar intervalo de tamiz de $(2)^{1/4}$. (Escobedo Novelo Silvana Abigail, 2022)

1.17. Sucedáneos de café

Los sucedáneos de café son productos utilizados como imitación del café. Esto puede deberse a razones religiosas, médicas, económicas o por falta de disponibilidad del café. También son muy solicitados para incluirlos en las comidas de niños y se cree que son bebidas más saludables que el café ya que no contienen cafeína. (GUIAS PRACTICAS, 2024)

Los principales sucedáneos de café pueden ser elaborados a base de granos o cereales tostados y algunos otros vegetales. La diversidad de sustancias orgánicas que se utilizan como sucedáneos del café es enorme. Entre las principales se pueden mencionar las siguientes: malta, raíz de achicoria, espárragos, bellotas, almendras, cebada, palqui, remolacha, zanahoria, maíz, semilla de algodón, melaza, higo, centeno, piel de patata, salvado de trigo, boniato o camote, hayuco, guisante, raíz de diente de león y arroz integral entre otros. (GUIAS PRACTICAS, 2024)

1.18. Variedades de sucedáneos del café

En Polonia, se produce un sucedáneo de café instantáneo, conocido como café Inka, mediante la evaporación del extracto acuoso de remolacha dulce termolizada (*Beta vulgaris* subespecie cicla), endibia (*Chicorium endivia*), centeno y cebada. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

En Francia, el café contiene como ingrediente adicional la raíz tostada de achicoria. A pesar de que ésta no posee cafeína aporta un sabor amargo, así como un color oscuro resultante de la caramelización producida durante el tostado. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

En Rusia, se elabora un sucedáneo del café combinando extracto de achicoria y jugo de manzana (*Malus silvestres*) en proporción 1:1. La bebida es marrón oscuro y de gusto dulce amargo, con agradable sabor a manzana. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

En Ecuador, se elabora sucedáneos del café a partir de haba o de mezclas de esta leguminosa con cebada, trigo, soya, melaza, malta e incluso al mezclar lo mencionado anteriormente con café descafeinado. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

En Brasil los productos más utilizados como sustitutos de café son maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum vulgare*), raíces de batata de purga (*Ipomea altissima* e *Ipomea operculata*), y algarroba (*P. juliflora* DC). (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

En Bolivia, la empresa Irupana produce sucedáneo de café a partir cebada (*Hordeum vulgare*) que es tostada asemejándose al punto del café y que es un sustituto que no contiene cafeína ni estimulante alguno. También Bolivia importa el sucedáneo de café a partir de cebada (*Hordeum vulgare*) llamado Ecco de Nestlé.

1.19. Sucadáneo de café de soya y haba

Las propiedades farmacológicas de la cafeína del café, en algunos casos, son indeseadas, lo que provoca la demanda del café descafeinado y sucedáneos del café, obtenidos de cerealeras como cebada y centeno, de maltas de cereales, o también, de leguminosas como soja.

En Ecuador siempre se ha tratado de darle algún uso al haba haciéndose estudios de investigación donde se comprueba que del haba triturada se obtiene un sustituto de café.

En Ecuador, la fuerza del hábito del consumo de café ha prevalecido sobre las alzas del producto. En el medio rural, el desfase del poder adquisitivo ha incitado a buscar sustitutos entre las plantas disponibles en el medio ambiente. Los productos más

utilizados como sustitutos de café son maíz, arroz, sorgo, camote y haba. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

Existen dos ventajas que hacen resaltar a los sucedáneos de café de soya y haba, uno es que no contienen cafeína, es decir que no son dañinos para la salud y no crean dependencia a ellos, y el segundo es que son accesibles a comparación del café común. Además, tienen valor proteico y vitamínico.

El sucedáneo de café de soya de haba es utilizado de la misma manera que el café, es decir, obteniendo la “esencia por percolación”. El producto presenta ventajas respecto al café porque al no contener cafeína no es estimulante ni dañino a la salud.

Además, tiene cierto valor nutritivo, y este producto no genera acidez estomacal. Años atrás, en Bolivia el café de haba ha sido usada para la elaboración de un sustituto del café a nivel artesanal en áreas rurales, en comunidades, ésta obtuvo gran aceptación debido a las características que posee, como la textura, el olor, y el aspecto visual, que causan una muy buena impresión a los sentidos.

En Bolivia no existen industrias que se dediquen a la fabricación de sucedáneo de café de haba y achicoria, solo es elaborado de manera artesanal.

1.20. Análisis Sensorial

El Análisis Sensorial se define como el examen de los caracteres organolépticos de un producto mediante los sentidos, obteniendo datos cuantificables y objetivables. Se considera al Análisis Sensorial como una herramienta más del control de calidad total de un producto. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

Así, se puede considerar que se dirigirá a la evaluación, análisis y control tanto del proceso de fabricación, como del producto o del mercado en el que se incide. La aplicación del Análisis Sensorial dependerá del objetivo concreto que se busque. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013)

Así, en función de la finalidad que se quiera conseguir se puede dividir al Análisis Sensorial en:

- Análisis de calidad: donde se examina el producto y clasifica objetivamente los distintivos característicos.
- Análisis de aceptación: donde se busca dictaminar el grado de aceptación que tendrá el producto, siendo a veces deseable conocer la reacción subjetiva o impulsiva del catador.

Dentro de las pruebas de aceptación tenemos a la evaluación hedónica la cual se aplica cuando se han de hacer comparaciones con más de 7 muestras, pero en ningún caso deben excederse las 20 para evitar la fatiga de los catadores. (Villarreal Andrade Amparo Elizabeth, 2013).

En estas pruebas las muestras se presentan individualizadas, en diferente orden para cada individuo y se pide al catador que las califique sobre una escala de intervalo no estructurado o de acuerdo a una escala de este tipo:

1. Muy desagradable
2. Desagradable
3. Ni agradable ni desagradable
4. Agradable
5. Muy agradable

1.21. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

1.21.1. HABA

1.21.2. Origen

Es una especie dicotiledónea anual, a la familia de las fabáceas (papilionáceas); en ella, es posible distinguir tres variedades botánicas, todas cultivadas, las cuales se diferencian fundamentalmente en el tamaño de sus semillas. Originaria de la cuenca mediterránea o del Asia central, hoy el haba se cultiva en todo el mundo. Los principales países productores son Australia, China, Egipto y Etiopía.

Está extendido su cultivo también en varios países de Europa y de América Latina (Bolivia, Ecuador y Perú), especialmente en zonas frías y templadas. (FRANKLIN HUMBERTO CIEZA CARUAJULCA, 2017)

1.21.3. Descripción botánica

➤ Raíz

El sistema de la raíz radicular es pivotante y adquiere generalmente gran desarrollo. La raíz principal es vigorosa, profunda y se lignifica considerablemente. Las raíces secundarias son menos desarrolladas y por característica general en estas se forman los nódulos, donde se alojan las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

➤ Tallo

Los tallos son erguidos, fistulosos y robustos, de sección cuadrangular y glabras; son herbáceos en los primeros estadios, y varían en altura de 0,50 a 1,80 m, dependiendo de la variedad, densidad de siembra, fertilidad del suelo y condiciones ecológicas; llegan a ser leñosos a la cosecha. Producen macollos que nacen en el cuello de la planta o en la base del tallo y el número fluctúa dependiendo de la variedad; en casos óptimos puede llegar hasta 12, siendo su promedio 4 a 6 macollos. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

➤ Hojas

Las hojas son compuesta paripinadas, con 4 a 7 foliolos glabros opuestas o alternados de borde entero o dentados en el ápice, de forma elíptica, ovoide o lineal que casi siempre son anchas y netamente faciales. La cara superior o haz, suele ser de color verde más intenso, menos nervosa que la cara inferior o envés. El raquis es bien desarrollado y es considerado el eje mediano de la hoja; los foliolos se insertan casi directamente por la falta del pecíolo. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

➤ **Flor**

Las flores son de simetría bilateral, zigomorfas, agrupadas en racimos en número de 2 a 12 flores. Tienen la corola más evolucionada, dialipétala con un pétalo superior llamado estandarte o vexilo, 2 laterales libres llamados 12 alas y 2 inferiores soldados a lo largo de su línea de contacto. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

➤ **Fruto**

El fruto es en vaina o legumbre, gruesa, carnosa, alargada y algo comprimida, con las semillas dispuestas en una hilera ventral.

La dehiscencia se produce en las suturas dorsal y ventral, separándose éste en dos valvas o mitades. Las vainas son de color verde al estado tierno y a la madurez se tornan coriáceas y de color negro. La disposición de los frutos varía, desde erguidos, formando un ángulo muy agudo con el tallo, hasta colgantes. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

➤ **Semilla**

Las semillas son de forma ovalada, de superficie lisa, opaca y brillante, de coloración muy variada, que va desde colores oscuros hasta los claros; así el color puede ser negro, rojo, verde, morado, pardo, grisáceo, blanco-cremoso o blanco; también pueden ser jaspeadas o de dos colores.

El tamaño de la semilla varía desde pequeñas, con un largo de aproximadamente 1,6 cm en la subespecie minor, hasta semillas grandes, con un largo aproximado de 3,5 cm en la subespecie mayor. (ING. ROBERTO HORQUE FERRO, 2004)

1.22. Taxonomía del haba

El haba (*Vicia faba* L.) forma parte de la familia Fabaceae, una de las más extensas y diversificadas dentro del reino vegetal, su taxonomía es la siguiente:

TABLA I-4 Taxonomía del haba

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Famili	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Fabeae
Género	Vicia
Especie	Vicia faba

Fuente: (Juan Diego Moran1, 2019)

1.23 Composición nutricional

Por sus cualidades nutritivas del grano con alto tenor proteico (24%), su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacteria del género *Rhizobium* y su tolerancia a bajas temperaturas, constituye una especie importante para la alimentación como fuente de proteína barata, mejorador de las condiciones físico-químico biológicas, del suelo y es una de las pocas leguminosas de grano adaptada a las zonas altas y los valles de Bolivia. (M.Milan, A. Moreira, A. Paz y E. Saravia, 2011).

TABLA I-5 Composición nutricional por cada 100g de haba

	FRESCAS	SECAS		FRESCAS	SECAS
Agua (g)	73,50	14,00	Azufre (mg)	96,0	0,00
Grasa (g)	0,80	3,00	Hierro (mg)	5,80	0,00
Proteína (g)	6,00	20,00	Cobre (mg)	1,20	0,00
Carbohidratos (g)	16,00	51,00	Yodo (mg)	1,60	0,00
Fibra (g)	3,00	8,00	Manganeso (mg)	0,24	0,00
Potasio (mg)	1,40	0,00	Cinc (mg)	0,01	0,00
Calcio (mg)	88,00	0,00	Vitamina A U	89.00	0,00

Fósforo (mg)	146,00	0,00	VitaminaB1 (mg)	210,00	0,00
Sodio (mg)	56,00	0,00	VitaminaB2 (mg)	185,00	0,00
Magnesio (mg)	193,00	0,00	Vitamina C (mg)	12,0	0,00

Fuente: (Daniel Alejandro Cortez Aguayo, Jenny Esthefani Colque Mamani y Margarita Aguayo Balderrama, 2017)

1.24. SOYA

1.24.1. Origen

La soya es originaria de la parte oriental del continente asiático. Su nombre botánico ha sido conocido como Glycine Hispida. (LUIS.H CAMACHO, 2003)

La soya (Glycine máx.), también conocida como soja, es una oleaginosa que ha despertado gran interés a nivel mundial por sus múltiples usos, derivados de su alto contenido de proteína y calidad de aceite. En promedio, el grano seco contiene 40 % de proteína y 20 % de aceite. (SOYA: IMPORTANCIA NACIONAL E INTERNACIONAL, s.f.)

1.25. Descripción Botánica

➤ Planta

Planta herbácea anual, de primavera-verano, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses y de 40 a 100 cm de envergadura. Las hojas, los tallos y las vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a pardo más o menos grisáceo. (CIBIOGEM, 2023)

➤ Tallo

Rígido y erecto, adquiere alturas variables, de 0,4 a 1,5 metros, según variedades y condiciones de cultivo. Suele ser ramificado. Tiene tendencia a encamarse, aunque existen variedades resistentes al vuelco. (CIBIOGEM, 2023)

➤ **Raíz**

Es potente, la raíz principal puede alcanzar hasta un metro de profundidad, aunque lo normal es que no sobrepase los 40-50 cm. En la raíz principal o en las secundarias se encuentran los nódulos, en número variable. (CIBIOGEM, 2023)

➤ **Hojas**

Son alternas, compuestas, excepto las basales, que son simples. Son trifoliadas, con los foliolos oval-lanceolados. Color verde característico que se torna amarillo en la madurez, quedando las plantas sin hojas. (CIBIOGEM, 2023)

➤ **Flores**

Se encuentran en inflorescencias racemosas axilares en número variable. Son amariposadas y de color blanquecino o púrpura, según la variedad. (CIBIOGEM, 2023)

➤ **Fruto**

Es una vaina dehiscente por ambas suturas. La longitud de la vaina es de dos a siete centímetros. Cada fruto contiene de tres a cuatro semillas. (CIBIOGEM, 2023).

➤ **Semilla**

La semilla generalmente es esférica, del tamaño de un guisante y de color amarillo. Algunas variedades presentan una mancha negra que corresponde al hilo de la semilla. Su tamaño es mediano (100 semillas pesan de 5 a 40 gramos, aunque en las variedades comerciales oscila de 10 a 20 gramos). La semilla es rica en proteínas y en aceites. En algunas variedades mejoradas presenta alrededor del 40-42% de proteína y del 20-22% en aceite, respecto a su peso seco. En la proteína de soja hay un buen balance de aminoácidos esenciales, destacando lisina y leucina. (CIBIOGEM, 2023).

1.26. Taxonomía De la Soya

TABLA I-6 Taxonomía de la soya

Reino	Plantae
División	Spermapophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Subclase	Archichlamydae
Orden	Rosales
Suborden	Leguminosinae
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionaceae
Tribu	Phaseoleae
Género	Glycine L.
Subgénero	Glycinesubg. Soja (Moench)
Especie	Glycine max (L.) Merrill

Fuente: (PIMENTEL EZETA ANGEL AURELIO , 2015)

1.27 Composición nutricional

TABLA I-7 Composición nutricional por cada 100g de soya

Contenido de nutrientes de la soya	
Energía (kcal)	440
Proteínas (g)	32,62
Carbohidratos totales (g)	36,53
Fibra cruda (g)	6,31
Lípidos (g)	18,12
Humedad (g)	7,52
Calcio (mg)	365
Ceniza (g)	5,11

Hierro (mg)	2,0
Zinc (mg)	4,9
Fósforo (mg)	760,0
Cobre (mg)	1,6
TiaminaB1 (mg)	0,56
RiboflavinaB2 (mg)	0,29
Niacina (mg)	2,44

Fuente: (INLASA, 2005)

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2. Proceso experimental

El desarrollo experimental del proceso de elaboración de un sucedáneo de café a base de soya y haba se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS).

2.1. Equipos y Materiales de Laboratorio

Para llevar a cabo el diseño experimental del presente trabajo, se utilizaron diversos materiales y equipos, los cuales se detallan a continuación.

2.1.1. Equipos e Instrumentos de Proceso

A continuación, se detallan los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo del presente trabajo.

➤ Balanza Analítica

Se emplea en diversas etapas del proceso, principalmente para determinar la cantidad de materia prima utilizada y obtenida. Asimismo, permite medir con precisión el peso de la soya y el haba empleada en la evaluación de sus características físicas.

FIGURA II-1 Balanza Analítica



La balanza analítica tiene las especificaciones técnicas que se detallan a continuación:

TABLA II-1 Especificaciones técnicas de la balanza analítica

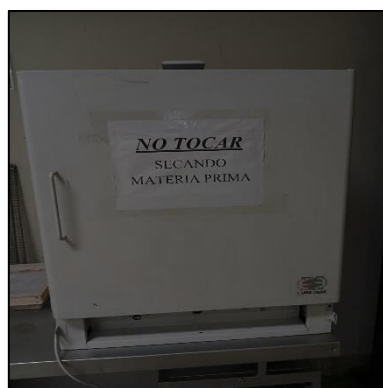
Marca	ZhuanJin
Capacidad	7000g

Fuente: Elaboración propia, 2025

➤ **Secador de tiro forzado**

se utiliza para llevar a cabo el secado de habas y raíces de achicoria, operando a una temperatura controlada entre 40 y 45 °C. Está diseñado con cuatro bandejas de malla que permiten una adecuada circulación del aire caliente alrededor del producto, favoreciendo un secado uniforme. El sistema cuenta con un calentador incorporado que mantiene constante la temperatura dentro de la cámara de secado, garantizando la conservación de las propiedades del producto sin provocar sobrecalentamiento ni degradación de sus componentes.

FIGURA II-2 Secador de Tiro Forzado



Fuente: Elaboración propia, 2025

Sus especificaciones se detallan a continuación:

TABLA II-2 Especificaciones técnicas del secador de tiro forzado

Marca	Magfesa
Capacidad	3 bandejas de 37x42cm

Fuente: elaboración propia, 2025

➤ **Tostador Manual**

Este instrumento se utiliza para tostar soya y haba. Consiste en una olla equipada con un par de aspas internas y una manivela, las cuales permiten un tostado más uniforme, el tostador se calienta mediante un quemador alimentado por la combustión de gas.

FIGURA II-3 Tostador Manual



Fuente: Elaboración propia,2025

➤ **Molino de discos**

Se emplea para la molienda de granos de soya y granos de haba previamente tostados. El molino está conformado por dos discos abrasivos: uno fijo y otro móvil. El disco móvil es accionado manualmente mediante una manivela, lo que permite controlar la intensidad y finura de la molienda. Al girar, el disco móvil genera fricción contra el disco fijo, triturando el material hasta alcanzar el tamaño deseado. Este tipo de molino es ideal para pequeñas producciones artesanales, ya que no requiere energía eléctrica y permite conservar las propiedades aromáticas del producto.

FIGURA II-4 Molino de discos



Fuente: Elaboración propia,2025

Sus especificaciones se detallan a continuación:

TABLA II-3 Especificaciones técnicas del molino de discos

Marca	Victoria Grain Maill
Capacidad	1000g
Industria	Colombiana

Fuente: Elaboración propia,2025

➤ **Tamiz Vibratorio**

El proceso de tamizado se llevó a cabo utilizando un juego de tamices, con aberturas de malla de 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,50 mm y 0,25 mm, respectivamente. Este conjunto de tamices forma parte del equipamiento del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología. El objetivo del tamizado fue clasificar las partículas según su tamaño, facilitando así el análisis granulométrico de las leguminosas.

FIGURA II-5 Tamiz Vibratorio



Fuente: Elaboración propia, 2025

Sus especificaciones son las siguientes:

TABLA II-4 Especificaciones técnicas del tamiz vibratorio

Marca	ORTO ALRESA
Potencia	80w
Industria	Española
Línea de voltaje	230 V
Frecuencia	50 Hz
RPM	2500

Fuente: Elaboración propia,2025

2.1.2. Material de Laboratorio

A continuación, se detallan los materiales utilizados en la parte experimental.

TABLA II-5 Material utilizado en el proceso de obtención de café de soya y haba

Material	Capacidad	Cantidad	Tipo de Material
Fuente	Mediano	1	Plástico
Bandejas	Mediano	2	Acero inoxidable
Desecador	Mediano	1	Plástico
Frascos	150 ml	12	Vidrio

Fuente: Elaboración propia, 2025

2.1.3. Instrumentos de Laboratorio

➤ **Termómetro infrarrojo**

A continuación, se describen las especificaciones técnicas del termómetro infrarrojo utilizado para medir la temperatura de la olla, así como de la soya y el haba durante la operación de tostado.

FIGURA II-6 Termómetro Infrarrojo



Fuente: Elaboración propia,2025

TABLA II-6 Especificación técnica del termómetro infrarrojo

Marca	UNI-T
Modelo	UT300S
Rango	-32...+400°C
Exactitud	±2 °C o ±2%
Industria	China
Tipo de sonda	Infrarrojos

Fuente: Elaboración propia,2025

2.1.4. Materia Prima (soya y haba)

La materia prima Soya y Haba utilizada en la obtención del sucedáneo de café se detallan a continuación.

TABLA II-7 Materia prima utilizada en el proceso de obtención del sucedáneo de café

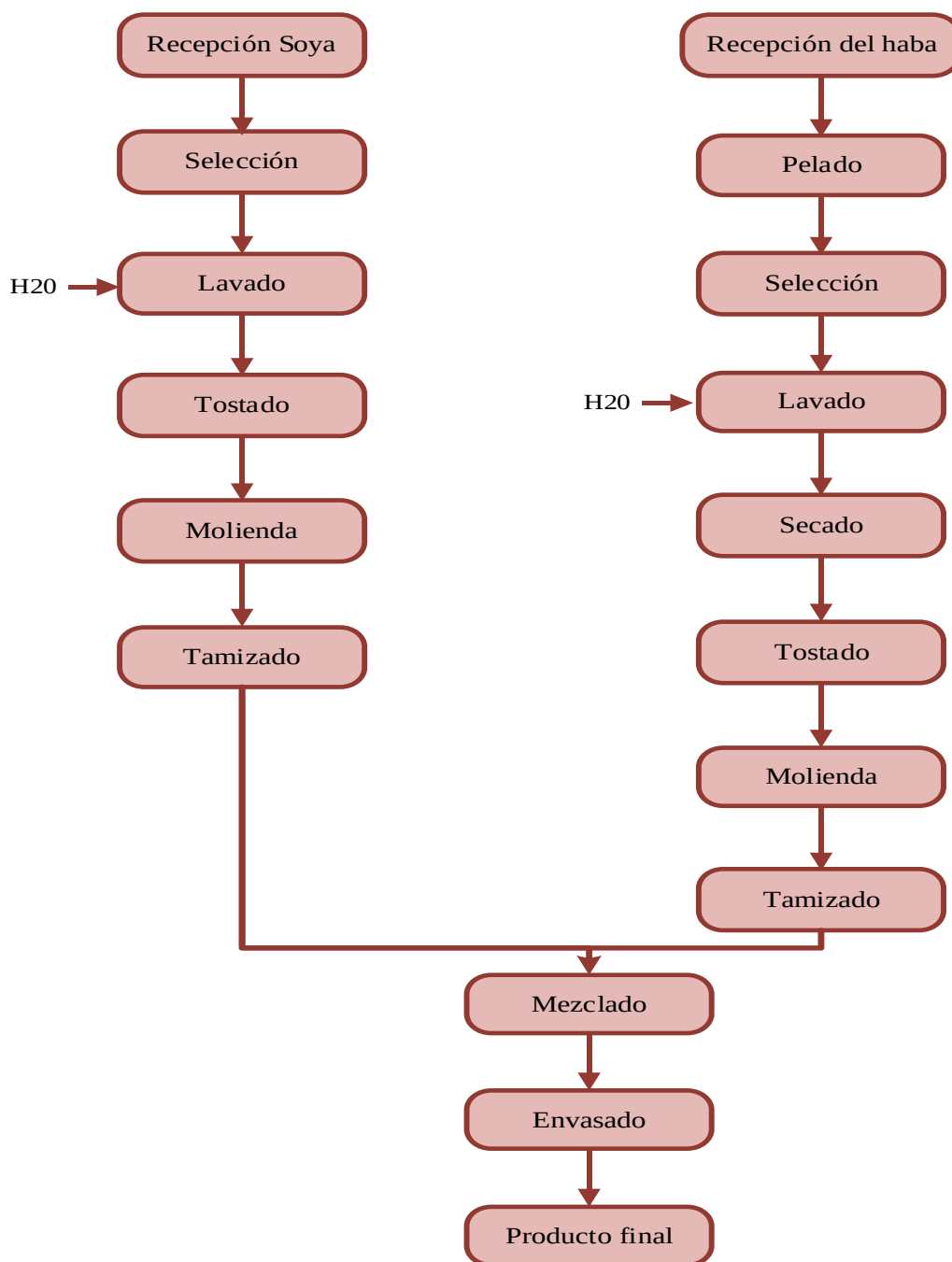
Materia Prima	Descripción
Soya	Glycine Max
Haba	Vicia Faba L.

Fuente: Elaboración propia,2025

2.1.5. Diagrama de Proceso de Obtención del sucedáneo de café de soya y haba

En el diagrama II-1 se muestra el proceso de obtención del sucedáneo café.

Diagrama II-1. Obtención de sucedáneo de café a partir de soya y haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2. Descripción del Proceso

2.2.1. Recolección de la materia prima

2.2.1.1 Soya

La soya, proveniente del mercado campesino del Departamento de Tarija, es recibida en el centro de procesamiento, donde se realiza un control de calidad riguroso. En el CEANID se analizan sus propiedades fisicoquímicas, garantizando así que cumpla con los estándares necesarios para su procesamiento.

FIGURA II-7 Recolección de la soya



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2.1.2 Haba

El haba, proveniente del mercado campesino del Departamento de Tarija, es recibida en el centro de procesamiento, donde se realiza un control de calidad riguroso primero se verifica su calidad fisicoquímica en el CEANID, asegurando así que cumpla con los estándares requeridos.

FIGURA II-8 Recolección del haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2.2. Selección

La selección de la soya y el haba se realiza de forma manualmente. En este proceso, se escogen únicamente las vainas y granos que están en buen estado, sin daños visibles, asegurando así que solo los mejores pasen a la siguiente etapa del procesamiento.

2.2.3 Pesado

Para llevar a cabo el balance de materia del proceso, se pesaron cuidadosamente la soya y el haba, con el fin de obtener datos precisos que sirvan de base para el análisis.

2.2.4 Limpieza

2.2.4.1 Haba

Una vez seleccionadas, las semillas se lavan cuidadosamente en un recipiente con agua para eliminar la tierra y cualquier otra impureza que pueda estar adherida a su superficie. Este lavado debe hacerse de forma rápida para evitar que los granos se remojen demasiado, luego se escurren bien, se sacuden suavemente.

2.2.4.2 Soya

La limpieza de la soya y haba se realizará con agua potable se limpia, se lava con el fin de eliminar los residuos adheridos en la superficie de la materia prima como polvo, tierra, etc.

FIGURA II-9 Limpieza de la soya



Fuente: Elaboración propia,2025

2.2.5 Secado

2.2.5.1 Haba

Para el secado del haba se realiza el pesado de la muestra a secar y posteriormente se introduce al secador de tiro forzado a una temperatura entre 40°C a 45°C ya que la temperatura para el secado no debe exceder los 60°C, durante el lapso de 15 horas.

FIGURA II-10 Secado del haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2.6. Tostado

El proceso de tostado de granos se lleva a cabo a diferentes temperaturas, dependiendo del tipo de grano. Para la soya, las temperaturas oscilan entre 160°C y 180°C. En el caso del haba, el tostado se realiza a una temperatura más alta, entre 200°C y 230°C, se utiliza un tostador manual que se calienta con un quemador a gas natural. Durante el tostado, los granos se agitan manualmente con una manivela.

Este movimiento constante permite que el calor se distribuya de manera uniforme, asegurando un color parejo y evitando que algunas partes se quemen o queden crudas. Esta etapa es clave para desarrollar el aroma y sabor característicos del producto final.

FIGURA II-11 Tostado de soya



Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA II-12 Tostado del haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2.7. Molienda

La molienda de la soya y el haba se realiza con el propósito de reducir el tamaño de sus partículas, buscando que adquieran una textura similar a la del café molido. Esto no solo mejora su apariencia, sino que también facilita su disolución al prepararlos con agua caliente.

Para esta tarea se utiliza un molino de discos, compuesto por dos discos: uno fijo y otro móvil que se acciona manualmente. El principio de funcionamiento del molino se fundamenta en la fricción o cizalladura generada entre los discos, lo que permite realizar una molienda eficiente en los granos de soya y haba.

FIGURA II-13 Molienda de la soya



Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA II-14 Molienda del Haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.2.8. Tamizado

En esta etapa del proceso, la soya y el haba previamente molidas se colocan en el tamiz superior de un conjunto de tamices que se mantiene en funcionamiento durante 5 minutos, utilizando un nivel de vibración intermedio. Al finalizar, se separan los tamices y se pesan los materiales obtenidos. Aquellas partículas que aún son demasiado grandes se devuelven al molino para ser molidas nuevamente.

El objetivo principal de esta operación es lograr un tamaño de partícula uniforme, lo cual es fundamental para asegurar una buena extracción en procesos posteriores, como la filtración con agua caliente. Para este propósito, se utilizó un tamiz N° 70, con granulometría de 0,25 mm, considerado el más adecuado para este tipo de preparación.

2.2.9 Envasado

Una vez que el sucedáneo de café de soya y haba están listos, se mezclan con cuidado, siguiendo las proporciones que se determinan en el análisis organoléptico. Este paso es esencial para conseguir una combinación de sabores y aromas que sea agradable. La mezcla se hace de forma uniforme para que cada porción del producto tenga la misma calidad.

Después de obtener la mezcla final, se envasa en frascos de vidrio, son ideales por los cuales ofrecen una excelente protección frente a factores externos como la humedad, el aire y la luz, lo que ayuda a mantener sus propiedades. Los frascos se cierran bien para conservar el producto adecuadamente y, por último, se les coloca la etiqueta.

FIGURA II-15 Envasado del café



Fuente: Elaboración propia, 2025

2.3 Análisis Organolépticos

Para el análisis organoléptico del producto, se realizó una evaluación sensorial con jueces no entrenados, actuando como consumidores comunes. Esto permitió obtener una apreciación real sobre el sabor, aroma, color y apariencia del producto.

2.3.1 Evaluación sensorial para el atributo color

La evaluación sensorial del sucedáneo de café de soya y haba, enfocada en el atributo color, se llevó a cabo utilizando una escala hedónica (ver Anexo B). Para ello, se invitó a participar a 10 personas no entrenadas, quienes actuaron como jueces representando al consumidor común. A cada uno se le presentaron 3 muestras del sucedáneo de café, elaboradas en tres proporciones distintas de soya y haba. De esta forma, se buscó

conocer la percepción visual y las preferencias de color del producto desde la mirada del público objetivo.

2.3.2 Evaluación sensorial para el atributo olor

La evaluación sensorial del sucedáneo de café de soya y haba para el atributo olor se realiza mediante un test sensorial de escala hedónica (Anexo B), para lo cual se presentan 10 jueces no entrenados y 3 muestras de sucedáneo de café de soya y haba.

2.3.3 Evaluación sensorial para el atributo sabor

La evaluación sensorial del sucedáneo de café de soya y haba en cuanto al sabor se realizó con una escala hedónica de 5 puntos (ver Anexo B). Participaron 10 jueces no entrenados, quienes probaron 3 muestras con distintas proporciones de soya y haba, expresando su grado de agrado para identificar la combinación de sabor más aceptada.

2.4. Diseño experimental

El Diseño de Experimentos es una herramienta estadística que permite realizar experimentos de manera más eficiente y obtener resultados confiables, a través de la manipulación sistemática de variables, esta metodología identifica y cuantifica las causas de los cambios en los resultados, maximizando la eficiencia y la calidad. (SHEILA FERNÁNDEZ BAO, 2020)

2.4.1. Diseño experimental en la etapa del tostado

Se eligió la etapa del tostado en el diseño experimental, ya que, es crucial para desarrollar un sucedáneo de café con las características deseadas, ya que el tostado influye en el sabor, el aroma, el color y la calidad general del producto.

Tabla II-8 Variables en la etapa del tostado

Variables independientes	Variables de control	Variables dependientes
Temperatura	Temperatura inicial	Humedad
Tiempo de tostado	Tiempo	Pérdida de peso
Agitación	Temperatura ambiente	Color del grano

Fuente: Elaboración propia, 2025

Para la realización del diseño experimental en esta etapa se consideraron tiempo y temperatura como variables independientes debido a que son los factores de mayor influencia, ya que determinan la transferencia de calor y la pérdida de agua, siendo los parámetros críticos para controlar la calidad y las propiedades físicas del producto final.

La humedad se definió como variable dependiente ya que refleja de manera directa los efectos tiempo y temperatura sobre los granos.

El diseño experimental a utilizar en esta etapa, se muestra a continuación:

$$2^k$$

Donde:

2= Número de niveles

k= Número de variables

Se toma en cuenta 2 factores, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

TABLA II-9 Variables independientes en el tostado

Factor	Símbolo	Niveles
Temperatura	T	2
tiempo	t	2

Fuente: Elaboración propia, 2025

Por lo tanto, la ecuación es la siguiente: $2^2 = 4$ muestras

De las cuales se harán 3 replicas

Los niveles de variación de las variables se detallan en las siguientes tablas:

TABLA II-10 Niveles de variación de las variables en la operación del tostado de la soya

SOYA	Variables	Unidad	Nivel Superior	Nivel Inferior
	Temperatura (T)	°C	180	160
	Tiempo (t)	Min	20	15

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA II-11 Niveles de variación de las variables en la operación del tostado del haba

HABA	Variables	Unidad	Nivel Superior	Nivel Inferior
	Temperatura (T)	°C	230	200
	Tiempo (t)	Min	30	25

Fuente: Elaboración propia, 2025

En la tabla II-12 se presenta la matriz experimental, se aplicó de manera independiente a los granos de soya y haba durante la etapa de tostado, con el objetivo de evaluar su comportamiento en la obtención del sucedáneo de café.

TABLA II-12 Matriz experimental para la elaboración de sucedáneo de café de soya y haba

N°	Replicas	Variables		Respuesta
		Temperatura	Tiempo	Humedad
1	1	-1	-1	H1
2		1	1	H2
3		1	-1	H3
4		-1	1	H4
1	2	-1	-1	H1
2		1	1	H2
3		1	-1	H3
4		-1	1	H4

1	3	-1	-1	H1
2		1	1	H2
3		1	-1	H3
4		-1	1	H4

Fuente: Elaboración propia, 2025

Donde:

La variable de respuesta es el contenido de humedad de los granos de soya y haba tostados.

Cada combinación de niveles de los factores se replicó tres veces para garantizar la confiabilidad de los resultados y permitir un análisis estadístico riguroso de los efectos principales y de la interacción entre los factores.

2.4.2. Diseño experimental en la etapa del mezclado

TABLA II-13 Variables en la etapa de mezclado

Variables independientes	Variables de control	Variable dependiente
Porcentaje de soya (%)	Tamaño de partícula	Sabor, aroma
Porcentaje de haba (%)	Tiempo de mezclado	Uniformidad de la mezcla

Fuente: Elaboración propia, 2025

Para la etapa de mezclado de los granos se considerarán como variables independientes el porcentaje de soya y el porcentaje de haba, mientras que como variable dependiente se tomará en cuenta el análisis organoléptico con parámetros a considerar como ser: sabor, aroma y color.

2.4.2.1 Determinación de las proporciones de mezcla de soya y haba para la obtención del sucedáneo de café

TABLA II-14 Niveles de Variación de proporción de mezcla de soya y haba

Porcentaje de Soya tostada (%)	Porcentaje de haba tostada (%)	Análisis Organoléptico
50	50	M1
40	60	M2
45	55	M3

Fuente: Elaboración propia, 2025

Previo a la definición de los niveles de variación en el diseño experimental se llevaron a cabo ensayos preliminares empleando distintas proporciones de soya y haba (Anexo C-1). La selección de estas mezclas se fundamentó en los datos composicionales presentados en las tablas (I-5 y I-7), donde se evidencia que la soya presenta un mayor contenido graso significativamente superior al del haba.

Los resultados obtenidos de estas pruebas permitieron identificar las combinaciones más adecuadas para su posterior evaluación sensorial, con el objetivo de determinar el grado de aceptabilidad del sucedáneo de café y establecer la proporción óptima a emplear para el producto obtenido.

CAPITULO III
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3. Resultados y discusión de la parte experimental

En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos de la parte experimental realizada en el capítulo II.

3.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

3.1.1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Los análisis fisicoquímicos de la soya y el haba se llevaron a cabo en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En este centro especializado se evaluaron parámetros clave que aseguran que los granos cumplan con los estándares necesarios antes de ser utilizados en el proceso de elaboración del café.

TABLA III-1 Análisis fisicoquímico del grano de soya

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	NB 35006:14	g/100g	5,12
Fibra	NB 35004:14	g/100g	4,93
Grasa	NB 313019:06	g/100g	13,40
Hidratos de carbono	NB 312031:10	g/100g	43,66
Humedad	NB 313010:05	g/100g	4,26
Proteína Total	NB/ISO 8968-1:22(MOD)	g/100g	32,96
Valor energético	NB 312032:06	Kcal/100g	420

Fuente: CEANID, 2025

TABLA III-2 Análisis fisicoquímico del grano de haba

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	NB 33041:23	g/100g	1,15
Fibra	NB 35004:14 (MOD)	g/100g	1,10

Grasa	NB 313019:06 (MOD)	g/100g	0,10
Hidratos de carbono	NB 312031:10	g/100g	23,32
Humedad	NB 367:98 (MOD)	g/100g	64,91
Proteína Total	NB/ISO 8968-1:22(MOD)	g/100g	10,52
Valor energético	NB 312032:06	Kcal/100g	138

Fuente: CEANID, 2025

3.2. Análisis Estadístico del tostado de los granos

El análisis estadístico se realizó mediante el programa IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 25. El cual permite realizar el análisis de datos mediante un tratamiento integrado de todas las fases, obteniendo de esta manera resultados confiables y significativos.

3.2.1 Análisis de Varianza Univariante

Se llevó a cabo un análisis de varianza univariante para los granos de soya y haba, con el propósito de evaluar la influencia de los factores tiempo y temperatura, así como de su interacción, sobre la variable de respuesta: la humedad.

3.2.1.2 Análisis de Varianza Univariante para el grano de Soya

En la Tabla III-3 se presentan los datos correspondientes a la soya, introducidos en el programa IBM SPSS de acuerdo al diseño factorial planteado.

TABLA III-3 Datos para el uso del programa IBM SPSS

Muestras	Replicas	Variable independiente		Variable dependiente
		Temperatura	Tiempo	Humedad %L
1	1	-1	-1	0,03
2		1	1	0,05
3		1	-1	0,02
4		-1	1	0,04
1	2	-1	-1	0,02

2		1	1	0,06
3		1	-1	0,02
4		-1	1	0,04
1	3	-1	-1	0,03
2		1	1	0,05
3		1	-1	0,02
4		-1	1	0,03

Fuente: Elaboración propia, 2025

- **Factores inter-sujetos y codificación de niveles**

Los factores inter-sujetos se muestran en la (Tabla III-4), con la codificación de cada nivel para la determinación de variables significativa.

TABLA III-4 factores inter-Sujetos

Factores inter-sujetos		
		N
Temperatura	-1,00	6
	1,00	6
Tiempo	-1,00	6
	1,00	6

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS,2025

En la (Tabla III-5), se muestra las pruebas inter sujeto donde se observa si las variables y sus interacciones son significativas.

TABLA III-5 Pruebas Inter-Sujetos

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Humedad					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.

Modelo corregido	,002 ^a	3	,001	25,222	,000
Intersección	,014	1	,014	560,333	,000
Temperatura	7,500E-005	1	7,500E-005	3,000	,122
Tiempo	,001	1	,001	56,333	,000
Temperatura * Tiempo	,000	1	,000	16,333	,004
Error	,000	8	2,500E-005		
Total	,016	12			
Total, corregida	,002	11			
a. R cuadrado = ,904 (R cuadrado corregida = ,869)					

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

Se puede observar que las variables tiempo y temperatura y sus interacciones temperatura*tiempo son significativas ya que poseen una significancia menor al 0,05 para un nivel de confianza del 95%.

- **Determinación del Modelo Matemático:**

Una vez identificadas las variables significativas, se realiza una regresión lineal para determinar el modelo matemático.

TABLA III-6 Resumen del Modelo Matemático

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,932 ^a	,869	,839	,00553
a. Variables predictoras: (Constante), Tiempo, Temperaturatiempo				
b. Variable dependiente: Humedad				

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

La (Tabla III-7), se muestra el análisis de varianza (ANOVA), donde se observa el nivel de significación tiende a cero, que indica que el modelo matemático es correcto.

TABLA III-7 Resultados del Análisis ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,002	2	,001	29,727	,000 ^b
	Residual	,000	9	,000		
	Total	,002	11			
a. Variable dependiente: Humedad						
b. Variables predictoras: (Constante), Tiempo, Temperatura tiempo						

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

TABLA III-8 Coeficientes del Modelo Matemático

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	,034	,002		21,412	,000	,031	,038
	Temperaturatiempo	,006	,002	,442	3,656	,005	,002	,009
	Tiempo	,011	,002	,821	6,789	,000	,007	,014
a. Variable dependiente: Humedad								

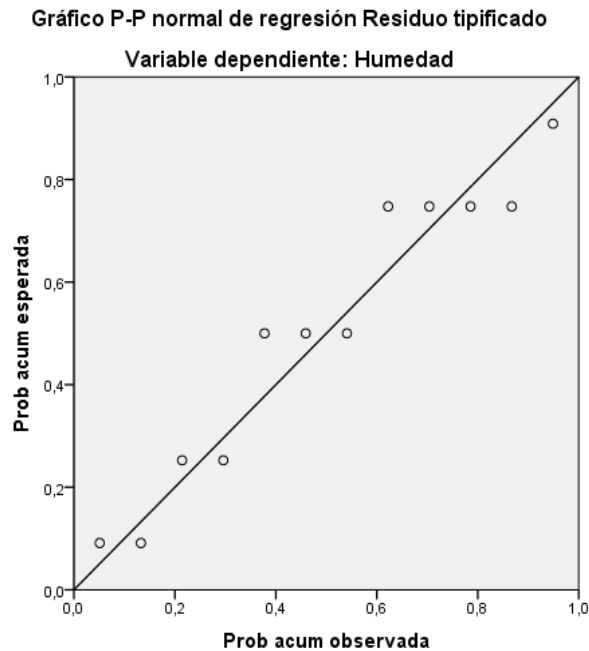
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

De acuerdo al diseño factorial propuesto, se observa que todas las variables son significativas ya que poseen un nivel de significancia menor a 0,05 como se observa en la figura. Con los valores numéricos de B se obtiene la ecuación de la regresión lineal para la humedad.

$$\text{Humedad} = 0,034 + 0,006T * t + 0,011t$$

Dónde: T= Temperatura; t= tiempo

FIGURA III-1 Modelo Lineal



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

Se observa que los resultados del análisis ANOVA no muestra gran significancia, lo que sugiere que la regresión lineal empleada es adecuada para describir la relación entre las variables.

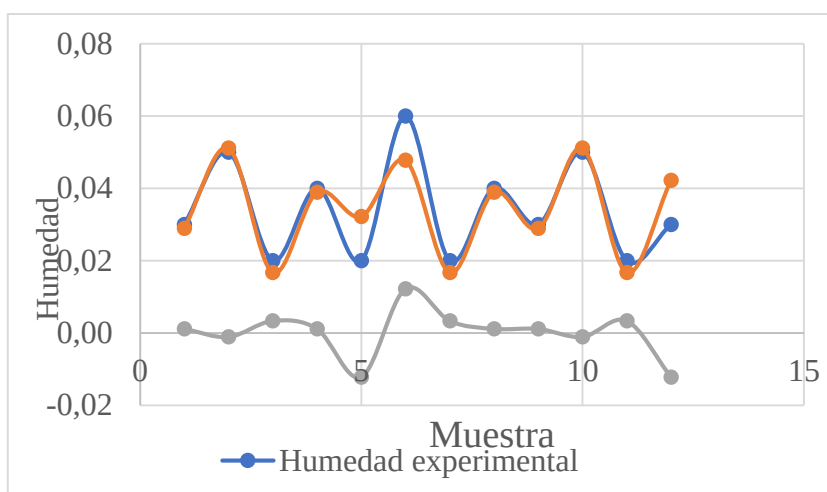
Con esta regresión se generaron nuevos valores estimados de humedad, los cuales se pueden representar gráficamente para evaluar la concordancia entre los valores observados y los predichos por el modelo, verificando así la validez de la ecuación matemática obtenida.

TABLA III-9 Comparación entre la humedad obtenida de forma experimental y la humedad corregida mediante el programa SPSS

Muestra	Humedad Experimental	Humedad Modelo	Error
M ₁₋₁	0,03	0,02889	0,001
M ₁₋₂	0,05	0,05111	-0,001
M ₁₋₃	0,02	0,01667	0,003
M ₁₋₄	0,04	0,03889	0,001
M ₂₋₁	0,02	0,03222	-0,012
M ₂₋₂	0,06	0,04778	0,012
M ₂₋₃	0,02	0,01667	0,003
M ₂₋₄	0,04	0,03889	0,001
M ₃₋₁	0,03	0,02889	0,001
M ₃₋₂	0,05	0,05111	-0,001
M ₃₋₃	0,02	0,01667	0,003
M ₃₋₄	0,03	0,04222	-0,012

Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA III-2 Concentración experimental vs Concentración del modelo vs Error



Fuente: Elaboración propia, 2025

3.2.2. Análisis de Varianza Univariante para los granos de haba

En la Tabla III-10 se presentan los datos correspondientes al haba, introducidos en el programa IBM SPSS conforme al diseño factorial planteado.

TABLA III-10 Datos para el uso del programa IBM SPSS

Muestras	Replicas	Variable independiente		Variable dependiente
		Temperatura	Tiempo	Humedad %L
1	1	-1	-1	0,10
2		1	1	0,10
3		1	-1	0,11
4		-1	1	0,13
1	2	-1	-1	0,10
2		1	1	0,11
3		1	-1	0,11
4		-1	1	0,13
1	3	-1	-1	0,10
2		1	1	0,11
3		1	-1	0,11
4		-1	1	0,13

Fuente: Elaboración propia, 2025

- **Factores inter-sujetos y codificación de niveles**

Los factores inter-sujetos se muestran en la tabla III-11 con la codificación de cada nivel para la determinación de variables significativas.

TABLA III-11 Factores inter-sujetos

Factores inter-sujetos		
		N
Temperatura	-1,00	6
	1,00	6
Tiempo	-1,00	6
	1,00	6

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

En la tabla III-12 se muestra las pruebas inter-sujetos donde se observa si las variables y sus intersecciones son significativas.

TABLA III-12 Pruebas Inter-Sujetos

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Humedad					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,002 ^a	3	,001	60,000	,000
Intersección	,150	1	,150	17956,000	,000
Temperatura	,000	1	,000	16,000	,004
Tiempo	,001	1	,001	64,000	,000
Temperatura * Tiempo	,001	1	,001	100,000	,000
Error	6,667E-005	8	8,333E-006		
Total	,151	12			
Total, corregida	,002	11			
a. R cuadrado = ,957 (R cuadrado corregida = ,941)					

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

Se puede observar que las variables temperatura, tiempo y sus interacciones temperatura*tiempo son significativas ya que poseen una significancia menor al 0,05 para un nivel de confianza del 95%.

- **Determinación del Modelo Matemático:**

Una vez identificas las variables significativas, se realiza una regresión lineal para determinar el modelo matemático.

TABLA III-13 Resumen del Modelo Matemático

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,978 ^a	,957	,941	,00289
a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura, Tiempo, Temperaturatiempo				
b. Variable dependiente: Humedad				

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

La tabla III-14 muestra el análisis de varianza (ANOVA), donde se observa el nivel de significación tiende a cero, que indica que el modelo matemático es correcto.

TABLA III-14 Resultados del Análisis ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,002	3	,001	60,000	,000 ^b
	Residual	,000	8	,000		
	Total	,002	11			
a. Variable dependiente: Humedad						
b. Variables predictoras: (Constante), Temperatura, Tiempo, Temperaturatiempo						

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

TABLA III-15 Coeficientes del Modelo Matemático

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	,112	,001		134,000	,000	,110	,114
	Temperaturatiempo	-,008	,001	-,729	-10,000	,000	-,010	-,006
	Tiempo	,007	,001	,583	8,000	,000	,005	,009
	Temperatura	-,003	,001	-,292	-4,000	,004	-,005	-,001
a. Variable dependiente: Humedad								

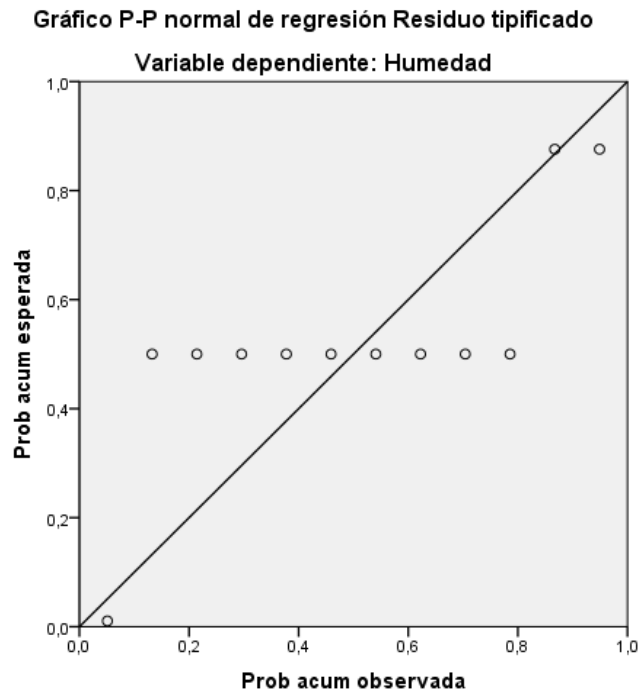
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

De acuerdo al diseño factorial propuesto se observa que todas las variables son significativas ya que poseen un nivel de significancia menor a 0,05 como se observa en la figura, Con los Valores numéricos de B se obtiene la ecuación de la regresión lineal para la humedad.

$$\text{Humedad} = 0,112 - 0,008 T * t + 0,007 t - 0,003 T$$

Dónde: T=temperatura; t= tiempo

FIGURA III-3 Modelo Lineal



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa SPSS, 2025

Se observa que los resultados del análisis ANOVA no muestra gran significancia, lo que sugiere que la regresión lineal empleada es adecuada para describir la relación entre las variables.

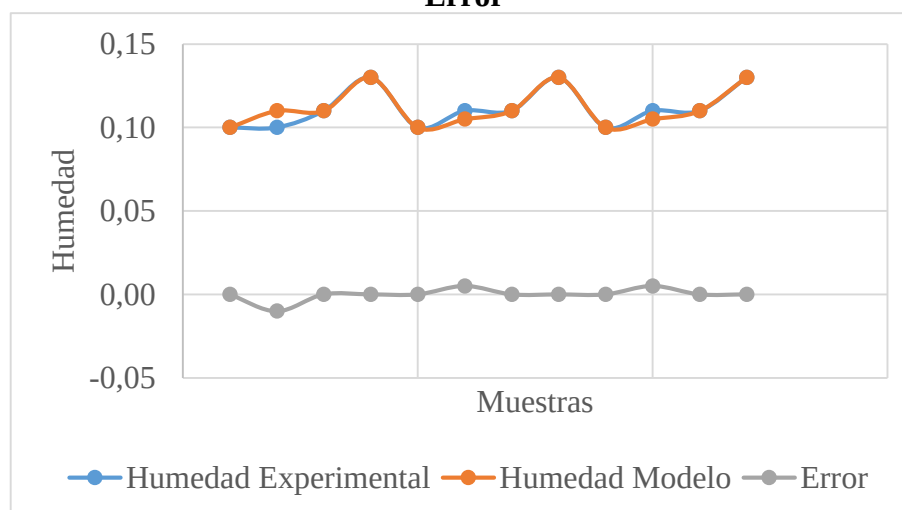
Con esta regresión se generaron nuevos valores estimados de humedad, los cuales se pueden representar gráficamente para evaluar la concordancia entre los valores observados y los predichos por el modelo, verificando así la validez de la ecuación matemática obtenida.

TABLA III-16 Comparación entre la humedad obtenida de forma experimental y la humedad corregida mediante el programa SPSS

Muestra	Humedad Experimental	Humedad Modelo	Error
M ₁₋₁	0,10	0,1	0,000
M ₁₋₂	0,10	0,11	-0,010
M ₁₋₃	0,11	0,11	0,000
M ₁₋₄	0,13	0,13	0,000
M ₂₋₁	0,10	0,1	0,000
M ₂₋₂	0,11	0,105	0,005
M ₂₋₃	0,11	0,11	0,000
M ₂₋₄	0,13	0,13	0,000
M ₃₋₁	0,10	0,1	0,000
M ₃₋₂	0,11	0,105	0,005
M ₃₋₃	0,11	0,11	0,000
M ₃₋₄	0,13	0,13	0,000

Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA III-4 Concentración experimental vs Concentración del modelo vs Error



Fuente: Elaboración propia, 2025

3.3. Evaluación sensorial del sucedáneo de café de soya y haba

Los sucedáneos de café obtenidos, presentaron distintas características físicas, con una notable variación en su tonalidad. Para evaluar sus propiedades organolépticas, se conformó un panel de diez jueces no entrenados, que incluyó tanto a estudiantes como a personas externas de la universidad. Este panel fue responsable de calificar el grado de satisfacción general proporcionado por las tres muestras obtenidas del diseño factorial. El modelo de test utilizado para el grado de aceptabilidad se encuentra en el Anexo B.

Para la evaluación del grado de aceptabilidad, se empleó una escala hedónica. Los jueces calificaran los atributos sensoriales específicos (sabor, color y olor) de cada muestra, en la cual cada juez elige entre las siguientes opciones y puntajes que se muestra en la Tabla III-17.

TABLA III-17 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos del sucedáneo de café de soya y haba

Puntaje	Escala hedónica
5	Muy agradable
4	Agradable
3	Ni agradable ni desagradable
2	Desagradable
1	Muy desagradable

Fuente: Elaboración propia, 2025

La evaluación sensorial se llevó a cabo de manera individual para evitar la influencia entre los participantes. Las pruebas se realizaron en un entorno controlado, caracterizado por ser un espacio tranquilo, amplio, higiénico y con iluminación adecuada.

A los jueces se les proporcionó una explicación detallada sobre los objetivos y las características de la evaluación sensorial, así como la responsabilidad que asumían al determinar la calidad del café. Posteriormente, se les entregaron las encuestas para que

procedieran a la degustación de tres muestras de café, asignando la calificación correspondiente a cada atributo evaluado. Las muestras evaluadas se presentan en el Anexo C-2.

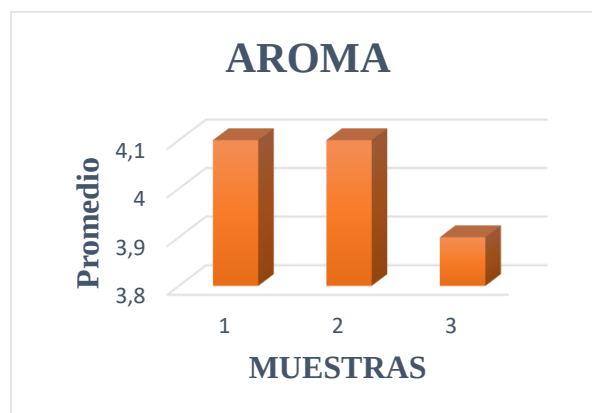
3.3.1 Evaluación sensorial del atributo AROMA del sucedáneo de café

TABLA III-18 evaluación sensorial del atributo aroma

AROMA			
N° de Juez	M1 (50%S-50%H)	M2 (40%S-60%H)	M3 (45%S-55%H)
1	4	4	4
2	3	4	4
3	5	3	2
4	4	4	5
5	4	5	3
6	5	4	3
7	4	4	3
8	4	4	5
9	4	5	5
10	4	4	5
Promedio	4,1	4,1	3,9

Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA III-5 Evaluación sensorial del atributo aroma



Fuente: Elaboración propia, 2025

En la evaluación sensorial del atributo aroma (Tabla III-18 y Figura III-5), se observa que las muestras M1 y M2 obtuvieron un promedio de 4,1, lo que refleja una mayor aceptación por parte de los jueces, mientras que la muestra M3 alcanzó un promedio ligeramente inferior de 3,9.

3.3.2 Evaluación sensorial del atributo SABOR del sucedáneo de café

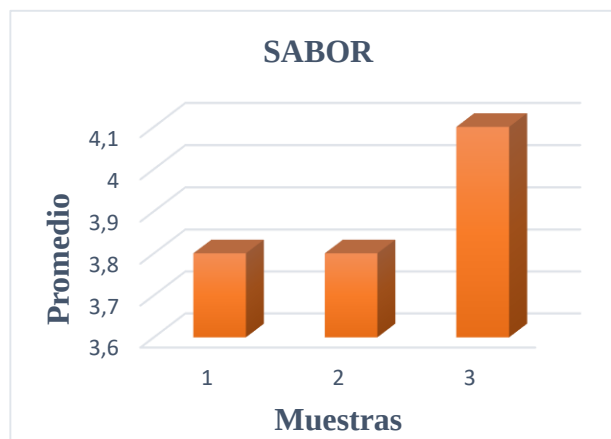
TABLA III-19 evaluación sensorial del atributo sabor

SABOR			
N° de Juez	M1 (50% S-50% H)	M2 (40% S-60% H)	M3 (45% S-55% H)
1	3	4	3
2	3	4	5
3	4	2	4
4	3	4	4
5	5	4	4
6	5	5	3
7	4	5	5
8	4	2	5
9	4	4	5

10	3	4	3
Promedio	3,8	3,8	4,1

Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA III-6 Evaluación sensorial del atributo sabor



Fuente: Elaboración propia, 2025

En la evaluación sensorial del atributo sabor (Tabla III-19 y Figura III-6), los tratamientos M1 y M2 alcanzaron un promedio de 3,8, mientras que M3 obtuvo el puntaje más alto con 4,1. Estos resultados evidencian una preferencia hacia M3, aunque M1 y M2 también muestran una buena aceptación en cuanto a perfil gustativo y equilibrio sensorial.

3.3.3 Evaluación sensorial del atributo COLOR del sucedáneo de café

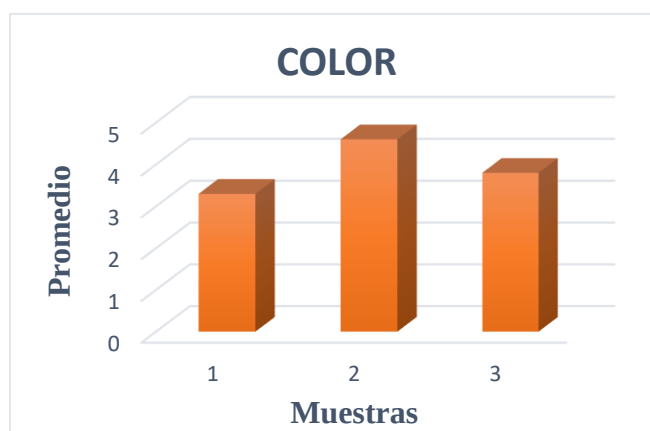
TABLA III-20 evaluación sensorial del atributo color

COLOR			
N° de Juez	M1 (50%S-50%H)	M2 (40%S-60%H)	M3 (45%S-55%H)
1	3	4	3
2	3	4	4
3	3	5	4
4	4	4	5

5	4	5	4
6	5	5	3
7	3	5	4
8	2	5	4
9	3	5	4
10	3	4	3
Promedio	3,3	4,6	3,8

Fuente: Elaboración propia, 2025

FIGURA III-7 Evaluación sensorial del atributo color

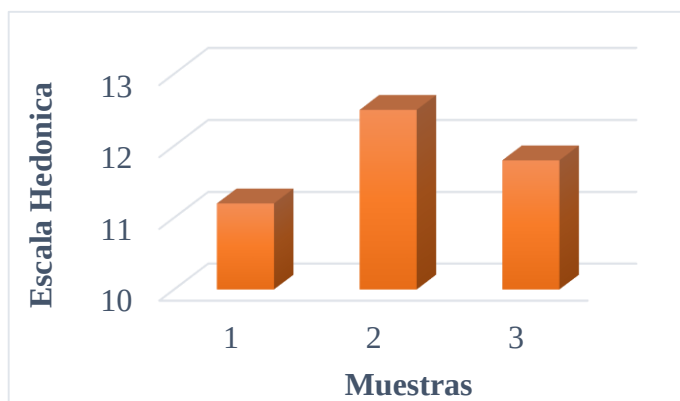


Fuente: Elaboración propia, 2025

En la evaluación sensorial del atributo color (Tabla III-20 y Figura III-7), se observa que la muestra M2 alcanzó el mayor promedio (4,6), evidenciando una mejor aceptación visual entre los jueces. Le sigue M3 (3,8), mientras que M1 con el menor puntaje de (3,3), siendo M2 la más destacada en términos de apariencia general.

3.4. Resultado final del análisis sensorial del sucedáneo de café de soya y haba

FIGURA III-8 Resultado del análisis sensorial



Fuente: Elaboración propia, 2025

En la figura III-8 se puede observar que la muestra 2, de acuerdo a los promedios obtenidos de cada muestra, establecidos por la escala hedónica, razón por la cual se estableció como la muestra seleccionada. Es importante destacar que este sucedáneo de café, posee un color oscuro característico, aroma agradable y un sabor que se asemeja al café tradicional.

3.5. Caracterización del producto final

Los análisis del sucedáneo de café de soya y haba, producto final del proceso, se llevan a cabo en un laboratorio. Los estudios fisicoquímicos se realizan en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la ciudad de Tarija.

3.5.1. Análisis fisicoquímico del producto final

En la tabla se presentan los parámetros fisicoquímicos analizados, junto con los métodos de ensayo y las unidades correspondientes, según los análisis realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

TABLA III-21 Análisis fisicoquímico del sucedáneo de café

Parámetros	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado
Ceniza	NB 2312:98	g/100g	4,93
Fibra	Digestión ácida	g/100g	6,30
Grasa	NB 313019:06	g/100g	7,08
Hidratos de carbono	NB 312031:06	g/100g	54,27
Humedad	NB 367:98	g/100g	1,28
Proteína Total	NB/ISO 8968-1:08	g/100g	32,44
Valor energético	NB 3120312:06	Kcal/100g	408

Fuente: CEANID, 2025

3.6. Balance de materia y energía para el proceso de obtención del sucedáneo de café de soya y haba

3.6.1. Balance de materia en el café de soya

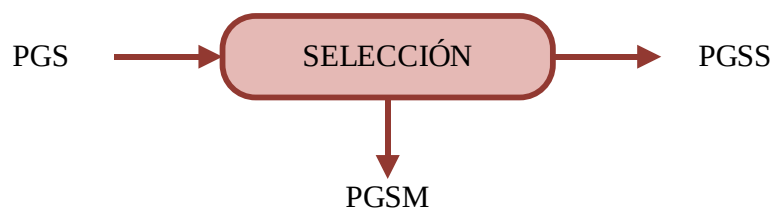
Durante las etapas de recolección y lavado no se producen pérdidas de masa ni de energía, puesto que en ellas no ocurre ningún proceso de transformación. Por esta razón, el balance de materia y energía se considera a partir de la muestra 2, la cual fue seleccionada en el análisis sensorial.

3.6.2. Balance de materia en la selección de los granos de soya

PGS= peso del grano de soya (g)

PGSM= peso del grano de soya en mal estado (g)

PGSS= peso del grano de soya seleccionado (g)



Datos:

PGS= 55g

PGSS= 47,170g

Entrdas = salidas

$$PGS = PGSS + PGSM$$

$$PGSM = PGS - PGSS$$

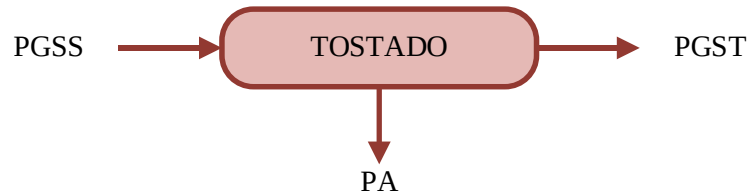
$$PGSM = 55g - 47,170g$$

$$PGSM = 7,83g$$

3.6.3. Balance de materia en el tostado del grano de soya

PGSS= peso del grano de soya seleccionado (g)

PGST= peso del grano de soya tostado (g)



Datos:

PGSS= 47,170g

PGST= 40,56g

Entrdas = salidas

$$PGSS = PGST + PA$$

$$PA = PGSS - PGST$$

$$PA = 47,170g - 40,56g$$

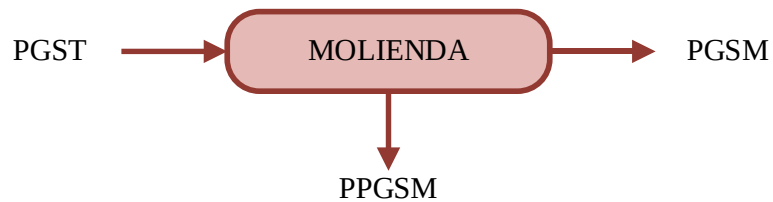
$$PA = 6,61g$$

3.6.4. Balance de materia en la molienda del grano de soya

PGST= peso del grano de soya tostada (g)

PGSM= peso del grano de soya molida (g)

PPSM= pérdida de peso del grano de soya (g)



Datos:

PGST= 40,56g

PGSM=39,91g

Entrdas = salidas

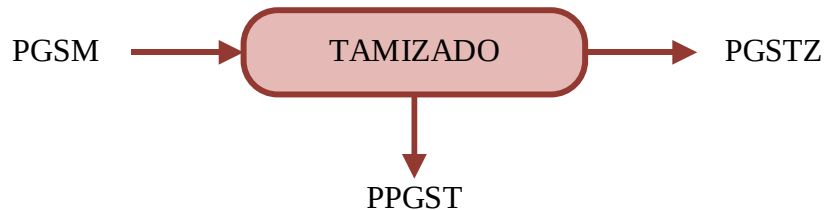
$$PGST = PGSM + PPGSM$$

$$PPGSM = PGST - PGSM$$

$$PPGSM = 40,56g - 39,91g$$

$$PPGSM = 0,65g$$

3.6.5. Balance de materia en el tamizado del grano de soya



PGSM= peso del grano de soya molido (g)

PGSTZ= peso del grano de soya tamizado (g)

PPGST= pérdida de peso del grano de soya tamizado (g)

Datos:

PGSM= 39,91g

PGSTZ=38,432g

Entradas = salidas

$$PGSM = PGSTZ + PPGST$$

$$PPGST = PGSM - PGSTZ$$

$$PPGST = 39,91g - 38,532g$$

$$PPGST = 1,378g$$

3.6.6. Balance de materia en el café de haba

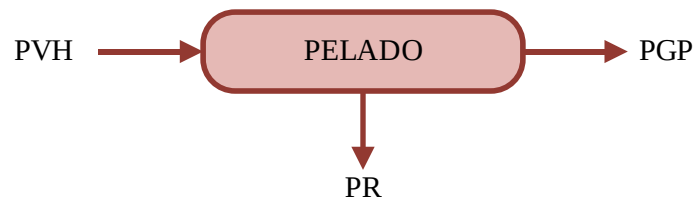
Durante las etapas de recolección y lavado no se producen pérdidas de masa ni de energía, puesto que en ellas no ocurre ningún proceso de transformación. Por esta razón, el balance de materia y energía se considera en la muestra 2, la cual fue seleccionada en el análisis sensorial.

3.6.7. Balance de materia en el pelado de la vaina de haba

PVH= peso de la vaina de haba (g)

PR= peso residuo de haba (cascara) (g)

PGP= peso grano pelado (g)



Datos:

PVH= 1000g

PGP= 356,83g

Entradas = Salidas

$$PVH = PGP + PR$$

$$PR = PVH - PGP$$

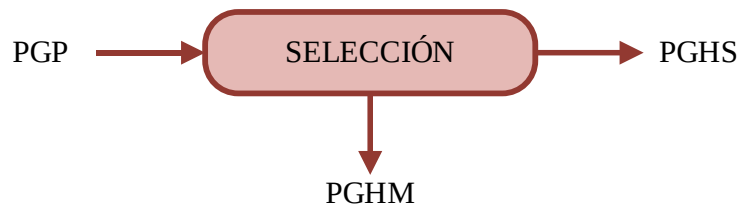
$$PR = 1000g - 356,83g = 643,17g$$

3.6.8. Balance de materia en la selección del grano de haba

PGP= peso grano pelado (g)

PGHM= peso de grano de haba en mal estado (g)

PGHS= peso de grano de haba seleccionado (g)



Datos:

$$PGP = 356,83g$$

$$PGHM = 38,36g$$

Entradas = Salidas

$$PGP = PGHS + PGHM$$

$$PGHS = PGP - PGHM$$

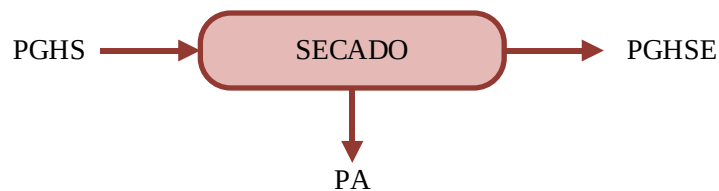
$$PGHS = 356,83g - 38,36g = 318,47g$$

3.6.9. Balance de materia en el secado del grano de haba

PGHS= peso del grano de haba seleccionado (g)

PGHSE= peso del grano de haba seco (g)

PA= pérdida de agua del grano de haba en el secado



Datos:

$$PGHS = 318,47g$$

$$PGHSE = 69,961g$$

Entradas = Salidas

$$PGHS = PGHSE + PA$$

$$PA = PGHS - PGHSE$$

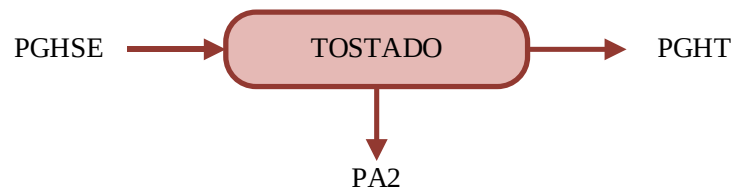
$$PA = 318,47g - 69,961g = 248,509g$$

3.6.10. Balance de materia en el tostado del grano de haba

PGHSE= peso del grano de haba seco (g)

PGHT= peso grano de haba tostada (g)

PA2= pérdida de agua del grano de haba



Datos:

$$PGHSE = 69,961g$$

$$PGHT = 60,866g$$

Entradas = Salidas

$$PGHSE = PGHT + PA2$$

$$PA2 = PGHSE - PGHT$$

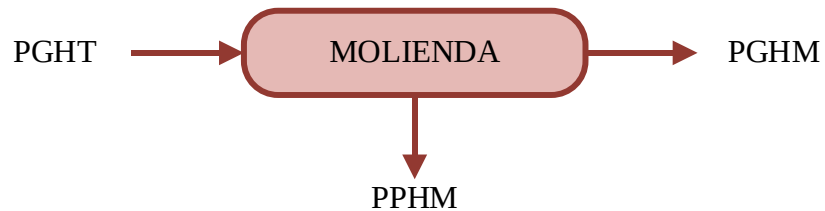
$$PA2 = 69,961g - 60,866g = 9,095g \text{ de } H_2O$$

3.6.11. Balance de materia en la molienda del grano de haba

PGHT= peso de grano de haba tostada (g)

PGHM= peso de grano de haba molida (g)

PPHM= pérdida de peso del grano de haba molida (g)



Datos:

PGHT= 60,866g

PGHM= 60,2g

Entradas = salidas

$$PGHT = PGHM + PPHM$$

$$PPHM = PGHT - PGHM$$

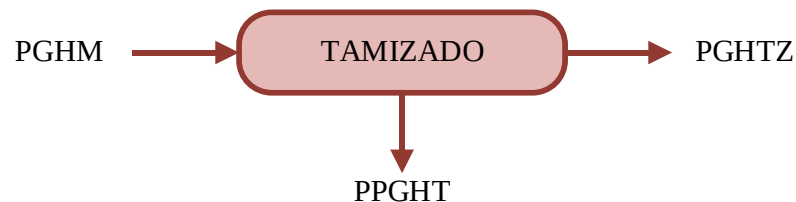
$$PPHM = 60,866g - 60,2g = 0,666g$$

3.6.12. Balance de materia en el tamizado del grano de haba

PGHM= peso de grano de haba molida (g)

PPGHT= pérdida de peso del grano de haba tamizado (g)

PGHTZ= peso de grano de haba tamizado (g)



Datos:

PGHM= 60,2g

PGHTZ= 58,632g

Entradas = salidas

$$PGHM = PGHTZ + PPGHT$$

$$PPGHT = PGHM - PGHTZ$$

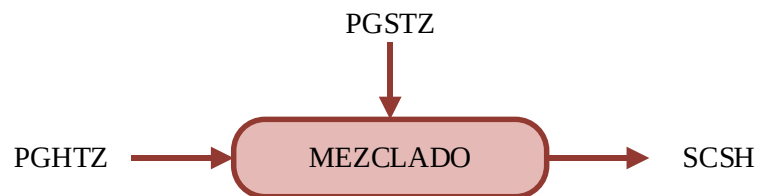
$$PPGHT = 60,2g - 58,632g = 1,568g$$

3.6.13. Balance de materia en el envasado de café de soya y haba

PGHTZ= peso del grano de haba tamizado (g)

PGSTZ= peso del grano de soya tamizado (g)

SCSH= sucedáneo de café de soya y haba



Datos:

PGHTZ= 58,632g

PGSTZ= 38,532g

Entradas = salidas

$$PGHTZ + PGSTZ = SCSH$$

$$SCSH = 58,632g + 38,532g$$

$$SCSH = 97,064g$$

3.7. Cálculo de rendimiento de producto final

Masa inicial= 365,64g

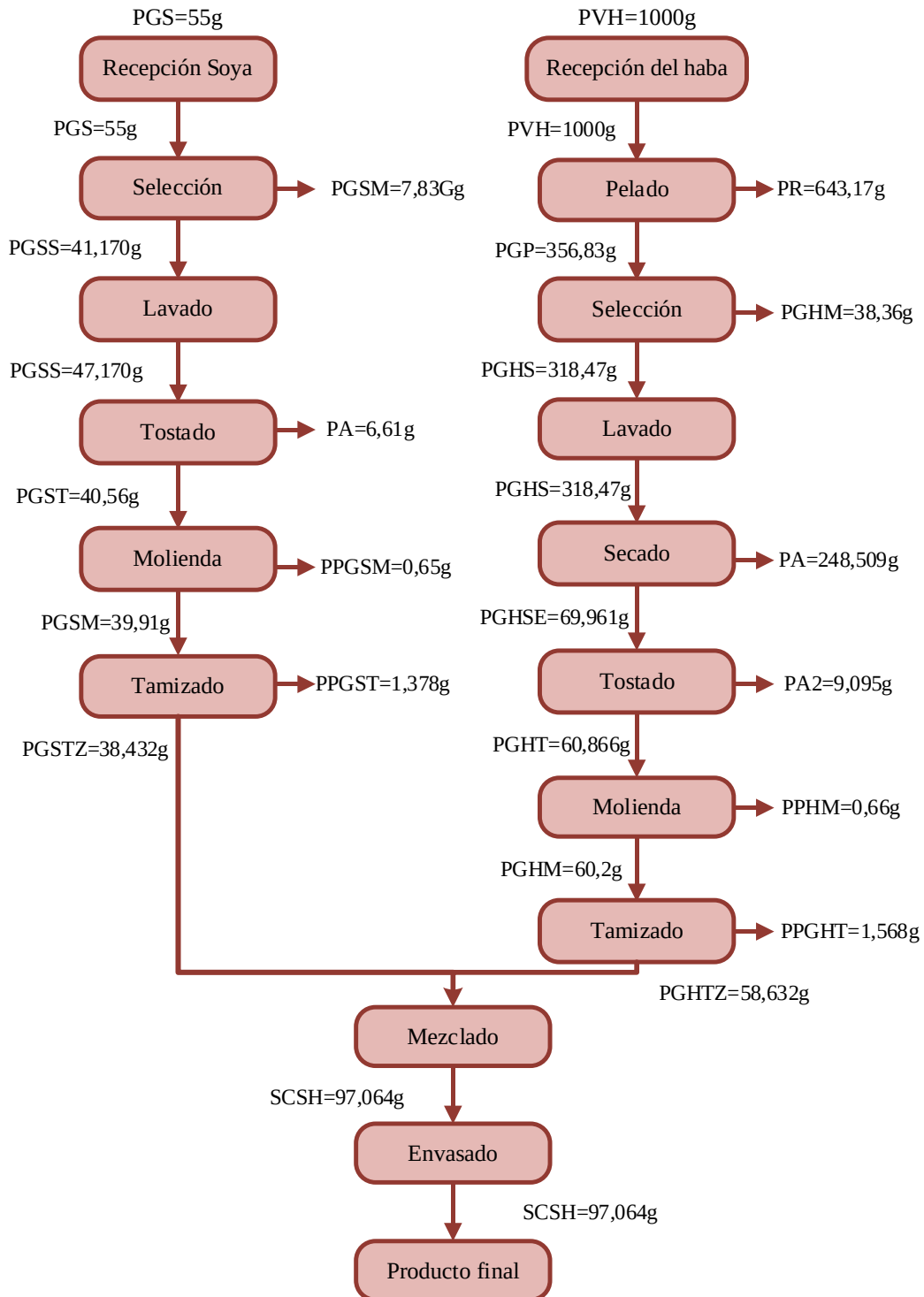
Masa final= 97,064g

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa final de café de soya y haba}}{\text{masa inicial (materia prima)}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{97,064\text{g}}{365,64\text{g}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 26,55\%$$

FIGURA III-9 Resumen general del balance de materia en el proceso de obtención del sucedáneo de café de soya y haba



Fuente: Elaboración propia, 2025

3.8. Balance de energía del sucedáneo de café de soya y haba

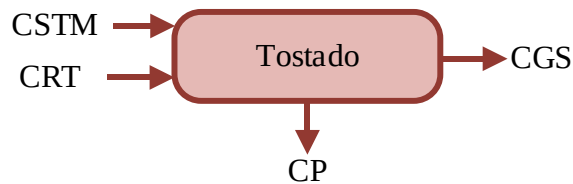
3.8.1. Balance de energía en la etapa del tostado de la soya

CSTM= Calor de la superficie del tostador manual

CRT= Calor requerido del tostador

CGS= Calor de los granos de soya

CP= Calor perdido



Cálculo de flujo de energía de la fuente de calor del quemador de gas, el poder calorífico del gas propano (C_3H_8) es de 2045,4 kJ/kg (Elvio Melendez Tohalino, 2009)

Consumo de gas $m = 0,002971$ kg/s (Distribuidoras de gas)

El flujo de calor del quemador es:

$$Q = q * m$$

Donde:

Q = flujo de calor del quemador

q = poder calorífico del gas propano

m = consumo de gas

Reemplazando valores en la ec. Anterior

$$Q = 2045,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0,002971 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 6,077 \text{ kJ/s}$$

3.8.1.1. Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual

El calentamiento se realiza durante 5min que equivalen a 300 seg para alcanzar la temperatura de 180°C de la superficie interna del tostador por lo cual con la siguiente ecuación:

$$Q = Q \cdot t$$

Donde:

Q= Calor para calentar la superficie interna del tostador a 180°C

t= tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación se tiene:

$$Q = 6,077 \frac{kJ}{s} * 300s$$

$$Q = 1820,1 \text{ kJ o } 435,014 \text{ Kcal}$$

3.8.1.2. Cálculo de calor requerido en el tostador de los granos de soya

La transferencia de calor es por conducción por lo tanto se aplica la ley de Fourier:

$$Q = k \frac{2\pi L(T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_1}{r_o}}$$

Donde:

Q= calor requerido

k= conductividad térmica del acero inoxidable

L= longitud de la olla

T_1 y T_2 = temperaturas superficiales del tostador

r_o y r_1 = radios de la olla

Reemplazando la ecuación

$$Q = 17,40 \frac{2 * (3,1415) * (0,22) * (181 - 180)}{\ln \frac{0,111}{0,11}}$$

$$Q = 2657,653 \text{ W o } 0,635 \text{ kcal/s}$$

El calor necesario para el tostado del grano de soya se calcula reemplazando datos. El tiempo de tostado es de 20min.

$$Q = 0,635 \text{ kcal/s} * 1200\text{s}$$

$$Q = 762 \text{ Kcal}$$

3.8.1.3. Cálculo de flujo de calor de los granos de soya

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

Donde:

m= flujo masico del producto (granos de soya) (0,000039308kg/s)

Cp= calor especifico del grano de soya

T₂= temperatura de tostado (180°C)

T₁= temperatura inicial (5°C)

Cálculo del calor especifico del grano de haba (Cp), usando la ecuación de Choi y Oikos, (1983)

$$Cp = 4,180Ma + 1,711Mp + 1,928Mg + 1,547Mc + 0,908Mm$$

Donde:

Ma= masa humedad

Mp= masa proteína

Mg= masa de grasa

Mc= masa de carbohidratos

Mm= Masa de cenizas

TABLA III-22 Composición del grano de soya

Parámetro	Resultado (g)	Resultado (kg)
Humedad	4,26	0,00426
Proteína	32,96	0,03296
Grasa	13,40	0,0134
Carbohidratos	43,66	0,04366
Ceniza	5,12	0,00512

Fuente: CEANID, 2025

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$C_p = 4,180 * (0,00426) + 1,711 * (0,03296) + 1,928 * (0,0134) + 1,547 * (0,04366) + 0,908 * (0,00512)$$

$$C_p = 0,1722 \text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Cálculo de flujo de calor de los granos de soya, aplicando la ecuación.

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{tostado soya}} = 0,000039308 \text{kg/s} * 0,1722 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (180 - 5) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,0011845 \text{ kJ/s o } 0,0002831 \text{kcal/s}$$

El tiempo de tostado es de 20 min, por lo tanto:

$$Q = Q * t$$

$$Q = 0,0002831 \text{Kcal/s} * 1200 \text{s}$$

$$Q = 0,33973 \text{Kcal}$$

3.8.1.4. Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de soya

$$Q_{total} = Q_{calentamiento} + Q_{tostado} + Q_{Café}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$Q_{total} = 435,014Kcal + 762Kcal + 0,33973Kcal$$

$$Q_{total} = 1197,3537Kcal$$

➤ Cálculo del calor perdido

$$Q_{calent} + Q_{tostado} = Q_{café} + Q_{perdido}$$

$$Q_{perdido} = Q_{calent} + Q_{tostado} - Q_{café}$$

$$Q_{perdido} = 435,014Kcal + 762 Kcal - 0,33973 Kcal$$

$$Q_{perdido} = 1196,67Kcal$$

$$Q_{calent} + Q_{tostado} = Q_{café} + Q_{perdido}$$

$$435,014Kcal + 762Kcal = 0,3393Kcal + 1196,67Kcal$$

$$1197,014Kcal = 1197,014Kcal$$

3.8.2. Balance de energía en la etapa del secado del haba

El secado se realizó en el secador de tiro forzado. Para determinar la cantidad de aire que se ocupara en el secador definimos el volumen de aire que entra en el mismo:

$$Volumen_{aire} = Ancho * Fondo * Alto$$

Donde:

Ancho= 45,000 cm

Fondo= 37,500 cm

Alto= 35,500 cm

$$Volumen_{aire} = 45,000cm * 37,500cm * 35,500cm$$

$$Volumen_{aire} = 59.906,25cm^3 = 60,000L = 0,060m^3$$

Se mencionan la densidad del aire y su capacidad calorífica a 40°C de la tabla A-9 del libro “Mecánica de fluidos, fundamento y aplicaciones” (Yunus Cengel y John Cimbala , 2005).

$$\rho_{aire} = 1,127kg/m^3$$

$$Cp_{aire} = 1,007kJ/kg\cdot K$$

La masa de aire en el secador se define como:

$$m_{aire} = Volumen_{aire} * \rho_{aire}$$

$$m_{aire} = 0,060m^3 * 1,127kg/m^3$$

$$m_{aire} = 0,06762kg = 67,620g$$

La entalpia de vaporización de agua saturada se saca de la tabla A-5 del libro “Termodinámica” (Yunus Cengel y Michael Boles , 2006).

$$\lambda_{evaporización} = 2256,500kJ/kg$$

Las temperaturas presentes en el proceso de secado será la temperatura del grano de haba húmedo, la temperatura final del grano y la temperatura del sistema.

$$T_{HH} = 20^{\circ}C = 293K$$

$$T_{sis} = 40^{\circ}C = 313K$$

$$T_{fin} = 40^{\circ}C = 313K$$

$$Q_{entregado} = Q_{absorbido}$$

$$Q_{entregado} = m_{aire} * Cp_{aire} * (T_{fin} - T_{sist}) + \lambda_{evaporización} * m_{HH}$$

$$Q_{entregado} = 67,620g * \frac{1,007kJ}{kg \cdot K} * (313 - 313)K + \frac{2256,500kJ}{kg} * 1000g$$

$$Q_{entregado} = 2256500 \text{ kJ}$$

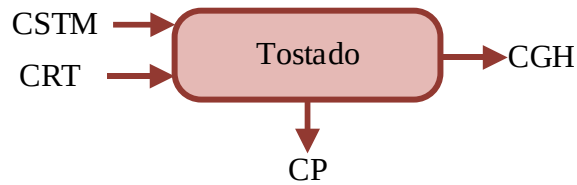
3.8.3. Balance de energía en la etapa del tostado del haba

CSTM= Calor de la superficie del tostador manual

CRT= Calor requerido del tostador

CTGH= Calor para el tostado de los granos de haba

CP= Calor perdido



Cálculo de flujo de energía de la fuente de calor del quemador de gas, el poder calorífico del gas propano (C_3H_8) es de 2045,4 kJ/kg (Elvio Melendez Tohalino, 2009)

Consumo de gas $m = 0,002971$ kg/s (Distribuidoras de gas)

El flujo de calor del quemador es:

$$Q = q * m$$

Donde:

Q = flujo de calor del quemador

q = poder calorífico del gas propano

m = consumo de gas

Reemplazando valores en la ec. Anterior

$$Q = 2045,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0,002971 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 6,077 \text{ kJ/s}$$

3.8.3.1. Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual

El calentamiento se realiza durante 5min que equivalen a 300 seg para alcanzar la temperatura de 230°C de la superficie interna del tostador por lo cual con la siguiente ecuación:

$$Q = Q * t$$

Donde:

Q= Calor para calentar la superficie interna del tostador a 230°C

t= tiempo necesario para el calentamiento

Reemplazando datos en la ecuación se tiene:

$$Q = 6,077 \frac{kJ}{s} * 300s$$

$$Q = 1820,1 \text{ kJ o } 435,014 \text{ Kcal}$$

3.8.3.2. Cálculo de calor requerido para el tostado de los granos de haba

La transferencia de calor es por conducción por lo tanto se aplica la ley de Fourier

$$Q = k \frac{2\pi L(T_1 - T_2)}{\ln \frac{r_1}{r_o}}$$

Donde:

Q= calor requerido

k= conductividad térmica del acero inoxidable

L= longitud de la olla

T_1 y T_2 = temperaturas superficiales del tostador

r_o y r_1 = radios de la olla

Reemplazando la ecuación:

$$Q = 17,40 \frac{2 * (3,1415) * (0,22) * (231,5 - 230)}{\ln \frac{0,111}{0,11}}$$

$$Q = 3986,479 \text{ W o } 0,953 \text{ kcal/s}$$

El calor necesario para el tostado del grano de haba se calcula reemplazando datos en la ec. El tiempo de tostado es de 25min.

$$Q = 0,953 \text{ kcal/s} * 1500\text{s}$$

$$Q = 1429,5 \text{ Kcal}$$

3.8.3.3. Cálculo de flujo de calor de los granos de haba

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

Donde:

m = flujo masico del producto (granos de haba) (0,00004664 kg/s)

Cp = calor especifico del grano de haba

T_2 = temperatura de tostado (230°C)

T_1 = temperatura inicial (5°C)

Cálculo del calor especifico del grano de haba (Cp), usando la ecuación de Choi y Oikos, (1983)

$$Cp = 4,180Ma + 1,711Mp + 1,928Mg + 1,547Mc + 0,908Mm$$

Donde:

Ma = masa humedad

Mp = masa proteína

Mg = masa de grasa

Mc = masa de carbohidratos

Mm = Masa de cenizas

TABLA III-23 Composición del grano de haba

Parámetro	Resultado (g)	Resultado (kg)
Humedad	64,91	0,06491
Proteína	10,52	0,01052
Grasa	0,10	0,0001
Carbohidratos	23,32	0,02332
Ceniza	1,15	0,00115

Fuente: CEANID, 2025

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$C_p = 4,180 * (0,06491) + 1,711 * (0,01052) + 1,928 * (0,0001) + 1,547 * (0,02332) + 0,908 * (0,00115)$$

$$C_p = 0,813 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Cálculo de flujo de calor de los granos de haba, aplicando la ecuación.

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{\text{tostado haba}} = 0,00004664 \text{ kg/s} * 0,813 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (230 - 5) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 0,008531 \text{ kJ/s o } 0,0020389 \text{ kcal/s}$$

El tiempo de tostado es de 25 min, por lo tanto:

$$Q = Q * t$$

$$Q = 0,0020389 \text{ Kcal/s} * 1500 \text{ s}$$

$$Q = 3,05835 \text{ Kcal}$$

3.8.3.4. Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de haba

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{calentamiento}} + Q_{\text{tostado}} + Q_{\text{Café}}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$Q_{\text{total}} = 435,014 \text{ Kcal} + 1429,5 \text{ Kcal} + 3,05835 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = 1867,5723\text{Kcal}$$

➤ **Cálculo del calor perdido**

$$Q_{\text{calent}} + Q_{\text{tostado}} = Q_{\text{café}} + Q_{\text{perdido}}$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{calent}} + Q_{\text{tostado}} - Q_{\text{café}}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 435,014\text{Kcal} + 1429,5 \text{ Kcal} - 3,0583 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 1861,46\text{Kcal}$$

$$Q_{\text{calent}} + Q_{\text{tostado}} = Q_{\text{café}} + Q_{\text{perdido}}$$

$$435,014\text{Kcal} + 1429,5\text{Kcal} = 3,0583\text{Kcal} + 1861,46\text{Kcal}$$

$$1864,51\text{Kcal} = 1864,51\text{Kcal}$$

CAPITULO IV
COSTOS DEL PROYECTO

4. Costos de elaboración del proyecto final

TABLA IV-1 Costo de materia prima

Materia prima	Unidades o capacidad	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costo
Soya	kg	5	8	40
Haba	kg	30	11	330
Total	370 (Bs)			

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-2 Costos de equipos y materiales de laboratorio

Equipos y materiales de laboratorio	Unidades o capacidad	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costos
Termómetro infrarrojo	Pieza	1	200	200
Olla de acero inoxidable	Pieza	1	140	140
Molino	Pieza	1	230	230
Cocina a gas	Pieza	1	150	150
Desecador	Pieza	1	20	20
Bandejas de acero	Pieza	2	35	70
Frascos de vidrio	150ml	12	7,5	90
Fuente	Pieza	1	30	30
Total	930 (Bs)			

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-3 Costos de materiales de limpieza

Materiales de limpieza	Unidades o capacidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo
Trapo	Pieza	2	7,50	15
Esponja	Pieza	1	3	3
Detergente Vajillero	500ml	1	12	12
Total	30 (Bs)			

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-4 Costos de análisis de laboratorio para la materia prima

Análisis de laboratorio	Cantidad	Precio (Bs)	Costo
Ceniza	2	32	64
Humedad	2	20	40
Grasa	2	48	96
Hidratos de carbono	2	8	16
Fibra	2	48	96
Proteína total	2	48	96
Valor energético	2	8	16
Total	424 (Bs)		

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-5 Costos de análisis de laboratorio para el producto final

Análisis de laboratorio	Cantidad	Precio (Bs)	Costo
Ceniza	1	32	32
Humedad	1	20	20
Grasa	1	48	48
Hidratos de carbono	1	8	8
Fibra	1	48	48

Proteína total	1	48	48
Valor energético	1	8	8
Total	212 (Bs)		

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-6 Costos extras

Costos extras	Unidad o capacidad	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Costos
Trabajo realizado por el investigador	días	80	250	3000
Material de escritorio	-	-	-	50
Impresiones	Hojas	450	0,30	135
Total	3185 (Bs)			

Fuente: Elaboración propia, 2025

TABLA IV-7 Costo total del proyecto

Descripción	Cantidad	Costo
Materia prima	2	370
Equipos y mat. de laboratorio	20	930
Materiales de limpieza	4	30
Análisis de materia prima	14	424
Análisis del producto final	7	212
Extras	3	3185
Total	5151 (Bs)	

Fuente: Elaboración propia, 2025

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la presente investigación aplicada para la obtención de un sucedáneo de café a partir de una mezcla de soya y haba, con base en los resultados obtenidos se establecieron las siguientes conclusiones:

- Se logró obtener un sucedáneo de café a partir de la mezcla de soya y haba, alcanzando características organolépticas aceptables en términos de aroma, sabor y color.
- Los análisis fisicoquímicos confirmaron que tanto la soya como el haba aportan un valor nutricional importante (proteínas, fibra y carbohidratos), esto posiciona al producto como una alternativa más saludable y funcional en comparación al café tradicional.
- El análisis sensorial determinó que la proporción óptima para la mezcla es de 40% de soya y 60% de haba, ya que esta combinación logró un equilibrio en color, sabor y aroma fue la preferida por el público.
- El balance de materia y energía realizado permitió determinar un rendimiento global del 26,55%, lo que revela una eficiencia significativa en la transformación de la materia prima en el producto final.
- Las características del café obtenido son: ceniza 4,93%, fibra 6,30%, grasa 7,08%, hidratos de carbono 54,27%, humedad 1,28%, proteína total 32,44% y valor energético 408 kcal/100g.
- En el ámbito social, el producto se plantea como una alternativa sostenible, libre de cafeína, adecuada para consumidores sensibles y con la ventaja de diversificar la dieta de la población.

5.2. Recomendaciones

- Habilitar en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU), un tostador adecuado con el fin de facilitar futuras investigaciones enfocadas en el proceso de tostado.
- Analizar el potencial para la producción a escala industrial, considerando la adquisición de equipos automatizados de tostado y molienda, para optimizar la capacidad de producción.
- Profundizar en estudios de impacto ambiental, principalmente en la etapa de tostado, para poder implementar tecnologías más limpias y que utilicen energía de manera más eficiente.
- Evaluar la viabilidad comercial del producto en los mercados locales y regionales, presentándolo como una alternativa al café convencional y a otros sucedáneos presentes en el mercado.