

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE FRIJOL - PHASEOLUS
VULGARIS L.**

TRABAJO DE MONOGRÁFICO REALIZADO POR:

Br. Renan Antonio Muñoz Urbina

Br Byron de Jesús Bravo Urbina

Para optar por el título de:

Ingeniero Químico

Tutor:

MGPD. Ing. Silvano Cruz Sánchez

Managua, abril 2022

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| I. RESUMEN | 4 |
| II. INTRODUCCIÓN | 5 |
| III. OBJETIVOS | 6 |
| IV. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 4.1. Valor nutricional del grano de frijol..... | 8 |
| 4.2. Harina y sus tipos..... | 8 |
| 4.3. Harinas de leguminosas..... | 9 |
| 4.4. Harina de frijol | 9 |
| 4.5. Heurísticas del diseño de procesos..... | 10 |
| 4.6. Selección de equipos..... | 11 |
| 4.7. Estimación de la inversión en equipos de proceso..... | 13 |
| 4.8. Cálculo del costo anual de fabricación | 15 |
| V. METODOLOGÍA | 16 |
| 5.1. Controles de calidad | 16 |
| 5.2. Validación de las etapas del proceso de producción..... | 17 |
| 5.3. Capacidad instalada | 19 |
| 5.4. Descripción del proceso de producción..... | 19 |
| 5.5. Métodos cortos de diseño de equipos | 21 |
| 5.6. Estimación del costo anual de manufactura..... | 32 |
| 5.6.1. Costos fijos directos | 32 |
| 5.6.2. Costos fijos indirectos | 34 |
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 35 |
| 6.1. Parámetros de calidad | 35 |
| 6.2. Observaciones de la prueba de laboratorio..... | 36 |
| 6.3. Balance de materia y energía..... | 37 |
| 6.6 Estimación del costo en equipos..... | 38 |
| 6.4. Estimación de la inversión de capital fijo..... | 39 |
| 6.5. Estimación del costo anual de manufactura..... | 40 |
| VII. CONCLUSIONES | 41 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 42 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA | 43 |
| X. ANEXOS | 45 |

| | |
|---|----|
| Esquema tecnológico de proceso | 73 |
| Características de los equipos del proceso de producción..... | 78 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Composición del frijol rojo en 100 g | 8 |
| Tabla 2 Factores de escala y diseño de equipo..... | 12 |
| Tabla 3. Precisión de estimación de inversiones | 13 |
| Tabla 4. Factores de módulos..... | 14 |
| Tabla 5. Datos para el diseño del equipo de proceso..... | 21 |
| Tabla 6. Método corto para el diseño de un transportador vibratorio | 22 |
| Tabla 7. Criterio y datos para la especificación del equipo de molino de discos | 27 |
| Tabla 8. Criterio y datos para la especificación de cribas vibratorias..... | 29 |
| Tabla 9. Identificación y eficiencia de una bomba centrífuga radial | 31 |
| Tabla 10. Parámetros de calidad del frijol rojo..... | 35 |
| Tabla 11. Parámetros de calidad del agua potable..... | 35 |
| Tabla 12. Parámetros de la harina de frijol..... | 36 |
| Tabla 13. Estimación de la inversión en equipos..... | 38 |
| Tabla 14. Estimación de la inversión de capital fijo..... | 39 |
| Tabla 15. Estimación del costo de manufactura | 40 |
| Tabla 16. Costo de Materia prima e insumos | 74 |
| Tabla 17. Costo de energía eléctrica..... | 74 |
| Tabla 18. Costo de mano de obra | 75 |
| Tabla 19. Costo de servicios..... | 76 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Cadena productiva del frijol rojo | 7 |
| Figura 2. Costos involucrados en el costo de fabricación | 15 |
| Figura 3. Molido de discos manual | 17 |
| Figura 4. Molienda de los frijoles cocidos..... | 17 |
| Figura 5. Tara al momento de cerrar la mufla | 18 |
| Figura 6. Tara con una película de 1 mm de frijoles molidos | 18 |
| Figura 7. Relación tiempo vs. pérdida de humedad en el secado de frijoles cocidos molidos..... | 18 |
| Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de la harina de frijol | 20 |
| Figura 9. Eficiencia de una bomba centrífuga radial..... | 30 |
| Figura 10. Harina de frijol cocidos molidos..... | 36 |
| Figura 10. Balance de materia y energía del proceso de producción..... | 37 |
| Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de producción | 73 |
| Figura 12. Anatomía del grano de frijol | 46 |

I. RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE FRIJOL - PHASEOLUS VULGARIS L., considerando desde la materia prima hasta su costo anual de manufactura.

A nivel nacional, el frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) se considera uno de los alimentos más importantes, el cual es parte del gallo pinto y otros productos de la dieta del nicaragüense. Dicho grano es fuente de diversos nutrientes, tales como tiamina, niacina, magnesio, entre otros (Instituto de nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2012).

Los criterios de calidad tanto de la materia prima, insumos y producto terminado (harina de frijol) se basaron en las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüense [NTON], siendo éstas: NTON 16-002-00, NTON 03-0037-07; normas CAPRE y una norma extrajera aplicable a diferentes tipos de harina. Es importante mencionar, que en el país no existe una NTON referida a la harina de frijol.

Para fines de cálculo, se definió una capacidad de producción de 1,824.00 toneladas métricas por año, lo que equivale a 1.5% de las exportaciones de dicho grano en el periodo 2019-2020 (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN], 2019a).

Antes de realizar la selección de equipos, se realizó la descripción del proceso de producción, diagrama de flujo y el balance de materia y energía, resultando un total de 12 equipos para la elaboración de harina de frijol, siendo estos: cribas vibratorias, transportadores de tornillo sin fin, secador rotatorio, molino de discos y empacadora. La harina de frijol se empaca en sacos de polipropileno con capacidad de 45.45 kg.

Para la estimación de la inversión de capital fijo (ICF) como del costo anual de manufactura (CAM), se utilizó la metodología propuesta por Peters et al. (2003), considerando una planta de prosamiento de sólidos, con ello se obtuvo un ICF de USD 239,211.16 con un CAM equivalente de USD 1,691,250.20.

La harina de frijol se puede utilizar para la formulación de productos alimenticios, tales como: sopas, productos de panificación, mezclas nutritivas balanceadas para infantes, entre otros.

II. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) es uno de los alimentos más importantes en la dieta de los nicaragüenses. Dicho cultivo genera más de 400,000 empleos directos e indirectos que benefician la economía familiar (GRUN, 2019b).

En el último ciclo productivo (GRUN, 2019a) se cultivaron 2,268.69 kilómetros cuadrados de frijol rojo (321.8 miles de manzanas), para una producción de 195.43 millones de kilogramos (4.3 millones de quintales).

El grano de frijol es fuente de proteínas, fibra, tiamina, niacina, magnesio, potasio, zinc, entre otros nutrientes (INCAP, 2012), lo cual lo hace un alimento con alto valor nutricional.

En la industria de panificación, la harina de trigo es la más utilizada por su contenido de proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad. No obstante, el trigo es deficiente en lisina, aminoácido esencial para los seres humanos. También, al poco contenido de fibra de la harina utilizada para la elaboración de pan es insignificante. Una alternativa para mejorar las deficiencias nutricionales del trigo son las leguminosas, ya que contienen lisina, pero son deficientes en metionina, aminoácido esencial que se encuentra presente en los cereales. Una mezcla de harina de trigo con harinas de leguminosas brinda obtener productos de panificación con alta calidad proteica (Torres et al., 2014).

Considerando la disponibilidad de los granos de frijol rojo y su valor nutricional, es relevante brindar un valor agregado mediante su transformación industrial, por ejemplo, harina de frijol para su uso como materia prima en diversos productos (n(o)vid, 2004), tales como: pan, tortillas, rosquillas, snack, entre otros.

El presente trabajo monográfico persigue brindar una alternativa de valor agregado a las cosechas de frijol rojo mediante la elaboración de harina de frijol, así mismo, que sirva como materia prima para brindar alternativas en la innovación de nuevos productos alimenticios.

III. OBJETIVOS

Objetivo General

- Proponer un diseño de una línea de producción de harina de frijol - PHASEOLUS VULGARIS L.

Objetivos Específicos

- Validar las etapas del proceso de elaboración de harina de frijol a nivel de laboratorio.
- Dimensionar la tecnología (equipos y maquinarias) de la línea de producción de harina de frijol considerando una capacidad de producción predefinida.
- Estimar el costo de manufactura de la línea de producción de harina de frijol -PHASEOLUS VULGARIS L.

IV. MARCO TEÓRICO

El frijol es uno de los alimentos más importante en la dieta de los nicaragüenses. En el país, el frijol rojo se cultiva en tres épocas del año, conocidas como: Primera (junio a agosto), postrera (septiembre a diciembre) y apante (diciembre a marzo). En el ciclo de cosecha 2018/2019 (GRUN, 2019a) se cosecharon 2,268.69 kilómetros cuadrados de frijol rojo, para una producción de 195.43 millones de kilogramos, 2.0% superior a la del ciclo anterior.

En la actualidad, se han mejorado 13 variedades de frijol criollo (Ver anexo A. Anatomía del grano de frijol) adaptadas al cambio climático y en cantidad suficiente para contribuir a la seguridad alimentaria (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2020).

Las principales zonas de cultivo de frijol rojo son los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Regiones de la Costa Caribe, con más del 60% de la producción nacional (GRUN, 2019a). La siguiente ilustración, presenta la cadena productiva del frijol en Nicaragua (Nitlapan, 2007):

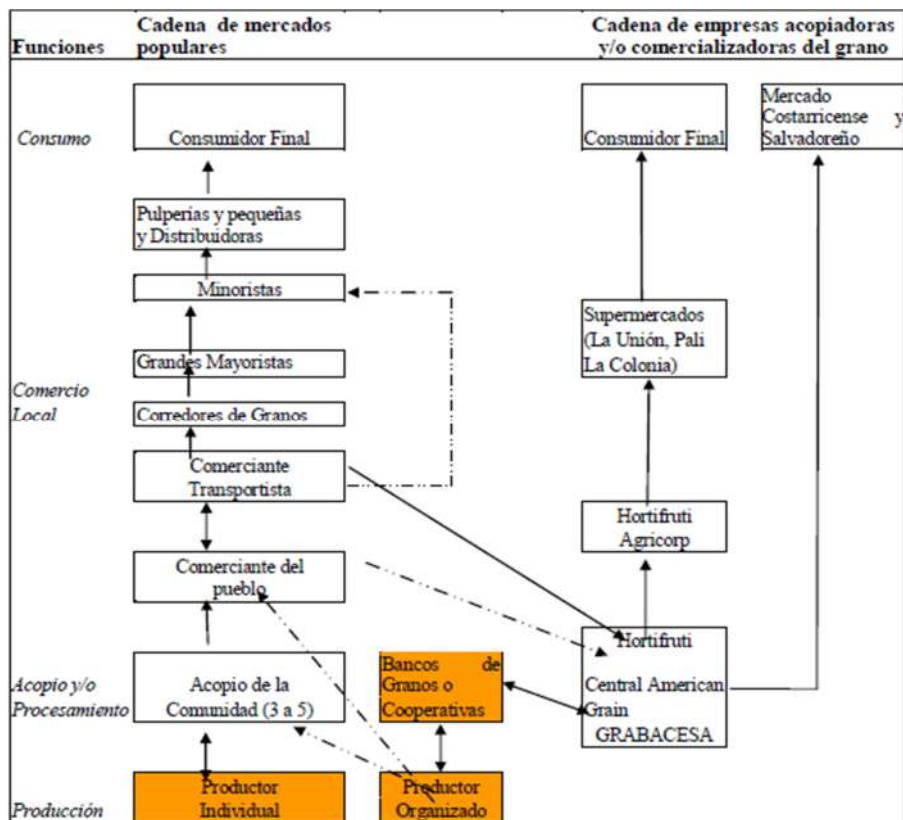


Figura 1. Cadena productiva del frijol rojo

Nota: Tomado de (Nitlapan, 2007)

4.1. Valor nutricional del grano de frijol

El grano de frijol cuenta con valores entre el 21 y 24% de proteínas, siendo el nutriente más importante de dicho grano. En fibra vegetal, 100 g de frijoles brindan 15.2 g de fibra, más de la mitad de la cantidad diaria recomendada (n(o)vid, 2004).

Los beneficios de la fibra es evitar el estreñimiento, reducir el nivel de colesterol en la sangre, prevenir el cáncer de colon y recto. Es ideal para los hipertensos, debido a su escasez de sodio y abundancia en potasio. Es buena fuente de niacina y de ácidos pantoténico; estos dos factores vitamínicos son necesarios para la piel y contribuyen a la belleza del cutis (n(o)vid, 2004).

En la siguiente tabla se presenta la composición nutricional del grano de frijol:

Tabla 1. Composición del frijol rojo en 100 g

| | Agua % | Energía kcal | Proteína g | Grasa total g | Carbohidratos g | Fibra total g | Calcio g | Tiamina g |
|--|-----------|-----------------|---------------|------------------|--------------------|---------------------|-------------|--------------|
| Frijol rojo, grano seco | 11.75 | 337 | 22.53 | 1.06 | 61.29 | 15.20 | 83 | 0.61 |

Nota: Adaptado de (INCAP, 2012)

4.2. Harina y sus tipos

Harina “es el producto obtenido de la molturación del grano del cereal y constituido fundamentalmente por el endospermo, con una granulometría tal que el 90 por cien de sus partículas pase a través de un tamiz de 180 micras de luz de malla, a excepción de la harina de trigo morena, en que pasa el 80 por ciento de las partículas (Real Decreto 677/2016 , 2016)”. Así mismo, la denominación estará formada por el genérico «harina» seguido por el nombre del cereal de procedencia.

En el país no existe una Norma Técnica Nicaragüense Obligatoria (NTON) sobre las harinas obtenidas granos diferentes al trigo, sin embargo, existe la NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones.

Los diferentes tipos de harinas, a continuación, se definen (Real Decreto 677/2016 , 2016):

- Harina de trigo: es la harina obtenida de la molturación del grano de trigo.
- Harina integral: es el producto resultante de la molturación del grano de cereal y cuya composición corresponde con la del grano del cereal íntegro.

- Harina con salvado: es el producto resultante de la mezcla de una harina con salvado procedente de uno o varios cereales.
- Harina compuesta: Elaboradas con cereal, plantas leguminosas, oleaginosas y otros productos, que se usan para preparar alimentos de alto valor nutritivo (Elías, s.f).

4.3. Harinas de leguminosas

Las tendencias del consumidor se han visto reflejado en la búsqueda de nuevas alternativas de alimentos, siendo una de ellas las harinas de fuentes no convencionales. En el caso de las leguminosas son fuentes de lisina y triptófano, pero pobres en el aminoácido sulfurado metionina. Mientras que, los cereales son pobres en lisina. Consecuentemente, la combinación harinas de leguminosas con harina de cereales permite que ambos alimentos complementen sus respectivos perfiles de aminoácidos esenciales, es decir, se genera una mezcla de mejor calidad proteica (Torres et al., 2014).

En dependencia del tipo de legumbre, antes de la molienda son escaldadas para inactivar enzimas indeseables o son sometidas a remojo y cocción; posteriormente, los granos son secados, molidos y tamizados. En el caso de nuevos productos de panadería, el uso de harinas de leguminosas enriquece nutricionalmente las mezclas, para ello, la harina de trigo es parcialmente sustituida por dichas harinas, esto mejora los productos y reduce los costos de producción (Torres et al., 2014). No obstante, Elías (s.f) comenta que para el uso de harinas de legumbres u otro tipo en la panificación, se debe tener en cuenta la cercanía de la materia prima, evaluación de calidad, procesamiento y comercialización.

4.4. Harina de frijol

La harina de frijol presenta diferentes usos de productos alimenticios, tales como: postres, sopas, galletas, mezclas nutritivas balanceadas para infantes, entre otros.

Para el procesamiento del frijol en la elaboración de harina, Hernández et al. (2017) explican que en el acondicionamiento del grano se obtienen pérdidas del 5% debido a impurezas. Para valorar el tiempo de cocción, se realizaron dos muestras: una con remojo por 6 horas y otra sin remojo; en una olla de acero inoxidable se calentó agua a 94 °C y, en procesos separados se agregaron las muestras de frijol. Con ello se determinó que los frijoles en remojo absorben un 81% en peso de agua y logran reducir el tiempo de cocción en un 42% comparado a los frijoles sin remojo. La temperatura y tiempo de secado fue de 75 °C y 7 horas,

respectivamente, obteniéndose una harina con 13% de humedad. En el análisis sensorial realizado al producto, se obtuvieron resultados satisfactorios para el panel evaluador.

En otro estudio, Blandón y Larios (2019) dejaron en remojo granos de frijol durante 3, 6 y 12 horas; posteriormente, se retiró el agua de remojo y los frijoles se cocieron a 100 °C en un horno. Se determinó que al matener los frijoles en remojo por 12 horas se reduce en un 40% el tiempo de cocción. En el caso del secado, se utilizó una temperatura de 60 °C y 24 horas para obtener una harina con el 9% de humedad. El rendimiento del proceso fue de 68.7%, con las 12 horas de remojo. En el análisis sensorial realizado al producto, se obtuvieron resultados satisfactorios de parte del panel evaluador.

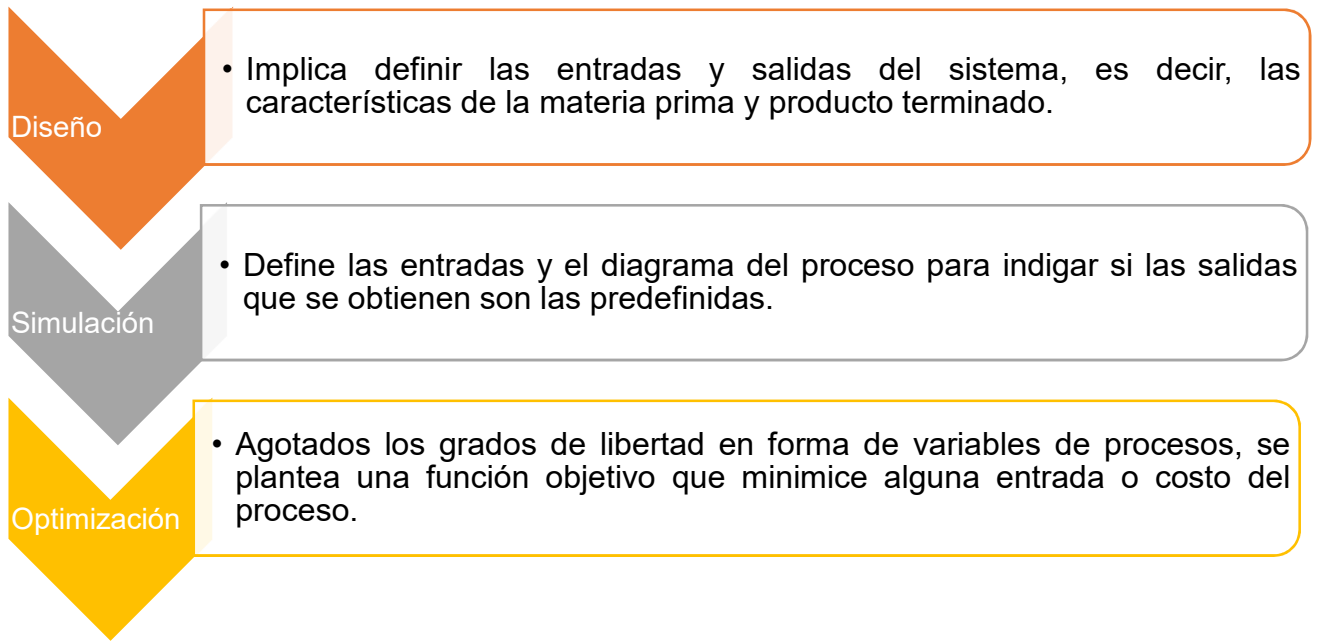
Por su parte, Aráuz y Ortiz (2005), validaron que la humedad del grano de frijol no es significativa para su procesamiento. Para la cocción no realizaron un remojo al grano, sino utilizaron una marmita a 137.9 kPa a 100 °C durante 60 minutos, con una relación 1:3 frijol - agua. Se utilizó un presecado (90 °C) y tostado (35 minutos) para obtener una harina con humedad del 5.8%. El producto elaborado se sometió a un análisis sensorial, resultado satisfactorio de parte del panel evaluador.

4.5. Heurísticas del diseño de procesos

El diseño conceptual de los procesos para la fabricación de productos con un valor agregado mediante materias primas de bajo valor, se puede realizar mediante un diseño modular en una secuencia de operaciones unitarias, lo cual sirven como bloques de construcción para ensamblar acciones de procesamiento en los diagramas de bloques.

Existen diferentes metodologías para el diseño de los procesos, no obstante, la más utilizada es la estrategia de Douglas, que se basa en una jerarquía de varios niveles de decisión. Dicho método recomienda, proceder de acuerdo a una serie de niveles, elaborar secuencialmente el diagrama de proceso, explorando varias alternativas, se empieza con un diagrama de un solo bloque y las corrientes de entrada y salida del proceso, hasta terminar en un diagrama, con los balances de materia y energía alrededor de todos los equipos.

Es la creación de alternativas para el desarrollo de diagramas de flujo que faciliten la transformación de materias primas y productos químicos especificados. Se pueden establecer tres etapas para la síntesis de procesos (Jiménez, 2003):



El diagrama de flujo de proceso permite conceptualizar la transformación de materias primas en productos deseados, siguiendo las siguientes etapas de transformación (Jiménez, 2003):

- 1) Definir las reacciones involucradas
- 2) Establecer la distribución de especies
- 3) Diseñar los sistemas de separación
- 4) Diseñar sistemas con integración de energía
- 5) Incorporar criterios de seguridad de procesos
- 6) Analizar los aspectos ecológicos pertinentes.

4.6. Selección de equipos

Para realizar un diseño preliminar de un proceso (Peters et al., 2003), el primer paso es establecer las bases para dicho diseño. Considerando las especificaciones del producto y la disponibilidad de las materias primas, factor de funcionamiento anual, temperatura del agua de refrigeración, presiones de vapor disponibles, combustible utilizado, etc.

El segundo paso consiste en elaborar un diagrama de flujo simplificado mostrando los procesos que intervienen y las operaciones unitarias. La realización del balance de materia y energía, para determinar, entre otras, las tasas de flujo y las condiciones de las corrientes, rendimientos, tasas de reacción y ciclos de tiempo. Se determina la temperatura, la presión y la composición de cada flujo de proceso.

En el caso del equipo, muchos detalles son manejados por los fabricantes, sin embargo, el ingeniero químico debe suministrar la información básica de diseño, tales como:

- Materiales de construcción apropiados,
- Condiciones de operación,
- Rangos de variación,
- Entre otra información.

Para equipos convencionales (intercambiadores de calor, columnas de destilación, bombas, etc.) se pueden diseñar de manera adecuada sin utilizar datos de pruebas pilotos. En la siguiente tabla se presentan factores importantes en el diseño de los diferentes tipos de equipo:

Tabla 2 Factores de escala y diseño de equipo

| Equipo | ¿dato planta piloto? | de | Principales variables para el diseño operacional | Principales variables que caracterizan el tamaño o la capacidad | Relación máxima escalamiento basada en la variable caracterizadora | Factor de sobrediseño % |
|--|----------------------|----|--|---|--|-------------------------|
| Bombas centrífugas | No | | Cabeza de descarga | Velocidad de flujo de Entrada de Impulsor Diámetro | > 100:1 > 100:1 10:1 | 10 |
| Torres de enframamiento | No | | Humedad del aire de Caída temperatura | Tasa de flujo de Volumen | > 100:1 10:1 | 15 |
| Filtros rotatorios | Si | | Resistencia de la torta o permeabilidad | Tasa de flujo de Área de filtración | > 100:1 25:1 | 20 |
| Intercambiadores de tubo y coraza | No | | Temperatura de Viscosidad de Conductividad térmica | Tasa de flujo de Área de transferencia de calor | > 100:1 > 100:1 | 15 |

Nota: Adaptado de (Peters et al., 2003)

4.7. Estimación de la inversión en equipos de proceso

Una estimación aceptable puede servir para discriminar alternativas o evitar esfuerzos de tiempo y dinero en proyectos de inversión que no ofrezcan un buen rendimiento económico. El nivel de precisión en las estimaciones del costo de inversión varía dependiendo del nivel de desarrollo del proyecto:

Tabla 3. Precisión de estimación de inversiones

| Tipos de estimación | Base general | Precisión probable % |
|------------------------------------|---|----------------------|
| Orden de magnitud | Información previa sobre costos similares | 40 |
| Estudio vía factores de estimación | Conocimiento de un diagrama de flujo | 25 |
| Estudio preliminar | Datos suficientes para la preparación de un presupuesto | 12 |
| Definitivo (control del proyecto) | Datos detallados, pero diagramas incompletos | 6 |
| Detallado (firma consultora) | Diagramas y especificaciones completas | 3 |

Nota: Adaptado de (Jiménez, 2003).

Los métodos de estimación requieren de un diagrama de flujo que presente los principales componentes de equipos y sus dimensiones, lo cual sigue el siguiente proceso (Jiménez, 2003):

- Estimación del costo base de las unidades de equipos.
- Uso de factores de experiencia para incluir los accesorios adicionales para la operación de esos equipos de proceso.

Método de Lang

Implica sumar primero el costo base de los principales componentes del proceso y en seguida se multiplica por una serie de factores de experiencia:

Ecuación 1

$$I_f = f_L I_e$$

Donde:

f_L : Factor de Lang

$$f_L = (1 + \sum f_i) f_1$$

Donde: I_f es la estimación de la inversión completa del proceso. I_e es el costo de los principales equipos, f_i un factor para la estimación del costo de tuberías, instrumentos, edificios y f_i toma en cuenta los gastos indirectos, tales como honorarios de ingenieros, contratistas, etc.

Los valores del factor de Lang para ciertos tipos de planta son (Jiménez, 2003):

- Productos sólidos: 3.10
- Mezclas de sólidos y fluidos: 3.63
- Productos de fluidos: 4.74

Método de Guthrie

El método inicia con la estimación de un costo base en función de alguna dimensión del equipo. El costo base implica acero al carbón como material de construcción, una geometría base del equipo, una presión de operación moderada y un año base de 1968. Dicho costo se corrige al incorporar datos del material de construcción, geometría, presión y año para la estimación del equipo deseado (Jiménez, 2003).

El procedimiento es el siguiente:

- Obtener el costo base para una geometría base, acero al carbón y 1968, C_b .
- Ajustar el costo base por efecto de la geometría requerida para el equipo y el material de construcción, C_{fob}
- Factor del módulo desnudo: $C_b \times \text{factor} = C_{md}$
- Sumar diferencia entre la unidad deseada y la base: $C_{md} + (C_{fob} - C_b) = C_{mda}$
- Ajustar el costo hacia el año deseado usando índices de costos.
- Añadir contingencias: $C_{módulo} = 1.15C_{mda}$

En la siguiente tabla se brindan algunos factores de módulo:

Tabla 4. Factores de módulos

| Unidad | Factor de módulo |
|-------------------------------|------------------|
| Hornos de proceso | 2.30 |
| Calentadores de fuego directo | 2.30 |
| Intercambiadores de calor | 3.39 |
| Enfriadores de aire | 2.54 |
| Recipientes verticales | 4.34 |
| Bombas | 3.48 |

Nota: Tomado de (Jiménez, 2003)

4.8. Cálculo del costo anual de fabricación

Llamado también costos operativos o de producción. Los gastos directamente relacionados con la operación de fabricación o el equipo físico de una planta de proceso en sí están incluidos en los costos de fabricación.

Dichos gastos se dividen en tres clasificaciones en

- Costos directos de producción,
- Cargos fijos, y
- Gastos generales de la planta

Los diferentes elementos presentes en el costo de producción se presentan en la siguiente ilustración:

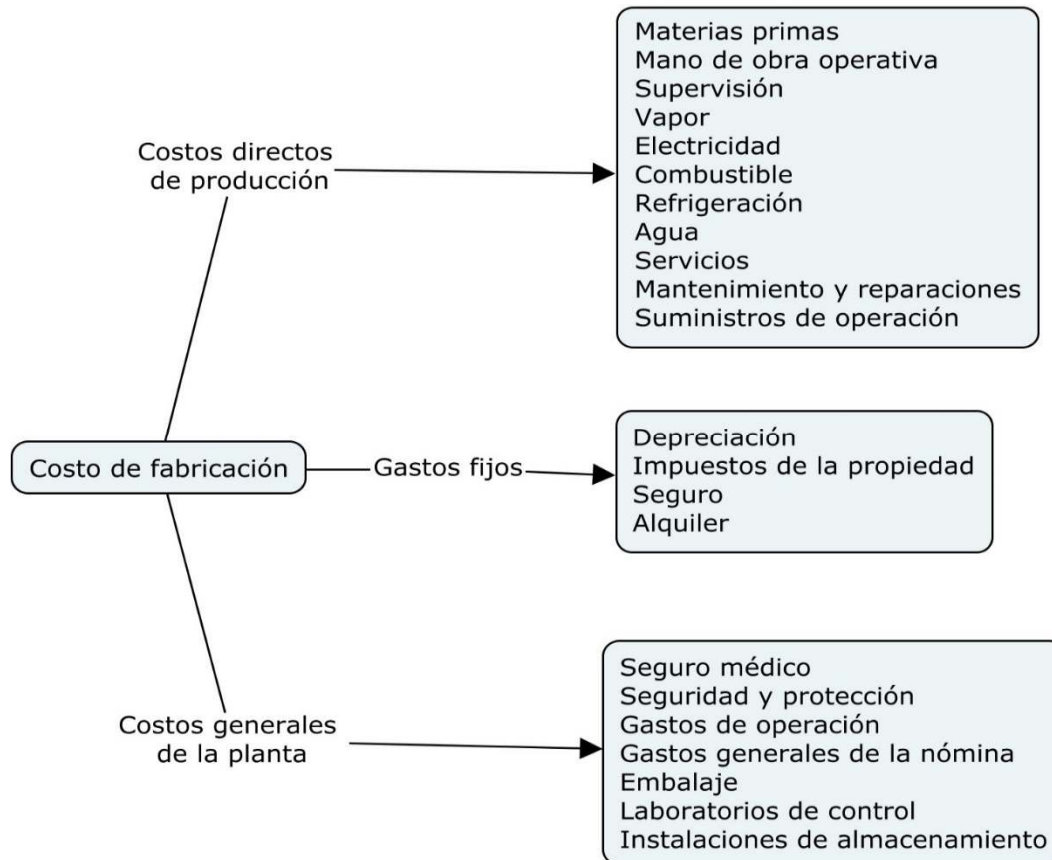


Figura 2. Costos involucrados en el costo de fabricación

Nota: Adaptado de (Peters et al., 2003)

V. METODOLOGÍA

Los procedimientos que se realizaron para alcanzar los objetivos propuestos fueron los siguientes:

5.1. Controles de calidad

- **Frijol rojo**

Para definir los parámetros de calidad en el procesamiento del frijol rojo se utilizó la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 16-002-00 para frijol en grano, donde define al frijol rojo (ver anexo B. NTON 16-002-00 para frijol en grano):

Se entenderá por frijol rojo todo lote de frijol en grano que presente dicho color en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más del 5% de frijol de otras clases. En dicha NTON se establecen los grados de calidad que debe presentar el frijol en grano.

- **Agua potable**

La calidad del agua utilizada en el proceso está regida por las normas de calidad del agua para consumo humano (CAPRE, 1994), siendo su objetivo:

Proteger la salud pública y por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua.

- **Producto terminado**

Tanto en el país como a nivel internacional no existe una normativa específica para harina de frijol, por lo que se considerarán las siguientes normativas:

- Real Decreto 677/2016, norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales (ver anexo C. Real Decreto 677/2016 Norma de calidad para las harinas).
 - Características de los productos terminados.
- NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07: Harinas. Harina de trigo fortificada. Especificaciones (ver anexo D. NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07: Harinas).
 - Características y especificaciones

5.2. Validación de las etapas del proceso de producción

Con el fin de estimar los parámetros de cada etapa de la elaboración de harina de frijol, se procedió a validar dichas etapas en una práctica de laboratorio en las instalaciones del laboratorio de operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería Química.

A nivel general, se realizó el siguiente procedimiento:

- Limpieza y pesaje (utilizando una balanza digital) de 1 kg de frijol rojo.
- La capacidad de absorción de agua (CAA) de los frijoles durante el lavado por 2 minutos, se calculó:

$$CAA = \frac{\text{Peso de la muestra lavada} - \text{peso inicial de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

$$CAA = 2.5\%$$

- Cocción de los frijoles en una olla de presión. Se agregaron 3 litros de agua y el proceso duró 2 horas.
- Filtrado (utilizando un colador casero) de la mezcla. Se separó el líquido (sopa) de los frijoles cocidos.
- Los frijoles cocidos se molieron en un molino de discos manual.



Figura 3. Molido de discos manual



Figura 4. Molienda de los frijoles cocidos

- Para realizar el secado (se utilizó una mufla), se pesaron 100 g de frijoles molidos en una tara de acero inoxidable. Los frijoles se distribuyeron uniformemente en la tara hasta crear una película de 1 mm.
- Se precalentó el horno durante 30 minutos a 70°C. Se introdujo la muestra en el horno comenzando el proceso de secado a las 12:10 p.m. Se realizaron pesajes en intervalos de 30 minutos.



Figura 5. Tara al momento de cerrar la mufla



Figura 6. Tara con una película de 1 mm de frijoles molidos

En la siguiente figura se presenta la relación tiempo y pérdida de humedad de los frijoles cocidos molidos durante el secado:

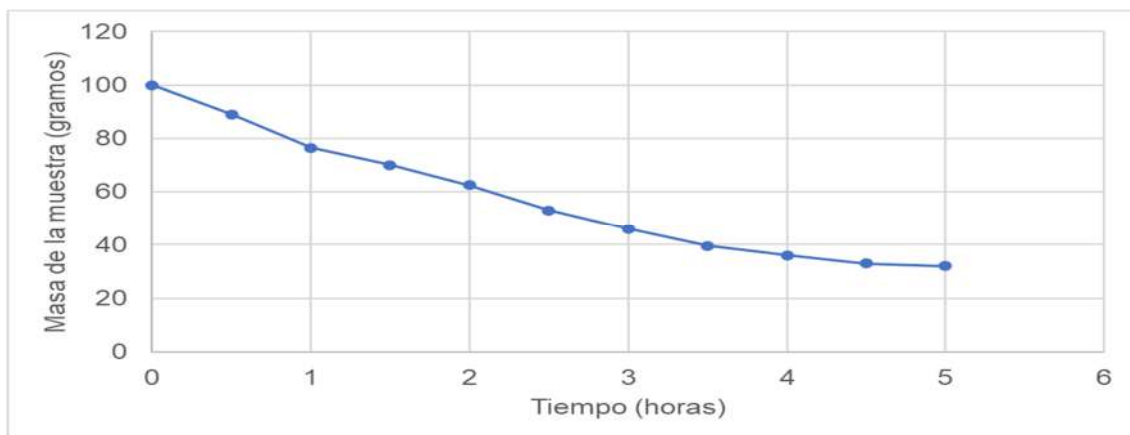


Figura 7. Relación tiempo vs. pérdida de humedad en el secado de frijoles cocidos molidos

- El secado de detuvo cuando el peso de los frijoles cocidos molidos se mantuvo constante. Se retiró la masa seca de la tara y se procedió a triturarla.

5.3. Capacidad instalada

El proceso es por lotes, debido al secado que dura 2 horas, por lo que, se definió una capacidad de procesamiento de frijol rojo de 6 toneladas métricas por día (t/d), o bien, 1,824.00 t/año.

En 2 turnos de 8 horas, se tienen 6 lotes de secado con una consideración de 304 días laborables.

Dicha capacidad de producción equivale al 1.5% de las exportaciones de frijol rojo en el ciclo productivo 2019-2020 (GRUN, 2019a).

5.4. Descripción del proceso de producción

Los frijoles rojos se almacenan en silos para su posterior uso en el proceso. El procesamiento del frijol es el siguiente:

Selección y limpieza: Los granos de frijol caen sobre una criba vibratoria para eliminar suciedad y materia extraña, al mismo tiempo, se realiza una inspección manual para garantizar la limpieza. Se tiene una pérdida del 2%.

Lavado: Los frijoles se lavan en una lavadora, en una relación 1:1, durante 2 minutos, para eliminar toda suciedad presente en los granos. En la etapa se tiene una pérdida del 0.5%.

Cocción: Utilizando un tronillo sin fin, los frijoles lavados caen sobre una marmita. En una relación de 1:3 de frijol y agua, se procede a tapar la marmita y alimentar vapor saturado a 137.9 kPa durante 60 minutos.

Finalizada la cocción, los frijoles cocidos caen en una tolva que conecta un tornillo sin fin para eliminar el agua de cocción (sopa) y trasladarlos a la tolva del secador rotatorio. Los frijoles absorben 17.6% del agua de cocción.

Secado: Los frijoles cocidos se secan a 73 °C durante 2 horas hasta obtener un producto con 12% de humedad.

Molienda: Los frijoles secos pasan por un molino de discos para obtener la harina de frijol. En la etapa se tiene una pérdida del 1%.

Cribado: La harina obtenida se hace pasar por una criba vibratoria con mallas N° 70 (212 µm). En la etapa se tiene una pérdida del 1%

Empaque: El producto terminado se empaca en sacos de polipropileno con capacidad de 45.45 kg.

A continuación, se presenta el diagrama de proceso:

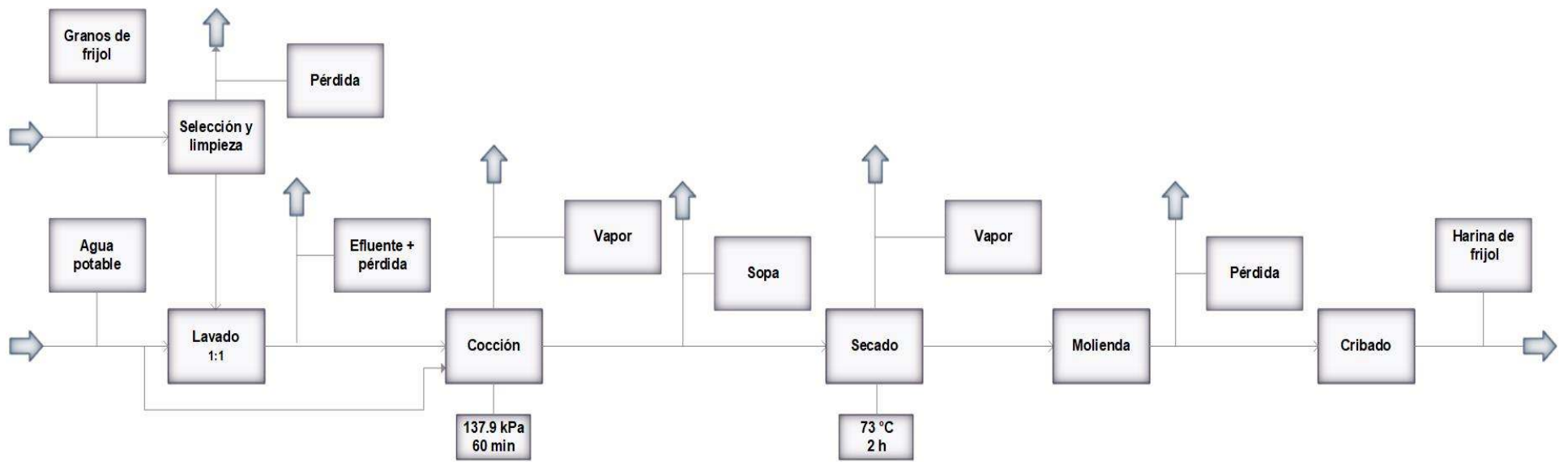


Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de la harina de frijol

5.5. Métodos cortos de diseño de equipos

Realizada la descripción del proceso, el diagrama de flujo, la capacidad de producción y, el balance de materia y energía (ver anexo E. Resultado del balance de materia y energía) se procedió a la especificación de los equipos del proceso de producción.

En la siguiente tabla se brinda la descripción del diseño del equipo, primero se introducen los planteamientos generales aplicada a cada grupo y luego se consideran las peculiaridades de los equipos individuales (Ulrich, 1992):

Tabla 5. Datos para el diseño del equipo de proceso

| Equipo | Designación de letras para el diagrama de flujo | Temperatura | | Presión | | Concentración | | Carga de calor | Consumo de servicio (vapor, electricidad, etc.) | Flujo capacidad | Otros tipos de datos útiles o necesarios |
|---|---|-------------|--------|---------|--------|---------------|--------|----------------|---|-----------------|--|
| | | Entrada | Salida | Entrada | Salida | Entrada | Salida | | | | |
| Transportadores | A | | | | | | | | C | X | Tamaño de partícula y densidad |
| Quebradoras, molinos, trituradoras | C | | | | | | | | C | X | Tamaño de partícula |
| Intercambiadores de calor | E | X | X | X | | | | C | S | X | Coefficiente de transferencia de calor |
| Recipientes de almacenamiento | F | X | | X | | | | | | X | |

Nota: X se requieren normalmente, C se calculan y S información necesaria. Adaptado de (Ulrich, 1992).

Los resultados del dimensionamiento de los equipos del proceso se reflejan en el anexo F. Cálculos del dimensionamiento de equipos del proceso.

A. Transportador vibratorio

Las cribas vibratorias presentan una mayor capacidad y menor consumo de energía, emplea una placa que oscila y vibra rápidamente para mover las partículas sólidas en la dirección deseada.

Un método corto para su diseño se presenta en la siguiente tabla (Ulrich, 1992):

Tabla 6. Método corto para el diseño de un transportador vibratorio

| | |
|---|-----------------|
| Intervalo de tamaños de equipos comunes | |
| Diámetro o anchura, D (m) | 0.5-3 |
| Longitud, L (m) | 5-30 |
| Capacidad máxima de sólidos (m ³ /s) | 0.05 |
| Compatibilidad | |
| Sólidos polvosos | B |
| Material en terrones | B |
| Sólidos fibrosos | D |
| Abrasivos | A |
| Materiales corrosivos | C |
| Sólidos pegajosos y gomosos | E |
| Ambiente controlado | C |
| Transporte al vacío | C |
| Transporte hacia arriba o hacia abajo en un plano inclinado | D |
| Elevación vertical | X |
| Versatilidad de trayectoria | X |
| Ángulo de inclinación limitado | 5° |
| Límite normal de temperatura (°C, acero al carbón) | 300 |
| Costo relativo anual | Moderado |
| Consumo de potencia (kW) | $0.02m^{0.67}L$ |

Nota: A Excelente, B limitaciones modestas, D limitado en este aspecto, E limitado intensamente en este aspecto, X Inaceptable. B Aplica al transporte horizontal. Adaptado de (Ulrich, 1992).

La capacidad de una criba vibratoria se determina mediante (Rosabal & Valle, 1989):

Ecuación 2

$$Q = \kappa q \rho A$$

Donde:

q : Capacidad específica media del tamiz, m^3 / hm^2

κ : Constante igual a $0.88 \times 10^{-3} t / kg$

ρ : Densidad, kg / m^3

A : Área de tamizado, m^2

Se consideró una abertura de los agujeros del tamiz de 2 mm, por lo que, la capacidad específica media del tamiz es igual a $5.5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$.

B. Lavadora rotatoria

Consiste en un tambor rotatorio horizontal compuesto por una armadura a la cual está sujeta una superficie de tamizado con un sistema de duchas a presión para el lavado de los frijoles.

De acuerdo con Rosabal y Valle (1989), se tiene:

- Longitud del tambor: 1 m
- Diámetro del tambor: 0.5 m
- Tamaño de los agujeros del tamiz: 5 mm

Para evitar que los granos se adhieran al tamiz debido a la fuerza centrífuga, el equipo debe operarse a una velocidad inferior a la crítica, es decir, donde la velocidad centrífuga igual a la de gravedad:

Ecuación 3

$$N_{cr} = \frac{\sqrt{g/2}}{\pi\sqrt{D}}$$

Donde:

n_{cr} : rev / s

g : Aceleración de la gravedad, $9.81 \text{ m}^2 / \text{s}$

D : Diámetro interno del tamiz, m

Para fines de cálculo, se consideró una velocidad de operación igual al 30% de la velocidad crítica (Rosabal & Valle, 1989).

La capacidad del equipo se puede estimar:

Ecuación 4

$$Q = \kappa D_p A$$

Donde:

D_p : Diámetro de los agujeros del tamiz, m

A : Área de la superficie de tamizado, m^2

κ : Coeficiente empírico igual a $450 \text{ t} / \text{m}^2 \text{ h}$ para tamizado húmedo

C. Marmita

La cocción de los granos de frijoles se realiza en una marmita semiesférica con chaqueta de calentamiento, con las siguientes características:

- Material: Acero inoxidable 304
- Operación por lotes
- Zona de calentamiento: Chaqueta con vapor saturado a 137.9 kPa
- Duración: 60 minutos
- Espesor del enchaquetado: 5 mm

Para el dimensionamiento de la marmita semiesférica (Vásquez, 2014), se tiene:

Volumen del tanque de la marmita

Ecuación 5

$$V = (S3 + A2) * 1.25$$

Donde:

S3: Volumen de los granos de frijol, m³

A2: Volumen de agua para la cocción, m³

Se considera un 25% de sobredimensionamiento para evitar derrames o de capacidad.

Con ello, se determina el diámetro de la marmita:

Ecuación 6

$$V_m = V_{cilindro} + V_{semiesfera}$$

Para la altura del cilindro se consideró:

Ecuación 7

$$h = 1.2 \cdot D$$

Donde:

D: Diámetro interno de la marmita, m

Considerando que la altura de la chaqueta será igual al nivel del agua presente en la marmita, se tiene:

Ecuación 8

$$h_{chaq} = h/1.25$$

El área de transferencia de calor está dada por:

Ecuación 9

$$A_{tranf} = A_{cilindro} + A_{semiesfera}$$

D. Secador rotatorio

Consiste en una carcasa cilíndrica giratoria en forma horizontal. Los granos de frijol cocidos entran por un extremo del cilindro y salen secos, se descarga por el otro lado.

Las consideraciones para el diseño (McCabe et al., 2007) son:

- Velocidad másica permitida para el gas: 15,000 kg/m²h
- Diámetro del secador: 3 m

La velocidad de transferencia de calor para el secador es:

Ecuación 10

$$q_T = 0.125\pi DLG^{0.67} \bar{\Delta T}$$

Donde:

L: Longitud del secador, m

$\bar{\Delta T}$: Diferencia media de temperatura, media log aritmica de la temperatura de bulbo húmedo a la entrada y salida del secador

G: Velocidad másica, kg / m²h

D: Diámetro del secador, m

Para la diferencia media de temperatura se tiene:

Ecuación 11

$$\bar{\Delta T} = \frac{T_{hb} - T_{wb} - (T_{ha} - T_{wa})}{\ln[(T_{hb} - T_{wb}) / (T_{ha} - T_{wa})]}$$

Donde:

T_{hb}: Temperatura de bulbo seco a la entrada, °C

T_{wb}: Temperatura de bulbo húmedo a la entrada, °C

T_{ha}: Temperatura de bulbo seco a la salida del gas, °C

T_{wa}: Temperatura de bulbo húmedo a la salida del gas, °C

T_{wa} = T_{wb} secador adiabático

E. Molino de discos

Los molinos de discos (atrición) o desgaste cuentan con discos de metal montados en ejes horizontales. Unos cortes de sierra en los discos brindan la abrasión necesaria para la aplicación deseada. En la siguiente tabla se presente los criterios de selección de un molino de atrición:

Tabla 7. Criterio y datos para la especificación del equipo de molino de discos

| | | |
|--|----------------------------|------|
| Diámetro máximo de los terrones alimentados, D (m) | | 0.5 |
| Relación de reducción típica máxima, R | | 10 |
| Capacidad máxima, m (kg/s) | | 5 |
| Características de eficiencia | | |
| Intervalo de distribución de tamaño | | A |
| Compatibilidad | | |
| Sólidos duros | | E |
| Materiales abrasivos | | E |
| Sólidos pegajosos o cohesivos | | A |
| Materiales suaves | | A |
| Sustancias elásticas | | A |
| Intervalo de tamaño de trituración | Diámetro de las partículas | |
| Intermedia | 0.1 mm | |
| Fina | 0.01 mm | A |
| Extrafina | 0.001 mm | C |
| | | X |
| Consumo de potencia (kW) ^b | | |
| Materiales duros 8-10 Moh | | |
| Medios 4-7 Moh | | |
| Suaves 1- 3 Moh | | 10 m |

Nota: A Excelente, C Unidad especial a un costo mayor, E Limitado intensamente en este aspecto, X inaceptable. b potencia de los fluidos de energía se informa en kg de aire comprimido o vapor consumido por kg sólidos. Adaptado de (Ulrich, 1992).

Las consideraciones del diseño son:

- Diámetro de partícula en la alimentación: 5 mm
- Diámetro final de la partícula (NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07): 0.212 mm

En el caso de la potencia del molido, Rosabal y Valle (1989) proponen las siguientes ecuaciones:

Ecuación 12

$$W = \frac{10w_i \left(\sqrt{D_{pe}} - \sqrt{D_{pf}} \right)}{\sqrt{D_{pe} * D_{pf}}}$$

donde :

W : Trabajo de molienda, kWh / t

w_i : índice de trabajo de Bond, kWh / t

D_{pe}, D_{pf} : Diámetros para $x = 0.8$ de alimentación y producto, μm

Para fines de cálculo se utilizó un w_i de 1.58 kWh/t.

La potencia del motor se determina mediante:

Ecuación 13

$$N' = \frac{Q_s W}{\xi}$$

Donde

N' : Potencia del motor

Q_s : Gasto másico del sólido, t / h

W : Trabajo específico, kWh / t

ξ : Eficiencia compuesta : reductor * motor

Se consideró una eficiencia del reductor igual a 0.95 y una eficiencia del motor de 0.95.

F. Criba vibratoria

Los granos de frijol cocido seco triturados caen sobre una criba vibratoria. De acuerdo con Ulrich (1992), los criterios de selección de una criba vibratoria son:

Tabla 8. Criterio y datos para la especificación de cribas vibratorias

| | |
|---|------------------------------------|
| Intervalo de tamaños del equipo | |
| Longitud, L (m) | 2 – 5 |
| Anchura, D (m) | 0.5 – 15 |
| Área nominal, A (m ²) | 1 - 75 |
| Tamaño de partícula de los sólidos separados, D _p (μm) | 50 – 50,000 |
| Características de eficiencia | |
| Fragilidad de la torta | B |
| Clasificación de sólidos | A |
| Contaminación de la torta | C |
| Facilidad de descarga de la torta | A |
| Adecuabilidad | |
| Mezclas sólido – sólido | |
| Bruta D _p > 1 mm | A |
| Fina 1 mm > D _p > 1 μm | D |
| Ultrafina D _p < 1 μm | X |
| Tamaño múltiple de partículas | X |
| Consumo de potencia (kW) | 1600 m _s D _p |
| Costos relativos | |
| Capital | Alto |
| Trabajo | Bajo |
| Mantenimiento | Moderado |
| Otros costos de operación | Moderado |

Nota: m_s flujo másico del sólido. Adaptado de (Ulrich, 1992).

Las características del equipo seleccionado son:

Área nominal (m²) 2.00

Anchura (m) 1.00

Longitud (m) 2.00

Diámetro de salida de la partícula (um) ASTM-E11-70 N°70: 212

G. Bombas centrífugas

Para impulsar el agua a la marmita se seleccionó una bomba centrífuga radial, ya que es un transportador confiable, de trabajo pesado y económico, de los líquidos de baja viscosidad en grandes volúmenes (Ulrich, 1992).

La eficiencia de la bomba se expresa contra la relación de flujo para los fluidos limpios de baja viscosidad:

Ecuación 14

$$\varepsilon_i = 1 - 0.12q^{-0.27}$$

Donde q: Flujo volumétrico (m^3/s)

En la siguiente ilustración se presenta la eficiencia de una bomba centrífuga radial:

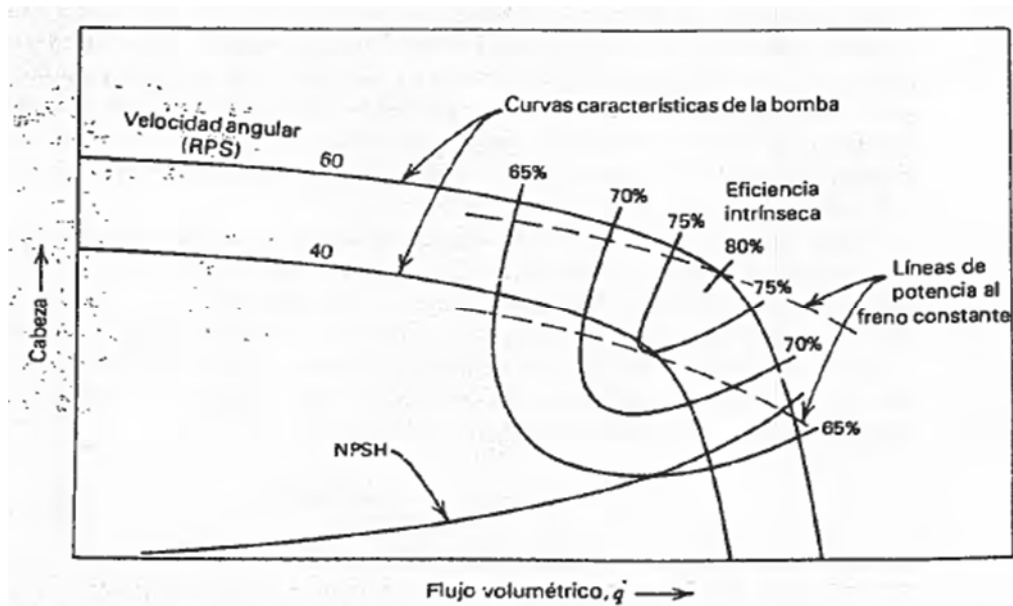


Figura 9. Eficiencia de una bomba centrífuga radial

Nota: Tomado de (Ulrich, 1992).

Para la identificación y eficiencia de una bomba centrífuga radial, se presenta la siguiente tabla (Ulrich, 1992):

Tabla 9. Identificación y eficiencia de una bomba centrífuga radial

| | |
|--|----------------------|
| Presión máxima del sistema (bar) | 350 |
| Presión diferencial máxima Δp (bar) | |
| Por etapa | 20 |
| General | 200 |
| Capacidad máxima de unidades de reserva (m^3/s) | 10 |
| Rango de viscosidad del fluido μ (Pa.s) | < 0.2 |
| Intervalo de eficiencia (%) | 50 – 85 ^a |
| Compatibilidad de servicios | |
| Condiciones de cavitación | E |
| Líquidos corrosivos | C |
| Operación seca | E |
| Tasas altas de flujo | A |
| Presiones altas | C |
| Temperaturas altas | C |
| Líquidos de alta viscosidad | E |
| Presiones primarias limitadas o presiones de succión bajas | D |
| Tasa baja de flujo | D |
| Líquidos de viscosidad baja | A |
| Líquidos no newtonianos | D |
| Líquidos cargados de partículas | C |
| Abrasivas | |
| No abrasivas | B |
| Servicios de capacidad variable | A |
| Servicios de presión variable | O |

Nota: A excelente, B Limitaciones modestas, C Unidades especiales disponibles a un precio mayor, D limitado, E demasiado limitado a independiente de la viscosidad hasta 0.05 Pa.s. Adaptado de (Ulrich, 1992).

La diferencia de presión con respecto a la densidad se determina (Ulrich, 1992):

Ecuación 15

$$\frac{\Delta P}{\rho} = g\Delta h$$

Donde:

$$g : 9.8 m / s^2$$

Δh : Altura de la columna del líquido

que puede soportarse a la salida de bomba, m

ρ : Densidad del líquido, kg / m^3

5.6. Estimación del costo anual de manufactura

En la estimación de los costos de equipos y el cálculo del capital fijo total se aplicaron los métodos propuestos por Ulrich (1992) y Petters et al. (2003).

Petters et al. (2003) proponen diferentes porcentajes de estimación para las siguientes industrias:

- planta de procesamiento de sólidos,
- planta de procesamiento de fluidos sólidos y
- planta de procesamiento de fluidos).

Como el producto terminado es harina, se considera una planta de procesamiento de sólidos.

5.6.1. Costos fijos directos

Los costos fijos directos incluyen:

- costo total de los equipos y auxiliares en la planta,
- costo CIF (coste, seguro y flete),
- costos de instalación,
- costos de instrumentos y control,
- costos de tubería y accesorios,
- costo de instalación eléctrica,
- costo de edificios,
- costos de mejoras del terreno y
- costos de servicio.

a) Costo total de los equipos y auxiliares en la planta

De manera general, el costo de un equipo se puede calcular aplicando la economía de escala (Ulrich, 1992):

Ecuación 16

$$(\text{Costo del equipo})_x = (\text{Costo del equipo})_{\text{linea base}} * \left(\frac{\text{Capacidad del equipo } X}{\text{Capacidad del equipo}_{\text{linea base}}} \right)^{\text{Exp}}$$

Dónde:

Exp: Exponente de escala. Si se desconoce, se puede considerar 0.6 o 0.7.

b) Costo CIF

El costo CIF (Incoterm) se refiere al costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial. Se consideró un 10% del costo estimado por los índices de costos.

c) Costos de instalación

Abarcan: costos de mano de obra, fundaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores. Se consideró un 45% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costos de instrumentos y control

Incluyen: costos de instrumentos, costos de mano de obra de instalación y gastos de equipos auxiliares, y los materiales. Se consideró un 18% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Costos de tubería y accesorios

Son aquellos tales como: mano de obra, válvulas, accesorios, tuberías, soportes y otros. Se consideró un 16% del costo total de los equipos puestos en planta.

f) Costo de instalación eléctrica

Son los costos de las instalaciones eléctricas, tales como: mano de obra de instalación y materiales. Se consideró un 10% del costo total de los equipos puestos en planta.

g) Costo de edificios

Incluyen los servicios, gastos de mano de obra, materiales y suministros involucrados en la construcción de la infraestructura conectada con la planta. Se consideró un 25% del costo total de los equipos puestos en planta.

h) Costos de mejoras del terreno

Son los costos para nivelación, aceras, paisajismo y otros similares. Se consideró un 15% del costo total de los equipos puestos en planta.

i) Costos de servicio.

Incluyen los costos de: suministro de vapor, agua, energía, aire comprimido y combustible. Se consideró un 40% del costo total de los equipos puestos en planta.

5.6.2. Costos fijos indirectos

a) Costo de ingeniería y supervisión

Son los costos de diseño de construcción e ingeniería, compras, contabilidad, construcción, ingeniería de costos y gastos de oficina. Se consideró un 33% del costo total de los equipos puestos en planta.

b) Costo de la construcción

Incluyen los costos de construcción y operación temporal, herramientas, nómina de construcción y otros gastos generales. Se consideró un 39% del costo total de los equipos puestos en planta.

c) Costo de seguros e impuestos de construcción

Son los costos, tales como: preparación y presentación de formularios requeridos por las agencias reguladoras y costos de negociación de contratos. Se consideró un 4% del costo total de los equipos puestos en planta.

d) Costo de los honorarios de los contratistas

Se consideró un 17% del costo total de los equipos puestos en planta.

e) Gastos imprevistos

Se consideró un 35% del costo total de los equipos puestos en planta.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los siguientes acápite se presentan los resultados finales del presente estudio:

Para los casos de la materia prima (frijol rojo en grano) y el agua potable, los parámetros de calidad son tomados directamente de las normativas correspondientes, las cuales son NTON 16-002-00, 2000) y CAPRE 1994 respectivamente.

Para el caso del producto terminado (harina de frijol), no se cuenta con una normativa específica para este producto con sus respectivos parámetros de calidad, por lo que, en el presente trabajo se utilizaron las normativas Real Decreto 677/2016 , 2016 y NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07. HARINA DE TRIGO FORTIFICADA., las cuales se utilizaron como referencia para definir los parámetros de calidad por tratarse de productos similares.

6.1. Parámetros de calidad

El frijol rojo para procesar debe presentar las siguientes características:

Tabla 10. Parámetros de calidad del frijol rojo

| Grado de calidad | Tolerancia máxima (% masa) | | | | | | Granos infectados |
|--|----------------------------|----------|--------------|--------------------|---------------|--------------|-------------------|
| | Humedad | Impureza | Grano dañado | Grano contrastante | Grano partido | Grano dañado | |
| 3 y 4 | ≤ 14 | 1 | 3 y 4 | 5 | 1 | 1 | No se acepta |
| No debe contener más del 5% de frijol de otras clases | | | | | | | |

Nota: Adaptado de (NTON 16-002-00, 2000).

En el caso del agua potable, los criterios de calidad son los siguientes:

Tabla 11. Parámetros de calidad del agua potable

| Parámetro | Unidad | Valor recomendado | Valor máximo admisible |
|----------------------------------|--------|-------------------|------------------------|
| Cloro residual | mg/L | 0.5 a 1.0 | |
| Cloruros | mg/L | 25 | 250 |
| Conductividad | μS/cm | 400 | |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | | 1000 |

Nota: Adaptado de (CAPRE, 1994).

Las características del producto terminado, harina de frijol, son:

Tabla 12. Parámetros de la harina de frijol

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|-------|--------|
| Humedad | < 15 | % |
| Contenido de ceniza | < 1 | % |
| Olor, sabor y color rojo característico | | |

Nota: Adaptado de (Real Decreto 677/2016 , 2016).

Para agregarle un aporte nutricional en proteínas y fibras a dicha harina, se debe considerar la NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07. HARINA DE TRIGO FORTIFICADA. ESPECIFICACIONES. La cual tiene como objeto establecer las características y especificaciones que debe cumplir la harina de trigo fortificada.

6.2. Observaciones de la prueba de laboratorio

Los resultados de la prueba de laboratorio determinaron;

- La razón 1:3 de frijol crudo con agua potable, facilita la cocción de los frijoles.
- Realizar una molienda previa a los frijoles cocidos no es factible por las pérdidas (15%) y dificultades posteriores a dicha etapa. No obstante, reduce el tiempo de secado.
- La temperatura de 70°C es adecuada para realizar el secado de los frijoles cocidos.
- La humedad de los frijoles cocidos se determinó 32%.



Figura 10. Harina de frijol cocidos molidos

6.3. Balance de materia y energía

El resultado del balance de materia y energía se presenta en la siguiente ilustración:

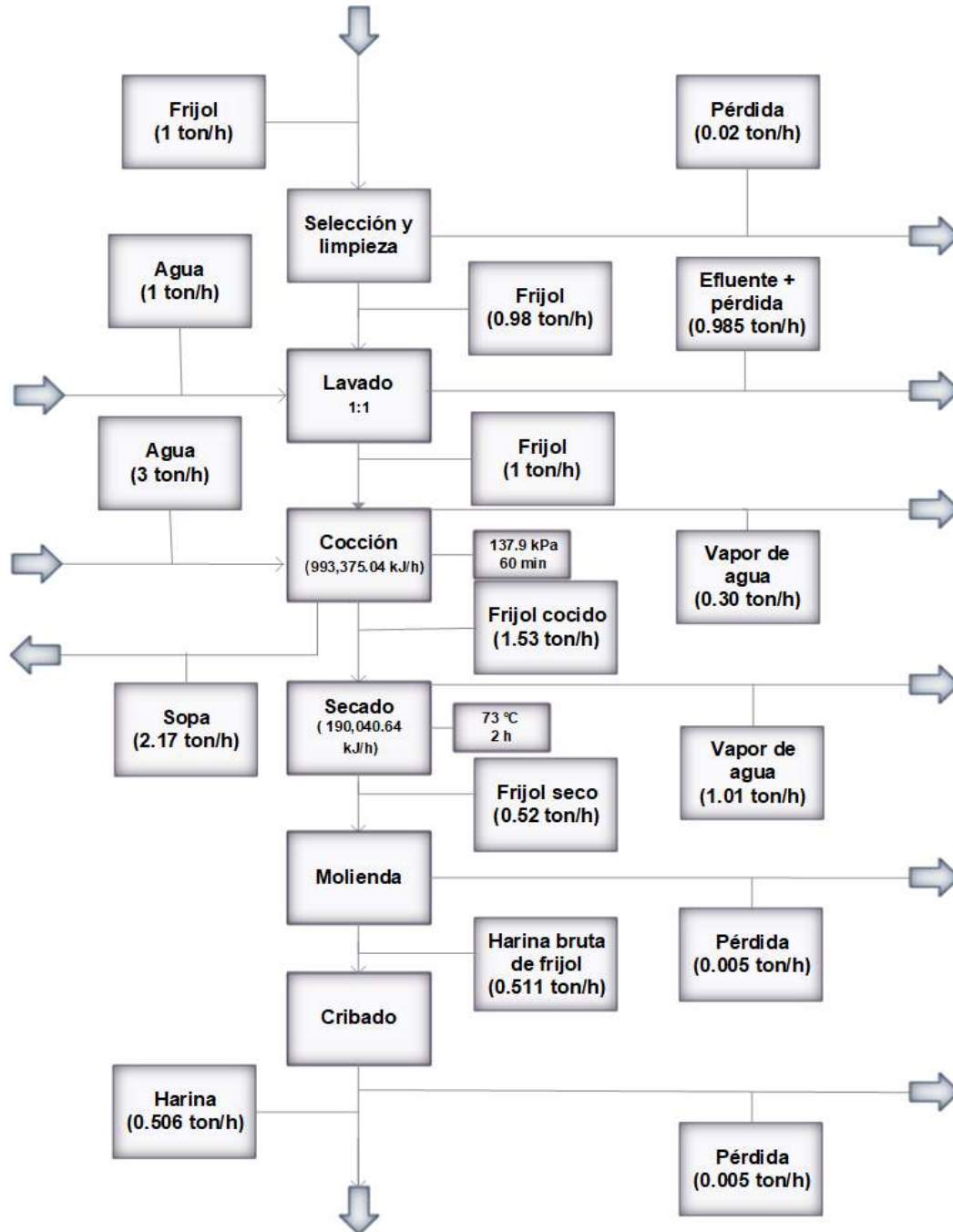


Figura 11. Balance de materia y energía del proceso de producción

6.6 Estimación del costo en equipos

La estimación de la inversión en equipos del proceso se presenta a continuación:

Tabla 13. Estimación de la inversión en equipos

| No | Equipo | Cantidad | Precio unitario (USD) | Sub total (USD) |
|--------------------|-------------------|-----------|-----------------------|------------------|
| 1 | Criba vibratoria | 1 | 350.00 | 350.00 |
| 2 | Lavadora | 1 | 4,000.00 | 4,000.00 |
| 3 | Marmita | 2 | 10,000.00 | 20,000.00 |
| 4 | Tornillo sin fin | 3 | 2,999.00 | 8,997.00 |
| 5 | Secador rotatorio | 1 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| 6 | Molino de discos | 1 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 7 | Criba vibratoria | 1 | 1,934.00 | 1,934.00 |
| 8 | Empacadora | 1 | 6,500.00 | 6,500.00 |
| 9 | Bomba centrífuga | 1 | 4,996.00 | 4,996.00 |
| Total (USD) | | 12 | 39,345.00 | 54,777.00 |

Nota: Precios de acuerdo con <https://spanish.alibaba.com>

La adquisición de 12 equipos de proceso se estima en USD 54,777.00.

6.4. Estimación de la inversión de capital fijo

La inversión de capital fijo fue estimada utilizando los criterios presentados por Peters et al. (2003), considerando una planta de procesamiento de sólidos:

Tabla 14. Estimación de la inversión de capital fijo

| Concepto | Porcentaje aplicado al C. E.P.P | Costo estimado (USD) |
|---|---------------------------------|----------------------|
| Costos directos | | |
| C. de equipos y auxiliares | 100% | 54,777.00 |
| C. CIF (10% * C.E.A.) | 10% | 5,477.70 |
| Subtotal costo de equipos puesto en planta | | 60,254.70 |
| C. de instalación | 45% | 27,114.62 |
| C. Instrumentos y control | 18% | 10,845.85 |
| C. tubería y accesorios | 16% | 9,640.75 |
| C. instalación eléctrica | 10% | 6,025.47 |
| C. edificios | 25% | 15,063.68 |
| C. mejoras del terreno | 15% | 9,038.21 |
| C. servicio | 40% | 24,101.88 |
| Total costos directos | | 162,085.14 |
| Costos indirectos | | |
| C. ingeniería y supervisión | 33% | 19,884.05 |
| C. construcción | 39% | 23,499.33 |
| C. seguros e impuestos de | 4% | 2,410.19 |
| C. honorarios de los contr | 17% | 10,243.30 |
| Gastos imprevistos | 35% | 21,089.15 |
| Total costos indirectos | | 77,126.02 |
| Inversión de capital fijo, ICF (USD) | | 239,211.16 |

Se estima una inversión de capital fijo equivalente a USD 239,211.16.

6.5. Estimación del costo anual de manufactura

Utilizando los criterios mencionados por Peters et al. (2003), se estimó el costo de manufactura para un año de operación del proceso de producción de harina de frijol (ver anexo G. Detalle del costo de producción):

Tabla 15. Estimación del costo de manufactura

| Concepto | Porcentaje aplicado | Costo anual (USD) | Costo total anual (USD) |
|---|---------------------|----------------------|-------------------------|
| C. materia prima e insumos | | | 1,149,938.29 |
| C. mano de obra | | | 23,400.00 |
| C. supervisión e ingeniería | | | 11,400.00 |
| C. mantenimiento y reparación | 6% | C. equipos en planta | 3,615.28 |
| Servicios | | | 465,818.00 |
| Gasto de laboratorio | 15% | C MO | 3,510.00 |
| C. suministros de operación | 15% | C. MTTO | 542.29 |
| Costo variable (USD/año) | | | 1,658,223.86 |
| Gastos impuestos y seguros | 2% | ICF | 4,784.22 |
| Cargos a panillas | | | 20,459.50 |
| Gasto de depreciación | 10% | C equipos | 5,477.70 |
| Costos indirectos de fabricación (USD/año) | | | 30,721.42 |
| Gastos generales de planta | 6% | CMO, C Sel, CMTTO | 2,304.92 |
| Costos generales de planta (USD/año) | | | 2,304.92 |
| Costo anual de manufactura (USD/año) | | | 1,691,250.20 |

Para un año de operación, se tiene un costo anual de manufactura igual a USD 1,691,250.20.

VII. CONCLUSIONES

Durante la validación a nivel de laboratorio, se tuvieron algunos resultados objetivos del desempeño de la materia en proceso, métodos y equipos utilizados.

La validación marcó la pauta para identificar pasos y parámetros críticos del proceso que pueden afectar la calidad del producto terminado. Como se indica a continuación:

Lavado, tras esta etapa se pudo corroborar la capacidad de absorción de agua que posee el frijol, realizando pesajes antes y después de dicha etapa y se aplicó la ecuación correspondiente para determinar un 12% de humedad

Cocción, se implementó la metodología descrita por Arauz y Ortiz (2005), donde se realizará en una relación de 3:1 agua-frijol, esta relación favoreció la cocción y absorción de agua del frijol, ya que al finalizar el proceso la sopa se ha evaporado hasta casi tener una relación similar agua-frijol. Si los frijoles quedaran demasiados hidratados con sopa, esta afectaría la eficiencia del secado, en caso contrario, de quedar duros (semi-cruados) ciertamente es un resultado no deseado.

Secado, realizar este proceso en una mufla de laboratorio muestra la importancia de utilizar un equipo diseñado para dicho fin, ya que en el laboratorio el secado tomó demasiado tiempo, sin embargo, no se podía incrementar la temperatura del equipo pues causaría pérdida de valor nutricional y quemaduras en la harina. Un lento secado a una temperatura baja y constante fue la forma más eficaz que conseguir harina sin daños con el menor porcentaje de humedad posible.

Molienda, un equipo bien ajustado y calibrado es importante para la obtención del tamaño de partícula deseado, debido a desgastes en los discos del molino utilizado en la práctica no se pudo obtener la granulometría de 212 micras deseado, se obtuvo una partícula en su gran mayoría gruesa y poco uniforme.

Tamizado, etapa en la cual se determinó el tamaño de partícula, utilizando un juego de tamices estándar y aplicando la ecuación correspondiente se determinó que se obtuvo una tamaño de partícula de 420 micrómetros.

Se determinó que el para el correcto procesamiento de los granos de frijol se debe garantizar una humedad menor o igual al 14% en todas las etapas del proceso (excepto en la cocción), también se determinó que no es factible realizar una molienda del frijol cocido previa al secado, debido a las pérdidas (15%) en dicha etapa.

Con la información del balance de materia y energía y las conclusiones de la práctica de laboratorio, se seleccionaron y dimensionaron 12 equipos para el proceso de harina de frijol, entre transportadores de tornillo sin fin, marmita, molino, etc. Esto representa una inversión de capital fijo estimada en USD 239,211.16 con un costo anual de manufactura igual a USD 1,691,250.20.

VIII. RECOMENDACIONES

Basado en los resultados del presente trabajo, se brindan las siguientes recomendaciones:

- En el caso de la industrias de panificación, mezclar la harina de frijol con la harina de trigo para elaborar diferentes productos tanto de pan simple como de repostería.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para la puesta en marcha de una planta industrial de harina de frijol, con el fin de estimar la rentabilidad de dicha planta.
- Analizar el uso del agua de cocción (sopa) para elaboración de nuevos productos o su reutilización en dicha etapa.
- Considerar la elaboración de una normativa específica para la harina de frijol con sus respectivos mandatos y parámetros de calidad, o la inclusión de la misma dentro de otra normativa de productos relacionados.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aráuz, A., & Ortiz, R. (2005). Elaboración de Harina de Frijol Instantánea. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León, León.
- Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua. (2019). Nicaragua con primera planta procesadora de frijoles. *Revista Nicaragua Exporta*.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (Séptima ed.). McGraw Hill Educación.
- Blandón, S., & Larios, X. (2019). Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol PHASEOLUS VULGARIS L. en la formulación de tortas. *El Higo*, 09(01), 35-44.
- CAPRE. (1994). *Norma regional de calidad del agua para consumo humano*.
- Elías, L. (s.f). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. (2017). *Ejes del Programa Nacional de Desarrollo Humano 2018-2021*. Managua.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. (2019a). *Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2019-2020*. Managua.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. (2019b). *Estrategia Nacional para el incremento de la productividad del cultivo de frijol 2019/2023*. Managua.
- Green, D., & Southard, M. (2019). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* (Ninth Edition ed.). EEUU: McGraw Hill Education.
- Hernández, E., Blandón, W., Escorcía, R., & Blandón, S. (diciembre de 2017). Producción de harina de frijoles (phaseolus vulgaris) y evaluación sensorial. *El Higo*, 07, 11-17.
- Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. (2012). *Tabla de composición de alimentos de CentroAmérica* (Segunda edición ed.). Guatemala: Serviprensa S.A.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (15 de 02 de 2020). *Catálogo de variedades criollas de frijol y maíz*. Obtenido de INTA: Recuperado de www.inta.gob.ni
- International Organization for Standardization. (2012a). *ISO/DIS 10628-1 Part 1: Specification of diagrams*.
- International Organization for Standardization. (2012b). *ISO/DIS 10628-2 Part 2: Graphical symbols*.
- Jiménez, A. (2003). *Diseño de procesos en Ingeniería Química*. Editorial Reverté S.A.
- McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química* (Séptima edición ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- n(o)vid. (2004). *Alimentos nutritivos*.

- Nitlapan. (2007). *Informe de cadena de frijol rojo en Nicaragua*.
- NTON 16-002-00. (2000). Frijol en grano. *Norma Técnica Nicaragüense Obligatoria*.
- Peters, M., Timmerhaus, K., & West, R. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (Fifth edition ed.). EE.UU: McGraw-Hill Education.
- Real Decreto 677/2016 . (16 de diciembre de 2016). Norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. *Boletín Oficial del Estado*.
- Rosabal, J., & Valle, M. (1989). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas*. Ediciones ENPES.
- Torres, M., Jiménez, M., & Bárcenas, M. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 94-102.
- Ulrich, G. (1992). *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*. McGraw-Hill Interamericana de México S.A.
- Ulrich, G. (1992). *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*. México: McGraw-Hill Interamericana de México S.A.
- Vásquez, T. (2014). Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química. *Tesis de pre grado*. Universidad Central del Ecuador.

X. ANEXOS

- A. Anatomía del grano de frijol
- B. NTON 16-002-00 para frijol en grano
- C. Real Decreto 677/2016 Norma de calidad para las harinas
- D. NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07: Harinas
- E. Resultado del balance de materia y energía
- F. Cálculos del dimensionamiento de equipos del proceso
- G. Detalle del costo de manufactura

A. Anatomía del grano de frijol

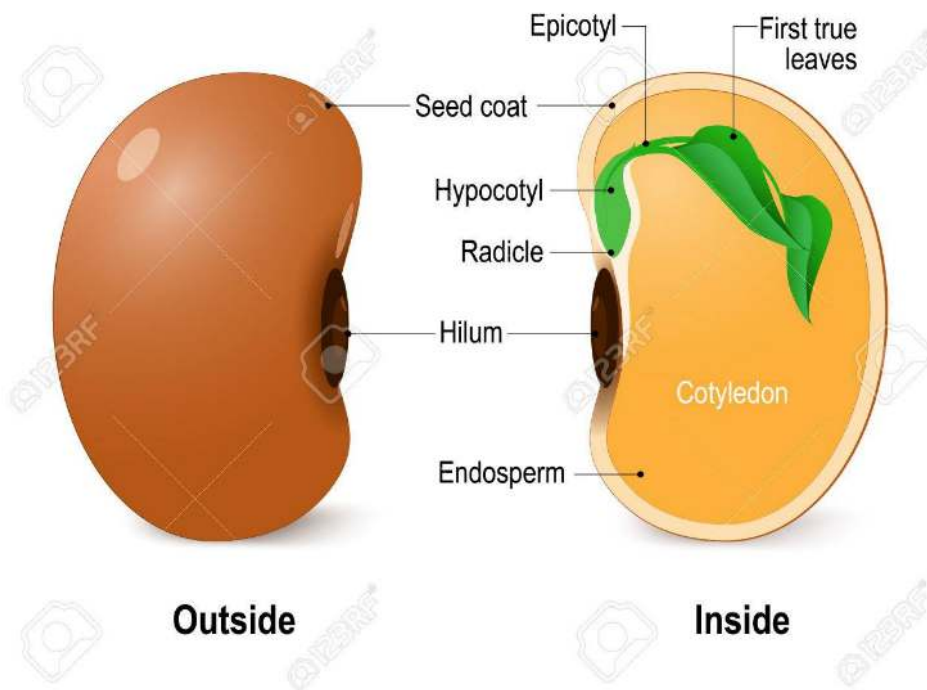


Figura 12. Anatomía del grano de frijol

Nota: Tomado de <https://bit.ly/2R1hVqY>

B. NTON 16-002-00 para frijol en grano

Norma Técnica Nicaragüense 16 002-00 para frijol en grano.

La Norma Técnica Nicaragüense 16 002-00 ha sido preparada por el Comité Técnico de Granos Comerciales y en su elaboración participaron las siguientes personas:

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Javier A. Briones Garcías | ENABAS |
| María Esther Alguera | LIDECONIC |
| Francisco Pavón | MAG-FOR |
| Livio Sáenz Mejía | MAG-FOR |
| Lázaro Nororiz Rojas | INTA |
| Manuel Antonio Rivera | Comercial Ventura |
| Rafael Ventura | Comercial Ventura |
| Luis Arévalo | BAGSA |
| Noemí Solano Lacayo | MIFIC |

Esta norma fue aprobada por el Comité Técnico en su última sesión de trabajo el día 12 de octubre de 2000.

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer las terminologías, las características, y las calidades del frijol en grano, así como sus métodos de ensayo y análisis, para su transacción comercial.

2. DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

2.1 Frijol en grano. Es el conjunto de granos enteros, quebrados o abiertos longitudinalmente, de cualquier variedad de la leguminosa *Phaseolus vulgaris*.

2.2 Aflatoxinas Son sustancias tóxicas altamente cancerígenas para las personas y animales y son producidas por algunos tipos de hongos de las especies *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, cuyas esporas se encuentran ampliamente diseminadas en la naturaleza y pueden contaminar los granos y otros alimentos cuando las condiciones de la humedad y la temperatura les son propicias. Los productos que se contaminan con mayor facilidad son el maíz, sorgo y maní, y muy raras veces se han encontrado leve contaminación en arroz y frijol. Existen cuatro tipos de aflatoxinas: B1, B2, G1 y G2, siendo la B1 la variedad que se encuentra con más frecuencia y además es la más tóxica.

2.3 Granos enteros. Son los granos de frijol que tengan completas todas sus partes constitutivas y aquellos granos que hayan perdido su cutícula en una cuarta parte o menos de su tamaño normal.

2.4 Granos partidos. Son los granos de frijol que tienen sus cotiledones parcial o totalmente separados.

2.5 Granos quebrados. Es todo grano de frijol que ha perdido cualquier parte del grano.

Nota: Esta definición no incluye el grano partido.

2.6 Granos dañados. Son los granos enteros de frijol que están germinados, deteriorados por acción de insectos, hongos, fermentación, calentamiento o materialmente dañado por otras causas.

Nota: El grano dañado incluye el grano quebrados y granos partidos.

2.7 Granos contrastantes. Son los granos de frijol de color, tamaño y forma que difieren del frijol de la clase que se considera, a tal punto que hacen variar su valor comercial.

2.8 Lote de grano de frijol infestado y dudosamente infestado por insectos. Se considerara como infestado, el lote de grano de frijol que contenga insectos vivos dañinos en el almacenamiento.

Nota 1. Cuando el frijol en grano se encuentre en dicha condición se hará constar este hecho anotando la palabra "infestado por insectos".

Nota 2. Cuando el grano contiene solo insectos muertos se considera dudosamente infestado, y se hará constar este hecho anotando en el informe la frase "dudosamente infestado".

2.9 Granos sanos. Se entiende como tal todo grano se entiende como tal todo grano de frijol que no presenta ataques por hongos, que no este dañado, recalentado, fermentado o germinado, y que se encuentre libre de insectos vivos capaces de producir daño al grano almacenado.

2.10 Granos limpios. Para efectos de esta norma se consideraran grano comercialmente limpio al que contenga 1% o menos de impurezas.

2.11 Humedad de almacenamiento. Se entenderá como tal el contenido de humedad de un lote de frijol en grano que permita su almacenamiento adecuado.

2.12 Impurezas. Son aquellas materias de tamaño mayor que un grano tales como hojas, tallos, vainas, piedras, terrones, etc, que queden sobre una criba o zaranda con aberturas circulares de 11,2 mm (28/64 de pulgada), las que pasan a través de una criba zaranda con aberturas triangulares simples de 2mm (5/64 pulgada), tales como tierra, polvo, semillas, insectos, etc, y cualquier materia que, no siendo grano de frijol, permanezca sobre dicha criba después del cribado.

2.13 Tiempo de Cocción. Es el tiempo requerido para que por lo menos el 90% de los granos de la muestra sometidos a la prueba de cocción, alcancen su cocimiento.

2.14 Granos Cocidos. Se consideran granos cocidos los que cedan fácilmente a una presión moderada entre los dedos índice y pulgar, y que presenten una consistencia pastosa suave que vaya desde fina hasta ligeramente grumosa, aquellos granos que al oprimirse entre los dedos sus cotiledones escapen o fraccionen en pedazos no grumosos se tomarán como no cocidos.

2.15 Olores objetables. Califican como olores objetables, los provenientes de la fermentación, enmohecimiento o de la contaminación con cualquier producto químico.

2.16 Humedad. Es el agua contenida en el grano, convencionalmente, y para fines de esta norma se considera como humedad al porcentaje en el peso total de la misma, en una determinación por cualquier método para la determinación de humedad, con una precisión mínima.

2.17 Frijoles mezclados. Son los granos diferentes en color al tipo predominante y tamaño que se especifica en la transacción comercial de una variedad dada. Esta especificación no será aplicable para aquellas variedades que producen granos diferentes en color y que es característica de la propia variedad.

2.18 Frijol mezclable. Son granos de frijol sano de clase tan similares en color, forma, tamaño y tiempo de cocción al frijol de la clase que se considera, que no alteran su valor comercial.

2.19 Materias extrañas. (Impurezas no separables mecánicamente), se entenderá por materias extrañas a todo material diferente del grano del frijol, incluyendo otros granos que después de haberseles separado las impurezas, y que únicamente pueden separarse a mano.

3. CLASIFICACION Y DESIGNACIÓN

3.1 El frijol en grano se clasificará basándose en su color en las clases siguientes:

- a) Frijol rojo
- b) Frijol rojizo
- c) Frijol renegrido
- d) Frijol negro
- e) Frijol blanco
- f) Frijol mezclado

3.1.1 Frijol rojo. Se entenderá por frijol rojo todo lote de frijol en grano que presente dicho color en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más del 5% de frijol de otras clases.

3.1.2 Frijol rojo oscuro. Se entiende por frijol rojo oscuro todo lote de frijol que presenta un color que tiende a café oscuro en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más de 5% de frijol de otras clases.

3.1.3 Frijol regenegrado. Se entendiende por frijol regenerado el lote de frijol que presenta un color rojo oscuro en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más de 5% de frijol de otras clases.

3.1.4 Frijol negro. Se entenderá por frijol negro todo lote de frijol en grano que presente dicho color en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más de 5% de frijol de otras clases.

3.1.5 Frijol blanco. Se entenderá por frijol blanco lote de frijol en grano que presente dicho color en una tonalidad uniforme, este no podrá contener más de 5% de frijol de otras clases.

3.1.6 Frijol mezclado. Se entenderá por frijol mezclado a todo lote de frijol en grano que no reúna los requisitos de color y/o tonalidad, exigidos para las otras clases de frijol.

3.2 Designación. El frijol en grano se designará por su nombre, clase y calidad, seguido de la referencia de esta norma.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 Grados de calidad. El frijol en grano deberá ser sano y limpio, y deberá cumplir con los grados de calidad de acuerdo con la tabla I siguiente:

GRADOS DE CALIDAD DEL FRIJOL EN GRANO

| Grado de Calidad | Tolerancia máximas, en porcentaje en masa | | | | | | Granos Infestados | Granos dudosamente infestados | Tiempo de cocción (minutos) |
|------------------|---|----------|--------------|--------------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Humedad | Impureza | grano dañado | grano contrastante | grano partido | grano dañado | | | |
| 1 | hasta 14 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | No se acepta | Se acepta | Hasta |
| 2 | hasta 14 | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | | | 75 – 90 |
| 3 | hasta 14 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | | | 90 – 105 |
| 4 | hasta 14 | - | 4 | 5 | 1 | 1 | | | - |

(1) El grado de calidad estará determinado por el factor que se encuentre en condiciones más desfavorables conformes a esta tabla, sin tomar en cuenta el factor de humedad.

(2) El frijol en grano de cualquier clase que no reúna ninguno de los grados de calidad indicados, o que por cualquier motivo se considere de calidad inferior, se designara como “calidad según muestra”.

(3) El porcentaje de humedad no constituye un factor de calidad.

4.2 Masa Unitaria. En toda transacción comercial la masa del frijol en grano se expresara en kilogramos netos. Pudiéndose expresar en otras unidades de medida entre paréntesis. Cuando las estipulaciones de compraventa lo especifique o cuando el comprador lo solicite, se determinara la masa del frijol en grano, en kilogramos por hectolitro.

Nota. La expresión “masa” se refiere a lo comúnmente se entiende por “peso” de una sustancia.

5. MUESTREO

La muestra con base a la cual deben hacerse todas las determinaciones, se obtendrá de acuerdo con la Norma Técnica Nicaragüense NTN 16 001 - 99 Norma de Muestreo de Granos Comerciales.

6. ENVASE

El frijol en grano podrá ser transportado a granel o envasado en sacos de 45,36 Kg o su equivalente en libras USA.

7. METODOS DE ENSAYOS Y ANÁLISIS PARA FRIJOL EN GRANO

7.1 Aparatos necesarios

7.1.1 Balanza, que aprecie 0,1 g

7.1.2 Cribas metálicas o zarandas. Con aberturas circulares de 11,2 mm (28/64 de pulgadas), 4,75 mm (12/64 de pulgada), y 2,00 mm (1/12 de pulgada) y con aberturas triangulares simples de 2,00 mm (5/64 pulgada).

7.1.3 Bandeja de fondo, para cribas.

7.1.4 Divisor mecánico. Por ejemplo tipo Boerner

7.1.5 Aparato apropiado para la determinación rápida de la humedad, de preferencia con regulador de voltaje.

7.2 Procedimiento operatorio para la determinación de las características del frijol en grano a nivel comercial

7.2.1 Examen preliminar

Tanto en el lugar donde se toma la muestra como en el laboratorio de análisis de granos, se hace un examen preliminar de la misma con la vista, el tacto y el olfato, de los factores siguientes: apariencia general del grano, olor a moho y otros olores objetables y si tiene hongos visibles, insectos e impurezas. La determinación de la temperatura se efectuará en la totalidad del lote a muestrear.

C. Real Decreto 677/2016 Norma de calidad para las harinas



LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 677/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molinenda de los cereales.

Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales
«BOE» núm. 304, de 17 de diciembre de 2016
Referencia: BOE-A-2016-11951

ÍNDICE

| | |
|---|---|
| <i>Preámbulo</i> | 3 |
| <i>Artículos</i> | 3 |
| Artículo 1. Objeto..... | 3 |
| Artículo 2. Definiciones y denominaciones..... | 4 |
| Artículo 3. Materias primas y características. Otros ingredientes..... | 6 |
| Artículo 4. Características de los productos terminados..... | 6 |
| Artículo 5. Información alimentaria..... | 7 |
| <i>Disposiciones adicionales</i> | 8 |
| Disposición adicional primera. Cláusula de reconocimiento mutuo..... | 8 |
| Disposición adicional segunda. Control del gasto público..... | 8 |
| <i>Disposiciones transitorias</i> | 8 |
| Disposición transitoria única. Comercialización de existencia de productos..... | 8 |
| <i>Disposiciones derogatorias</i> | 8 |
| Disposición derogatoria única. Derogación normativa..... | 8 |
| <i>Disposiciones finales</i> | 8 |
| Disposición final primera. Aplicación del Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español | 8 |
| Disposición final segunda. Título competencial..... | 8 |

TEXTO CONSOLIDADO
Última modificación: sin modificaciones

La Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano, fue aprobada mediante el Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo. Esa norma complementaba la regulación contenida en el Código Alimentario Español, aprobado por Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, sobre harinas, sémolas y otros productos de la molienda de cereales y leguminosas, en el capítulo XX «Harinas y derivados», sección 1.ª «Molinería».

Las modificaciones de tipo sanitario introducidas para adaptar el contenido de la citada Reglamentación Técnico-Sanitaria a las disposiciones comunitarias de carácter horizontal sobre alimentos y la evolución experimentada en el sector de la fabricación y comercialización de harinas y sémolas de los cereales desde 1984, recomiendan una profunda revisión de la norma.

Considerando que la disposición final cuarta de la Ley 28/2015, de 30 de julio, para la defensa de la calidad alimentaria, habilita al Gobierno para aprobar normas de calidad de productos alimenticios, con el objeto, entre otros, de adaptarse a la reglamentación de la Unión Europea, y de simplificar, modernizar y valorizar las normas existentes así como de mejorar la competitividad del sector, incluyendo los adelantos producidos por la innovación tecnológica, se estima aconsejable la elaboración de una norma actualizada que derogue el Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, y el contenido de determinados apartados sobre la molienda y productos varios de los cereales del Código Alimentario Español.

Con la aprobación de esta norma se establece un marco que regula las condiciones mínimas que deberán reunir los productos que contempla, destinados tanto al consumidor final, incluidos los entregados por las colectividades y los destinados al suministro de las colectividades, como los productos no destinados a ser vendidos al consumidor final sino únicamente de empresa a empresa para la preparación de productos alimenticios. Este marco trata, por un lado, de garantizar una competencia leal entre empresas y contribuir a mejorar la competitividad del sector, potenciando la innovación y el desarrollo de nuevos productos; y, por otra parte, proporcionar información adecuada al consumidor para facilitarle la elección de compra.

La presente disposición ha sido sometida al procedimiento previsto en la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, por la que se establece un procedimiento de información en materia de las normas y reglamentaciones técnicas (en la actualidad Directiva (UE) 2015/1535 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de septiembre de 2015), y en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, que incorpora esta Directiva al ordenamiento jurídico español.

En el proceso de elaboración de esta norma se ha consultado a las comunidades autónomas y a las entidades representativas de los sectores afectados, habiendo emitido informe favorable la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y de la Ministra de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 16 de diciembre de 2016,

DISPONGO:

Artículo 1. *Objeto.*

Esta norma tiene por objeto establecer las normas básicas de calidad para la elaboración y comercialización de las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales destinados al consumo humano.

Artículo 2. *Definiciones y denominaciones.*

1. Molienda o molturación: es la operación mediante la cual los granos de cereales son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños.

2. Productos de molinería: son los productos obtenidos por molturación de los granos de cereales destinados a consumo humano. Se clasifican en dos grupos:

a) Productos obtenidos fundamentalmente del endospermo de los granos.

b) Otros productos obtenidos esencialmente de las capas externas del grano, incluido el germen.

3. Grado de extracción: son los kilogramos de harina, de unas características determinadas, que se obtienen de la molturación de 100 kilogramos de grano de cereal limpio, referidos ambos productos al mismo porcentaje de humedad.

4. Calidad panadera de la harina: es la calidad mínima exigible para el empleo de una harina en panificación, definida en función de su contenido en proteínas y su fuerza alveográfica, evaluadas conforme a los métodos previstos en el anexo II de la Orden de 31 de enero de 1977, por la que se establecen los métodos oficiales de análisis de aceites y grasas, cereales y derivados, productos lácteos y productos derivados de la uva, o aquellos métodos que los sustituyan.

5. Harina: es el producto obtenido de la molturación del grano del cereal y constituido fundamentalmente por el endospermo, con una granulometría tal que el 90 por cien de sus partículas pase a través de un tamiz de 180 micras de luz de malla, a excepción de la harina de trigo morena, en que pasa el 80 por ciento de las partículas.

La denominación estará formada por el genérico «harina» seguido por el nombre del cereal de procedencia.

6. Harina de trigo: es la harina obtenida de la molturación del grano de trigo *Triticum aestivum* o la mezcla de éste con el *Triticum durum* *desf.*, en la proporción de un máximo del 20 por ciento de éste último, lista para su venta al consumidor final o destinada para ser utilizada en la elaboración de otros productos alimenticios.

Se clasifica según el contenido en cenizas sobre sustancia seca, conforme a la letra a) del artículo 4.1, en harina flor (o de baja extracción), harina normal (o de extracción media) y harina morena (o de alta extracción).

La denominación «harina de trigo» corresponderá a la harina normal; la harina flor y la harina morena se denominarán respectivamente «harina de trigo flor» y «harina de trigo morena».

7. Harina integral: es el producto resultante de la molturación del grano de cereal y cuya composición corresponde con la del grano del cereal íntegro. El proceso de molienda puede ser variado, incluyendo la molturación del grano con separación de los diferentes componentes, que se juntan de nuevo para elaborar el producto final, o bien, un proceso de molienda, con una o varias fases de trituración, durante el cual no se separan los componentes del grano de cereal entre sí.

La denominación estará constituida por el genérico «harina integral» o «harina de grano entero» y por el nombre del cereal de procedencia.

8. Harina con salvado: es el producto resultante de la mezcla de una harina con salvado (definido en el punto 17) procedente de uno o varios cereales.

La denominación será descriptiva, constituida por el genérico «harina», el nombre del cereal de procedencia, el genérico «con salvado» y el porcentaje total de salvado adicionado; si el salvado procede de un cereal diferente al de la harina, en la denominación se indicará también el nombre del cereal o cereales de procedencia, en orden decreciente según el porcentaje de salvado aportado.

9. Harina semolosa: es el producto procedente de la molturación del grano de uno o varios cereales o de la mezcla posterior de diversos productos de la molienda de un mismo cereal o distintos cereales, que se caracteriza por presentar una granulometría heterogénea (harinas, sémolas gruesas y sémolas finas), no pudiendo catalogarse de forma genérica en ninguna de estas denominaciones individuales.

La denominación estará constituida por los términos «harina semolosa» seguida por el nombre del cereal o cereales de procedencia en orden decreciente de peso.

10. Mezcla de harinas: es la resultante de mezclar harinas de diferentes granos de cereales o que ha sido obtenida por la molturación conjunta de diferentes cereales.

La «harina de trigo» y la «harina semolosa», definidas anteriormente, no se considerarán «mezcla de harinas».

La denominación será «mezcla de harinas» pudiendo ir seguida por el nombre de los cereales de procedencia. La mezcla de harina de tres o más cereales podrá denominarse «harina multicereales».

11. Harinas procesadas.

a) Harina acondicionada: es la harina a la cual se le añaden determinados ingredientes, como aditivos, enzimas, gluten u otros ingredientes, para modificar o complementar únicamente sus características naturales.

La denominación estará constituida por los términos genéricos «harina», «acondicionada» y el nombre del cereal de procedencia.

b) Harina tratada: es la harina obtenida mediante procesos especiales de elaboración, ya sea por el tipo de tratamiento aplicado a las materias primas empleadas o por el proceso seguido para su obtención.

Son harinas tratadas, sin ser limitativa la relación:

Harina de cereales malteados: aquélla obtenida a partir de cereales que hayan sufrido un malteado previo.

Harina dextrinada: aquélla que debido al tratamiento térmico o por hidrólisis ácida, contiene dextrina.

Harina micronizada: aquélla con una granulometría tal que el 95 por cien de las partículas pasa a través de un tamiz de 100 micras de luz de malla.

Harina tratada térmicamente: aquélla que se somete a un tratamiento con calor en condiciones controladas de tiempo, presión y temperatura de forma que se establezca el producto.

La denominación de las harinas tratadas estará constituida por el término «harina», el nombre del cereal y una indicación referente al proceso especial seguido para su elaboración o a alguna característica distintiva.

c) Harina preparada: es la mezcla de cualesquiera de las harinas definidas anteriormente en proporción \geq al 50 por ciento junto con otros ingredientes (productos lácteos, ovoproductos, azúcares, edulcorantes, etc.), destinadas a la elaboración de productos concretos o a facilitar alguna fase de la elaboración de productos concretos.

La denominación será descriptiva, incluirá los términos «harina» y «preparada», completada con la elaboración o el proceso al que va destinada, como puede ser la fritura.

12. Sémola: es el producto procedente de la molturación del cereal constituido fundamentalmente por endospermo de estructura granulosa.

Según la granulometría, especificada en el artículo 4.2, se clasifican en sémola gruesa o de boca y sémola fina.

La denominación se forma con los genéricos «sémola gruesa» o «sémola de boca» o «sémola fina», según proceda, y con el nombre del cereal de procedencia, excepto la sémola fina de trigo duro que puede denominarse «sémola de trigo duro».

13. Sémola integral: es el producto obtenido de la molturación del grano del cereal, de estructura granulosa, cuya composición responde a la del grano de cereal íntegro, independientemente del proceso de molienda que se haya seguido para su obtención.

La denominación será «sémola integral» completada con el nombre del cereal de procedencia.

14. Sémola con salvado: es el producto resultante de la mezcla de una sémola con salvado procedente de uno o varios cereales.

La denominación será descriptiva, constituida por los genéricos «sémola», seguido por el nombre del cereal de procedencia, y «con salvado», indicando el porcentaje total de salvado adicionado; si el salvado procede de un cereal diferente al de la sémola, se indicará también el nombre del cereal o cereales de procedencia, en orden decreciente de peso.

15. Grañones: son los productos resultantes de la trituración de los granos de cereales limpios y cuyos fragmentos sean de tamaño mayor que los de la sémola.

16. Germen: es el producto constituido por el embrión del grano del cereal, separado del mismo al iniciarse el proceso de molturación.

17. Salvado: es el producto resultante del proceso de molienda procedente de las capas externas o cubiertas del grano del cereal, que quedan después de extraer la harina o sémola.

La denominación de los «grañones», el «germen» y el «salvado» estará formada por esos términos seguidos por el nombre del cereal o cereales de procedencia.

Artículo 3. *Materias primas y características. Otros ingredientes.*

1. La materia prima son los granos de los cereales, que deberán ser sanos, leales y comerciales, exentos de olores extraños y depredadores vivos en todas sus fases de desarrollo.

La humedad de los granos será menor o igual al 15 por ciento en el momento de la recepción de la mercancía.

2. Otros ingredientes: aditivos y enzimas en las condiciones y las dosis autorizadas según la normativa vigente; y lo previsto en el artículo 2, apartado 11 letra a), harina acondicionada, y letra c), harina preparada.

Artículo 4. *Características de los productos terminados.*

1. Características de las harinas definidas en el artículo 2, apartados 5 al 11:

Humedad: ≤ 15 por ciento, admitiéndose una tolerancia del 0,5 por ciento que incluye el valor de la incertidumbre del método de análisis.

Porcentaje de harina extraña (procedente de otros cereales o semillas): ≤ 1 por ciento.

a) Características específicas de la «harina de trigo» definida en el apartado 6 del artículo 2.

1.º Cenizas sobre sustancia seca:

Harina flor (o de baja extracción): $\leq 0,50$ por ciento.

Harina normal (o de extracción media): entre 0,50 y 0,80 por ciento.

Harina morena (o de alta extracción): $\geq 0,80$ por ciento y menor a 2,5 por ciento.

2.º Calidad panadera. La harina de trigo puede clasificarse en función de su calidad panadera en cuatro tipos según recoge el anexo. Las harinas destinadas a la panificación tendrán un contenido en proteínas (expresada en % sobre sustancia seca) ≥ 9 por ciento.

3.º Características específicas. En función de la composición fisicoquímica y de otros factores relacionados con los trigos empleados en su elaboración y del proceso seguido para su obtención, las harinas pueden presentar distintas características finales que la hacen más apropiada para unos u otros procesos.

b) Características específicas de la harina de trigo integral.

Cenizas sobre sustancia seca: < 3 por ciento.

2. Características de las sémolas.

Porcentaje de sémola extraña (procedente de otros cereales o semillas): ≤ 1 por ciento.

a) Clasificación de las sémolas definidas en el artículo 2.12, en función de la granulometría:

Sémola gruesa o de boca: sémola cuyo tamaño de partículas está distribuido uniformemente en el intervalo de 600 a 850 micras, admitiéndose una tolerancia del 10 por ciento, excepto para la sémola gruesa de trigo duro que será del 20 por ciento.

Sémola fina: sémola cuyo tamaño de partículas está distribuido uniformemente en el intervalo de 132 a 600 micras, admitiéndose una tolerancia del 10 por ciento, excepto para la sémola fina de trigo duro que será del 25 por ciento.

b) Características específicas de las sémolas de trigo duro.

1.º Humedad: < 15 por ciento, admitiendo una tolerancia del 0,5 por ciento que incluye el valor de la incertidumbre del método de análisis.

2.º Las sémolas finas de trigo duro se clasifican en:

Sémola de calidad superior para la elaboración de pastas alimenticias.
Sémola para otros usos industriales.

3.º Cenizas sobre sustancia seca, admitiendo una tolerancia de 0,05 por ciento:

Sémola gruesa o de boca: $\leq 0,9$ por ciento.

Sémola fina de trigo duro de calidad superior para la elaboración de pastas alimenticias:
 $\leq 0,9$ por ciento.

Sémola fina de trigo duro para otros usos industriales: $> 0,9$ por ciento.

4.º Proteínas (expresada en % sobre sustancia seca):

Sémola gruesa o de boca: $\geq 10,5$ por ciento.

Sémola fina de trigo duro de calidad superior para la elaboración de pastas alimenticias:
 $\geq 11,0$ por ciento.

Sémola fina de trigo duro para otros usos industriales: $\geq 9,5$ por ciento.

3. Características del salvado de trigo:

a) Humedad: ≤ 15 por ciento, admitiendo una tolerancia del 0,5 por ciento que incluye el valor de la incertidumbre del método de análisis.

b) Cenizas sobre sustancia seca: $\leq 8,5$ por ciento.

4. Contenido neto.

Al contenido neto de los productos envasados de cantidad nominal igual o superior a cinco gramos e inferiores o iguales a 10 kilogramos se le aplica el Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo.

En los productos envasados de cantidad nominal superior a 10 kilogramos e inferiores o iguales a 40 kilogramos el error máximo por defecto será del 1,5% de la cantidad neta nominal, de modo que ningún envase podrá presentar un error por defecto superior al doble del error máximo por defecto tolerado.

Artículo 5. *Información alimentaria.*

1. La información alimentaria de los productos recogidos en esta norma de calidad se regirá por lo dispuesto en las normas de ámbito comunitario y nacional relativas a dicha información. Además, se ajustará a las especificaciones que se indican en los siguientes apartados.

2. Información alimentaria obligatoria.

a) La denominación legal de los productos recogidos en los apartados 5 a 17, inclusive, del artículo 2, se corresponderá con la indicada en cada apartado y, cuando corresponda, con una combinación de ellas. Podrá completarse con una indicación sobre su uso recomendado o indicado.

b) La leyenda «Consérvese en sitio fresco, seco y aislado del suelo» aparecerá en el etiquetado.

c) La indicación de la fecha de duración mínima o consumo preferente se completará, cuando sea preciso, con la referencia a las condiciones de conservación que deben observarse para asegurar la duración indicada.

3. Información alimentaria voluntaria. El etiquetado podrá incluir información sobre:

a) La calidad panadera de la harina de trigo, debiendo utilizar las designaciones para los diferentes tipos (gran fuerza, fuerza, media fuerza y panificable) incluidas en el anexo, en función de las características que cumpla la harina. Esta información deberá figurar en el mismo campo visual que la denominación del producto.

b) La calidad de las sémolas finas de trigo duro, indicando «sémola de calidad superior para la elaboración de pastas alimenticias» o «sémola para otros usos industriales», conforme a lo establecido en el artículo 4.2 c).

NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07: Harinas

Normas Jurídicas de Nicaragua

Materia: Mercantil
Rango: Normas Técnicas

REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO ANEXO DE LA RESOLUCIÓN 201-2007 (COMIECO-XLV) HARINAS. HARINA DE TRIGO FORTIFICADA. ESPECIFICACIONES.

NTON 03 037-07/RTCA 67.01.15:07

Publicada en La Gaceta No. 87 del 11 de Mayo del 2010

CORRESPONDENCIA: Esta Norma es una adaptación de la Norma del Codex para la Harina de Trigo. Codex Stan 152 - 1985 (Rey. 1 - 1995)

ICS 67.060 RTCA 67.01.15:07

Reglamento Técnico Centroamericano, editado por:

- Ministerio de Economía, MINECO
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC
- Secretaría de Industria y Comercio, SIC
- Ministerio de Economía Industria y Comercio, MEIC

INFORME

Los respectivos Comités Técnicos de Normalización y de Reglamentación Técnica a través de los Entes de Normalización y de Reglamentación Técnica de los Países de la Región Centroamericana y sus sucesores, son los organismos encargados de realizar el estudio o la adopción de los Reglamentos Técnicos. Están conformados por representantes de los sectores Académico, Consumidor, Empresa Privada y Gobierno.

Este documento fue aprobado como Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.01.15:07 Harinas. Harina de Trigo Fortificado. Especificaciones, por los Subgrupos de Medidas de Normalización y de Alimentos y Bebidas de los Países de la Región Centroamericana. La oficialización de este reglamento técnico, conlleva la ratificación por el Consejo de Ministros de Integración Económica de Centroamérica (COMIECO).

MIEMBROS PARTICIPANTES DEL SUBGRUPO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

Por Guatemala Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Por El Salvador Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Por Nicaragua Ministerio de Salud
Por Honduras Secretaría de Salud
Por Costa Rica Ministerio de Salud

1. OBJETO

Este reglamento técnico establece las características y especificaciones que debe cumplir la harina de trigo fortificada.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente reglamento se aplica a la harina de trigo fortificada para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host, o una mezcla de los mismos, a granel o preenvasada y que está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarla en la elaboración de otros productos alimenticios.

No se aplica:

- A ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos

- A la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o a una mezcla de los mismos;

- A la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o gluten. -A la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;

- A las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 5.8 y 5.9.

3. DEFINICIONES

3.1 Harina de trigo: producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host, o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

3.2 Harina de trigo fortificada: harina de trigo a la que se le ha agregado micronutrientes en las proporciones establecidas en este reglamento.

3.3 Materia extraña: cualquier sustancia, resto de desecho orgánico o no, que se presenta en el producto, sea por contaminación o manejo poco higiénico del mismo durante su elaboración, considerándose entre otros: excretas y pelos de roedores e insectos o fragmentos de insectos.

3.4 Harina de trigo blanqueada: es la harina de trigo que ha sido tratada con un agente blanqueador.

3.5 Harina de trigo no blanqueada: es la harina de trigo que no ha sido tratada con ningún agente blanqueador.

4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

4.1 Características generales

La harina de trigo fortificada debe obtenerse de granos de trigo limpios, sanos, libres de impurezas o materias extrañas que alteren la calidad del producto.

4.2 Características sensoriales

a) Aspecto: el producto se presenta en forma de polvo, libre de terrones y exento de insectos en cualquier etapa de desarrollo, excretas de animales, parásitos y de otras materias extrañas al mismo;

b) Olor y sabor: el producto debe tener olor y sabor característicos. Debe estar libre de olor o sabor amargo, rancio, mohoso o cualquier otro olor o sabor diferente al característico;

c) Color: el color del producto debe ser blanco o cremoso, de acuerdo al tipo que corresponda, libre de coloración por actividad de microorganismos.

4.3 Contaminantes

4.3.1 Metales pesados. La harina de trigo fortificada debe cumplir con las especificaciones de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 1. Valores máximos permisibles de metales pesados

| Metales pesados | Valores máximos permisibles, en mg/kg |
|------------------------|--|
| Cadmio | 0.20 |
| Plomo | 0.20 |

4.3.2 Residuos de plaguicidas. La harina de trigo fortificada debe ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por el Comité del Codex Alimentarius sobre residuos de plaguicidas, para este producto.

4.3.3 Micotoxinas. La harina de trigo fortificada debe ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por el Comité del Codex Alimentarius sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos, para este producto.

4.4 Higiene

4.4.1 El producto regulado por las disposiciones de este reglamento técnico se debe preparar y manipular de conformidad con el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura de la Industria de Alimento aprobado en el marco de la Unión Aduanera¹. En el caso de los productos Importados se aceptará el Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1 - 1969, Rev. 3 1997 enmendado en 1999, Codex Alimentarius Vol.

1B) u otro sistema equivalente.

1 De conformidad a lo establecido en las resoluciones No. 80-2001 y la No. 92-2002 del COMIECO

4.4.2 El producto analizado mediante métodos apropiados de muestreo y análisis:

a) Debe estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

b) Debe estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud, y;

c) No debe contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

4.4.3 Se establece un límite máximo de 75 fragmentos de insectos en 50g de harina de trigo fortificada.

4.5 Criterios microbiológicos

Se debe cumplir con los criterios microbiológicos establecidos en la tabla siguiente:

Tabla 2. Criterios microbiológicos

| Parámetro | Plan de muestreo | | | | Límite | |
|-------------------------------|------------------|-------|---|---|----------|-----------|
| | Tipo de riesgo | clase | n | C | m | M |
| Recuento de Mohos y Levaduras | B | 3 | 5 | 1 | 10 UFC/g | 103 UFC/g |

4.6 Requisitos físicos y químicos

4.6.1 Debe ajustarse a los parámetros que se establecen en la siguiente tabla

Tabla 3. Requisitos fisicoquímicos de conformidad a la variedad de trigo

| Determinaciones | Limites |
|---|---------|
| Humedad, en porcentaje máximo en masa (m/m) | 15,5 % |
| Proteínas (N x 5.7), en porcentaje mínimo en masa (m/m), en base seca | 7,0 % |
| Ceniza en porcentaje máximo en masa (m/m). | 1,0 % |

4.6.2 Acidez de grasa. No se deben requerir más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 g de harina, referidos al producto seco.

4.6.3 Tamaño de las partículas. El tamaño de partículas debe ser tal que el 98% de la harina pase a través de un tamiz de 212 µm, con el método recomendado por Codex.

4.7 Fortificación de la harina de trigo

4.7.1 Los niveles mínimos de micronutrientes para la fortificación de la harina de trigo son los señalados en la tabla siguiente:

Tabla 4. Niveles mínimos de micronutrientes en la harina de trigo fortificada

| Micro nutrientes | Nivel mínimo a alcanzar (mg/kg de harina) |
|----------------------------|---|
| Hierro | 55,0 |
| Tiamina (vitamina B-1) | 6,2 |
| Riboflavina (vitamina B-2) | 4,2 |
| Niacina | 55,0 |
| Acido fólico | 1,8 |

4.7.2 La fuente de hierro a utilizar en la fortificación debe ser fumarato ferroso.

4.8 Aditivos

| Aditivo | INS | Nivel Máximo Aceptado | Comentarios |
|--|----------|-----------------------|---------------|
| ESTERES POLIGLICERIDOS DEL ACIDO RICINOLEICO INTERESTERIFICADO | 476 | 5000 mg/kg | |
| ALFA AMILASA (ASPERGILLUS ORYZAE VAR.) | 1100 | BPM | |
| SULFATO DE ALUMINIO Y AMONIO | 523 | 500 mg/kg | Como aluminio |
| CARBONATO CÁLCICO | 170i | 10000 mg/kg | Como calcio. |
| PROPIANATO CÁLCICO | 282 | 1000 mg/kg | |
| ESTERES DIACELTILTARTARICOS Y DE ACIDOS GRASOS DEL GLICEROL | 472e | 5000 mg/kg | |
| ÁCIDO CLORHIDRICO | 507 | BPM | |
| ÓXIDOS DE HIERRO | 172i-iii | 300 mg/kg | |
| LECITINA | 322 | 5000 mg/kg | |
| OXIDO NITROSO | 942 | BPM | |
| ÉSTERES POLIGLICÉRIDOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS | 475 | 10000 mg/kg | |
| DIÓXIDO DE SILICIO AMORFO | 551 | BPM | |

| | | | |
|---|--|-------------|---|
| ACETATO DE SODIO | 262i | 6000 mg/kg | |
| ASCORBATO DE SODIO | 301 | 300 mg/kg | |
| CARBONATO DE SODIO | 500i | BPM | |
| SORBATOS | 200-203 | 1000 mg/kg | Como ácido sórbico. |
| TARTRATOS | 334; 335i,ii; 336i,ii; 337 | 6000 mg/kg | Como ácido tartárico |
| TOCOFEROLES | 306, 307 | 600 mg/kg | |
| CITRATO TRISODICO | 331iii | BPM | |
| ACIDO ASCORBICO | 300 | 300 mg/kg | |
| AZODICARBONAMIDE | 927a | 45 mg/kg | |
| PERÓXIDO DE BENZOILO | 928 | 66 mg/kg | |
| BROMATO DE POTASIO | | 35 mg/kg | Harinas fuertes y semifuertes 35 mg/kg para Guatemala, El Salvador y Honduras, 30 mg/kg para Nicaragua, 0 para Costa Rica |
| CARBONATO CÁLCICO | 170i | BPM | Las BPF indican 1 parte de peróxido de benzoilo y no más de 6 partes del aditivo en cuestión, en peso |
| SULFATO CÁLCICO | 516 | BPM | Las BPF indican 1 parte de peróxido de benzoilo y no más de 6 partes del aditivo en cuestión, en peso. |
| COLORO | 925 | 2500 mg/kg | Dosis de tratamiento |
| DIÓXIDO DE CLORO | 926 | 2500 mg/kg | Dosis de tratamiento |
| OXIDASA DE GLUCOSA (ASPERGILLUS NIGER VAR.) | 1102 | 780 mg/kg | |
| CARBONATO DE MAGNESIO | 504i | 1500 mg/kg | |
| PAPAINA | 1101ii | BPM | |
| FOSFATOS | 338; 339i-iii; 340iii; 341i-iii; 342i,ii; 343i-iii; 450i-iii,v-vii; 451i,ii; 452i-v; 542 | 11900 mg/kg | Como fósforo |
| ASCORBATO DE POTASIO | 303 | 300 mg/kg | |
| PROTEASA (A. ORYZAE VAR.) | 1101i | BPM | |

| | | | |
|-----------------------------|------------------------------|-------------|--|
| FOSFATO DE ALUMINIO Y SODIO | 541i,ii | 45000 mg/kg | Bases de presentación no especificadas |
| ASCORBATO DE SODIO | 301 | 300 mg/kg | |
| HIDROGENCARBONATO DE SODIO | 500ii | 45000 mg/kg | |
| PERÓXIDO DE ACETONA | 929 | BPM | |
| ESTEAROIL-2-LACTILATOS | 481i, 482i | 5000 mg/kg | |
| SULFITOS | 220-225, 227, 228, 539 | 900 mg/kg | Como SO2 residual |
| CLORHIDRATO L-CISTEINA | | 90 mg/kg | |

- Amilasa fúngica de *Aspergillus niger* y *oryzae* BPM*

- Enzimas proteolíticas de *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* BPM*

*BPM = buenas prácticas de manufactura

4.9 Ingredientes facultativos

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

- Productos malteados con actividad enzimática, fabricado con trigo, centeno o cebada;
- Gluten vital de trigo;
- Harina de soya y harina de leguminosas.

5. ENVASADO Y ETIQUETADO

5.1 Envasado

5.1.1 La harina de trigo fortificada debe envasarse y transportarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y sensoriales del producto.

5.1.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, debe estar fabricado con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deben transmitir al producto ninguna sustancia toxica ni olores o sabores desagradables.

5.1.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deben ser de primer uso y limpios, ser resistentes y estar bien cosidos o sellados

5.2 Etiquetado Además de los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano de Etiquetado General para Alimentos Preenvasados, se aplican las siguientes disposiciones específicas:

- Nombre del producto
- Contenido específico de Micronutrientes.

Nota 1: Mientras no entre en vigencia el Reglamento Técnico Centroamericano de Etiquetado General para Alimentos Preenvasados, cada país aplicará la normativa vigente en su país.

D. Resultado del balance de materia y energía

Balance de materia

**Selección y
limpieza**

$$S1 = P1 + S2$$

| | | | |
|----------|------|----------|------|
| S1 (t/h) | 1.00 | P1 (t/h) | 0.02 |
| | | S2 (t/h) | 0.98 |

Lavado

$$S2 + A1 = P2 + S3 + E1$$

| | | | |
|----------|-------|----------|-------|
| S2 (t/h) | 0.98 | P2 (t/h) | 0.005 |
| A1 (t/h) | 1.00 | S3 (t/h) | 1.00 |
| | 1.980 | E1 (t/h) | 0.98 |

Cocción

$$S3 + A2 = S4 + A3 + E1$$

| | | | |
|----------|------|----------|------|
| S3 (t/h) | 1.00 | A3 (t/h) | 2.17 |
| A2 (t/h) | 3.00 | S4 (t/h) | 1.53 |
| | | E1 (t/h) | 0.30 |

Secado

$$S4 = S5 + V1$$

| | | | |
|----------|------|----------|------|
| S4 (t/h) | 1.53 | S5 (t/h) | 0.52 |
| | | V1 (t/h) | 1.01 |

Molienda

$$S5 = P3 + S6$$

| | | | |
|----------|------|----------|-------|
| S5 (t/h) | 0.52 | P3 (t/h) | 0.005 |
| | | S6 (t/h) | 0.511 |

Cribado

$$S5 = P3 + S6$$

| | | | |
|----------|-------|----------|-------|
| P3 (t/h) | 0.511 | P3 (t/h) | 0.005 |
| | | S6 (t/h) | 0.506 |

Balance de energía

| | | |
|------------------------|--|--------|
| Cocción | | |
| Presión de vapor (kPa) | | 137.90 |
| Presión de vapor (psi) | | 20.00 |
| S3 (kg/h) | | 980.00 |

| | | |
|----------------|--|----------|
| Qv = | calor cedido por el vapor (kJ/h) | |
| mv = | masa del vapor (kg/h) | |
| $\Delta t_v =$ | variación de temperatura del vapor (kJ/kg) | |
| $\lambda_v =$ | calor latente del vapor a 20 psia (kJ/kg °C) | 2,233.00 |
| Qa = | calor que absorbe el agua (kJ/h) | |
| Ca = | caudal de agua (kg/h) | 1,000.00 |
| $\rho_a =$ | densidad del agua (kg/m ³) | 1,000.00 |
| Cpa = | calor específico del agua (kJ/kg °C) | 4.18 |
| mt = | Masa total de agua (kg/h) | |
| ma = | Masa de agua (l/min) | |
| tai = | temperatura inicial del agua (°C) | 28.00 |
| taf = | temperatura final del agua (°C) | 100.00 |
| $\Delta t =$ | variación de temperatura del agua (°C) | 72.00 |
| tvi = | temperatura del vapor saturado (°C) | 108.90 |
| tvf = | temperatura del condensado (°C) | 70.00 |
| $\Delta t_v =$ | variación de temperatura del vapor condensado (°C) | 38.90 |

| | | |
|-----------------------------|--|------------|
| $Q_v = m_v \lambda_v + m_v$ | | |
| $C_{pa} \Delta t_v$ | | |
| $Q_a = m_a C_{pa} \Delta t$ | | 301,248.00 |
| $Q_v = Q_a + Q_f$ | | |

$$m_v = (m_a C_{pa} \Delta t + m C_p \Delta t) / (\lambda_v + C_{pa} \Delta t_v)$$

| | | |
|----|--|----------|
| ma | | 1,000.00 |
|----|--|----------|

| | | |
|--|---|------------|
| mv | | 417.15 |
| Qv= | | 999,400.00 |
| mt=ma + mv = | | 1,417.15 |
| mt (l/min) | | 23.62 |
| Calor necesario para elevar la temperatura del frijol | | |
| Qf=mCpΔt | | |
| Qf= | Calor necesario para elevar la temperatura del frijol | |
| m= | Flujo másico del frijol (s3: t/h) | 980.00 |
| Cp | Capacidad calorífica del frijol (kJ/kg °C) | 17.81 |
| ti | Temperatura inicial del frijol (°C) | 30.00 |
| tf | Temperatura estimada final del frijol (°C) | 70.00 |
| Qf (kJ/h) | | 698,152.00 |

Secado

Para realizar el balance de energía se aplicó el procedimiento propuesto por McCabe et al. (2007) para secadores rotatorios:

| | |
|---|--------|
| S4 (t/h) | 1.53 |
| S (kg/h), ms | 117.51 |
| Condiciones iniciales del aire | |
| Temperatura de bulbo seco (ts, °C) | 28.00 |
| Entalpia a ts, (Hr, kJ/kg °C) | 74.00 |
| Humedad de entrada del aire seco (y2, kg a/kg as) | 0.02 |
| Secador adiabático | |
| Twa=Tha | |
| Temperatura de entrada del aire caliente (t2 (°C) Thb) | 125.00 |
| Temperatura de bulbo húmedo aire caliente entrada (Twb, °C) | 41.67 |
| Asumiendo número de unidades de transferencia en un secador, Nt | |
| | 1.50 |
| $N_t = \ln \frac{T_{hb} - T_{wb}}{T_{ha} - T_{wb}}$ | |
| Temperatura de bulbo seco salida del aire caliente, (Tha, °C) | 60.26 |
| Temperatura estimada salida del sólido (Tsb,, °C) | 90.00 |
| Tempera de entrada del sólido (Tsa, °C) | 70.00 |
| Humedad de entrada del sólido (Xa) | 58% |
| Calor específico del agua (Cp, kJ/kg°C) | 1.00 |
| Temperatura de vaporización (tv, °C) | 41.67 |
| Temperatura final del vapor (tv, °C) | 90.00 |

| | |
|---|----------|
| Humedad de salida del sólido (Xb) | 12% |
| Calor latente de vaporización del agua (z, kJ/kg) | 2,402.00 |
| Calor específico del vapor (cpv, kJ/kg°C) | 1.93 |

$$\frac{q_T}{\dot{m}_s} = c_{ps}(T_{sb} - T_{sa}) + X_a c_{pL}(T_v - T_{sa}) + (X_a - X_b)\lambda + X_b c_{pL}(T_{sb} - T_v) + (X_a - X_b)c_{pv}(T_{va} - T_v)$$

| | |
|--|------------|
| qt/ms | 1,466.96 |
| Velocidad de transferencia de calor (qt, kJ/h) | 172,383.75 |

| | |
|---|------|
| Calor específico del aire húmedo (Csb, kJ/kg°C) | 1.11 |
|---|------|

$$\dot{m}_g(1 + \mathcal{H}_b) = \frac{q_T}{c_{sb}(T_{hb} - T_{ha})}$$

| | |
|--|----------|
| Velocidad del flujo de aire mg(1+hb),kJ/kg C | 2,399.94 |
| Flujo de aire seco, mg (kg/h) | 2,357.72 |
| Velocidad de transferencia de masa mv=ms(Xa-Xb), kg/h | 54.06 |
| Humedad de salida Ha=Hb+mv/mg | 0.041 |

E. Cálculos del dimensionamiento de equipos del proceso

Criba vibratoria

| | |
|-----------------------|------|
| S1 (t/h) | 1.00 |
| Longitud criba (m) | 5.00 |
| Ancho criba (m): B | 0.15 |
| Capacidad de la criba | |
| $Q=kqpA$ | |
| k | 0.00 |
| A | 0.75 |
| q | 5.50 |
| Q (t/h) | 3.92 |
| Potencia | |
| P (kW) | 0.04 |

Lavadora

| | |
|---|--------|
| S2 (t/h) | 0.98 |
| Área de lavado (tamiz) | |
| Longitud (m) | 1.00 |
| Ancho (m): B | 1.56 |
| A (m ²) | 1.56 |
| Diámetro del tambor | |
| D (m) | 0.50 |
| Capacidad de la lavadora | |
| k (t/m ³ h) | 450.00 |
| diámetro de los agujeros del tambor (m) | 0.01 |
| Q (t/h) | 3.51 |
| Velocidad crítica | |
| n (rev/s) | 1.00 |
| V del tambor | |
| v (rev/s) | 0.30 |

Cocción

| | |
|--------------------------------|----------|
| S3 (t/h) | 1.00 |
| S3 (l/h) | 926.02 |
| A2 (t/h) | 3.00 |
| A2 (l/h) | 3,000.00 |
| V de la marmita | |
| V= (S3+A2)*1.25 | |
| V (m3) | 4.71 |
| Diámetro de la marmita | |
| Vm= Vc+Vsemie | |
| D (m) | 1.58 |
| h (m) | 1.89 |
| Altura del enchaquetado | |
| henc (m) | 1.51 |
| Espesor del enchaquetado | 5.00 |
| Área de transferencia de calor | |
| Atc=Ac+Asemie | |
| Atc (m2) | 13.26 |

Secado

| | |
|---|-----------|
| S4 (t/h) | 1.53 |
| S4 (kg/h) | 1,528.10 |
| S (kg/h) | 117.51 |
| t2 (°C) | 125.00 |
| Humedad de entrada del aire seco (y2, kg a/kg as) | 0.02 |
| Thb (C) | 41.67 |
| Velocidad másica permitida en el secador (G. kg/m2) | 15,000.00 |
| Diámetro del secador (D, m) | 3.00 |
| Área de la sección transversal (m2) | 7.07 |

$$\overline{\Delta T} = \overline{\Delta T}_L = \frac{T_{hb} - T_{wb} - (T_{ha} - T_{wa})}{\ln[(T_{hb} - T_{wb}) / (T_{ha} - T_{wa})]}$$

| | |
|---------|-------|
| Delta T | 43.16 |
|---------|-------|

$$q_T = \frac{0.5G^{0.67}}{D} V \overline{\Delta T}$$

$$= 0.125\pi DLG^{0.67} \overline{\Delta T}$$

| | |
|-------------------|------|
| L del secador (m) | 5.40 |
|-------------------|------|

Molienda

| | |
|--------------------|----------|
| S5 (t/h) | 0.52 |
| S5 (kg/s) | 0.14 |
| Dpe (mm) | 5.00 |
| Dpe (um) | 5,000.00 |
| Dpf (mm) | 0.21 |
| Dpf (um) | 212.00 |
| wi (kWh/t) | 1.58 |
| W (kWh/t) | 0.86 |
| e reductor | 0.90 |
| e motor | 0.95 |
| Potencia del motor | |
| N (kW) | 0.52 |

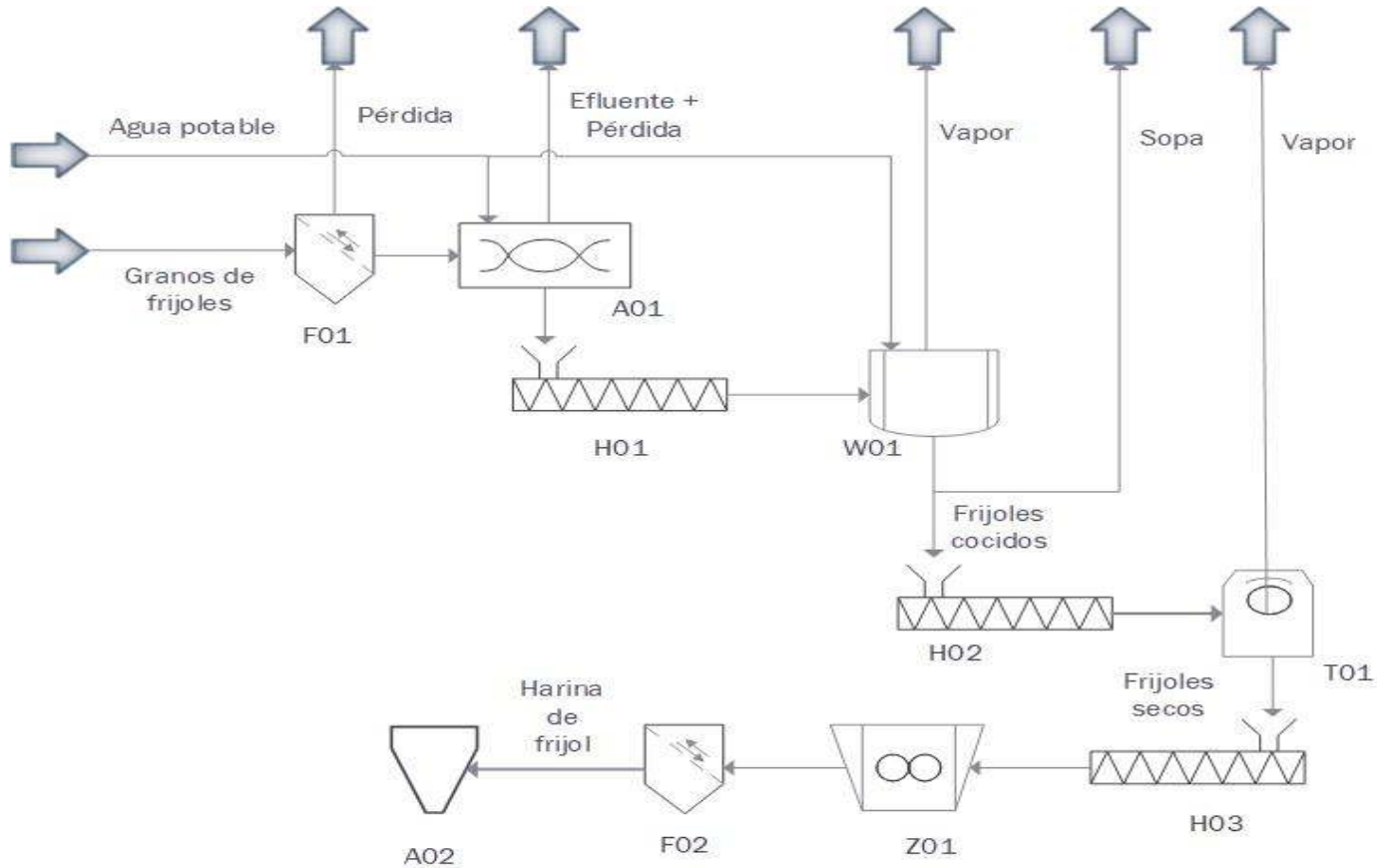
Tamices

| | |
|--|--------|
| Flujo másico entrada a los tamices (t/h) | 0.51 |
| Flujo másico entrada a los tamices (kg/s) | 8.52 |
| Área nominal (m ²) | 2.00 |
| Anchura (m) | 1.00 |
| Longitud (m) | 2.00 |
| Diámetro de salida del sólido (um) ASTM-E11-70 N°7 | 212.00 |
| $P = 1600\dot{m} / D_p$ | |
| Potencia: P (kW) | 64.32 |

Bomba

| | |
|------------------------|-------|
| A2 (t/h) | 3.00 |
| A2 (m ³ /s) | 50.00 |
| eficiencia | 0.96 |
| Delta P (kPa) | 98.00 |

Esquema tecnológico de proceso



| Código | Descripción |
|--------|---------------------------|
| F01 | Criba vibratoria |
| A01 | Lavadora |
| H01 | Transportador de tornillo |
| W01 | Marmita |
| H02 | Transportador de tornillo |
| T01 | Secador rotatorio |
| H03 | Transportador de tornillo |
| Z01 | Molino de discos |
| F02 | Criba vibratoria |
| A02 | Empacadora |

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de harina de frijol

F. Detalle del costo de manufactura

Tabla 16. Costo de Materia prima e insumos

| No | Concepto | Cantidad anual | Precio (USD) | Precio total (USD) |
|----------------|------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| 1 | Frijol (qq) | 40,132.01 | 28.57 | 1,146,628.95 |
| 2 | Agua (m ³) | 1,216.00 | 0.92 | 1,116.25 |
| Insumos | | | | |
| 1 | sacos de polipropileno | 20,520.82 | 0.1 | 2,052.08 |
| Total | | | | 1,149,797.28 |

Tabla 17. Costo de energía eléctrica

| No | Equipo | Cantidad | Consumo individual (kW) | Consumo total (kW) | Consumo (kWh/año) | Costo anual (USD/kWh) | Costo anual kW (USD/kW) |
|-------------------------------|-------------------|----------|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | Criba vibratoria | 1 | 2.2 | 2.2 | 4,012.80 | 5,216.03 | 340.88 |
| 2 | Lavadora | 1 | 0.75 | 0.75 | 1,368.00 | 1,778.19 | 116.21 |
| 3 | Marmita | 2 | 0.5 | 1 | 1,824.00 | 2,370.92 | 154.95 |
| 4 | Tornillo sin fin | 3 | 16 | 48 | 87,552.00 | 113,804.19 | 7,437.49 |
| 5 | Secador rotatorio | 1 | 7.5 | 7.5 | 27,360.00 | 35,563.81 | 1,162.11 |
| 6 | Molino de discos | 1 | 15 | 15 | 27,360.00 | 35,563.81 | 2,324.22 |
| 7 | Criba vibratoria | 1 | 0.55 | 0.55 | 1,003.20 | 1,304.01 | 85.22 |
| 8 | Empacadora | 1 | 3.69 | 3.69 | 6,730.56 | 8,748.70 | 571.76 |
| 9 | Bomba centrífuga | 1 | 75 | 75 | 136,800.00 | 177,819.05 | 11,621.08 |
| Sub total (kW) | | 12 | 121.19 | 153.69 | 294,010.56 | 382,168.70 | 23,813.91 |
| Demás equipos (oficina, etc.) | | 15% | Del sub total | 23.05 | 42,049.58 | 54,658.02 | 3,572.09 |
| Total (kW) | | | | 176.74 | 336,060.14 | 436,826.72 | 27,386.00 |

Nota: Tipo de tarifa eléctrica T4 que incluye consumo energía eléctrica (kWh/mes) y demanda (kWh/mes). Fuente: www.ine.gob.ni

Tabla 18. Costo de mano de obra

| Concepto | Cantidad | Salario unitario mensual (USD) | Salario mensual total (USD) | salario anual (USD) | INSS 21.5% (USD) | INATEC 2% (USD) | Vacaciones (USD) | Treceavo mes (USD) | Beneficios sociales (USD) | Cargos a planilla (USD) |
|------------------------------|----------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|
| Jefe de producción | 1 | 600 | 600.00 | 7,200.00 | 129.00 | 12.00 | 600.00 | 600.00 | 2,892.00 | |
| Jefe de calidad | 1 | 350 | 350.00 | 4,200.00 | 75.25 | 7.00 | 350.00 | 350.00 | 1,687.00 | |
| Subtotal MO indirecta | 2 | | 950.00 | 11,400.00 | 204.25 | 19.00 | 950.00 | 950.00 | 4,579.00 | 6,702.25 |
| Operadores de producción | 8 | 200 | 1,600.00 | 19,200.00 | 344.00 | 32.00 | 1,600.00 | 1,600.00 | 7,712.00 | |
| Jefe de Mantenimiento | 1 | 350 | 350.00 | 4,200.00 | 75.25 | 7.00 | 350.00 | 350.00 | 1,687.00 | |
| Subtotal MO directa | 9 | | 1,950.00 | 23,400.00 | 419.25 | 39.00 | 1,950.00 | 1,950.00 | 9,399.00 | 13,757.25 |

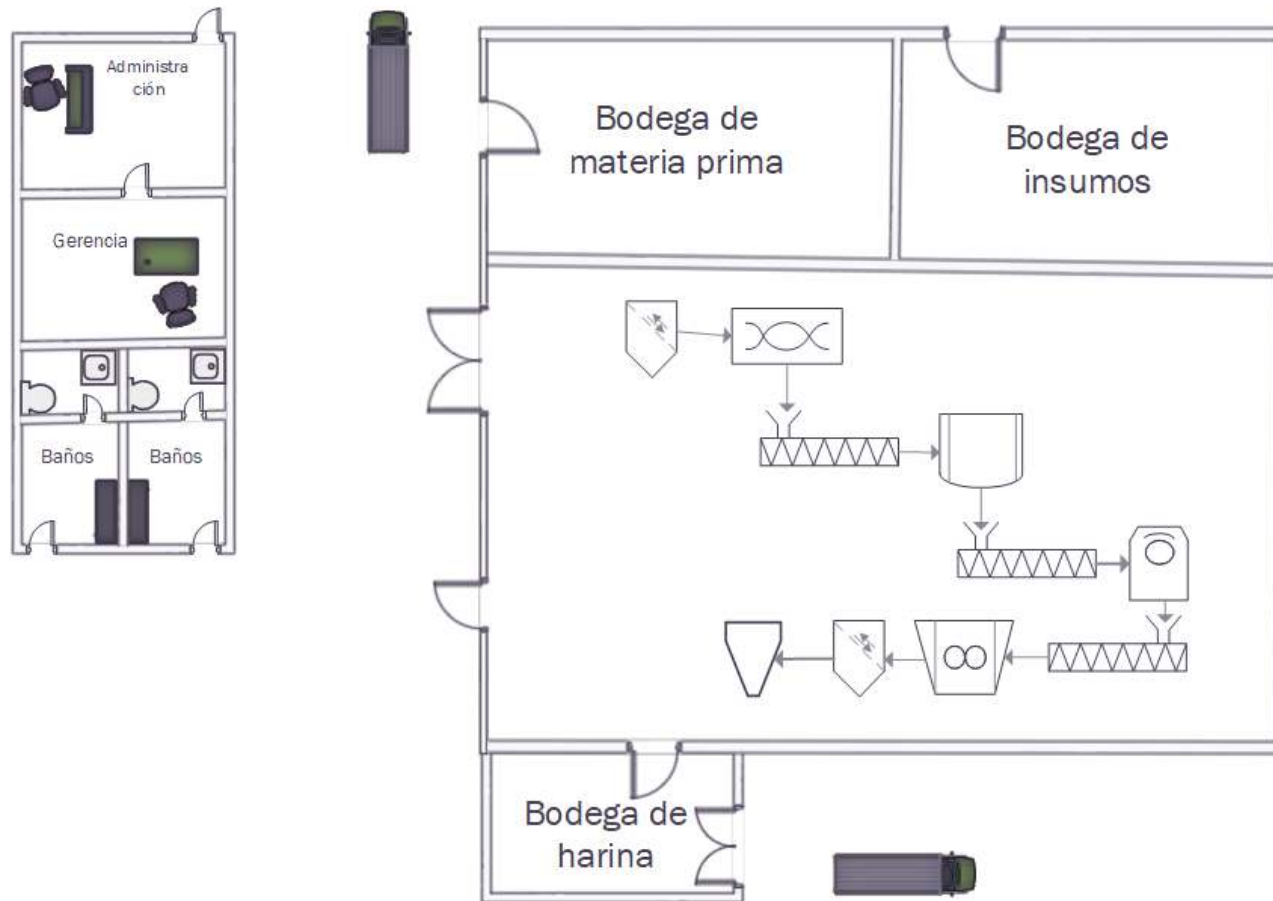
Nota: Cálculo para una empresa con menos de 50 trabajadores

Tabla 19. Costo de servicios

| Concepto | Cantidad | unidad | Costo unitario | Unidad del costo | Costo total |
|-------------------------------------|------------|---------|----------------|------------------|-------------------|
| Vapor saturado 138 kPa | 760,889.00 | kg/año | 2 | USD/1000 kg | 1,521.78 |
| Energía | 336,060.14 | kWh/año | 60% | Factor de uso | 436,826.72 |
| | 176.74 | kW/año | 60% | Factor de uso | 27,386.00 |
| Tratamiento de agua residual | 157,734.66 | kg/año | 0.53 | USD/m3 | 83.60 |
| Total | | | | | 465,818.10 |

Nota: Costo de vapor saturado y tratamiento de agua según (Peters et al., 2003)

A. Distribución de planta



Características de los equipos del proceso de producción

La selección de los equipos del proceso de producción fue realizada de acuerdo con los resultados del balance de materia y energía, y su relación con las etapas de dicho proceso:

a) Selección y limpieza

Criba vibratoria



Dimensiones: 5000*600*870 mm

Capacidad: 3.92 ton/h

Potencia: 0.04 kW

Voltaje: 380 V

Modelo: Asl-2

Peso: 220 kg

Nota: https://es.made-in-china.com/co_aslan2019/product_Automatic-Beans-Vibrating-Shaker-Sieve-for-Sale-Grain-Screening-Machine-Herbal-Rice-Sieving-Machine_rrhiugeng.html

b) Lavado

Lavadora vibratoria



Dimensiones: 2400x1560x980 mm

Capacidad: 3.51 ton/h

Potencia: 0.75 kW

Voltaje: 380 V

Modelo: JL-DQJ

Nota: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/soybean-washing-machine-green-bean-cleaning-machine-rice-washing-machine-60245353318.html>

c) Cocción

Marmita



Capacidad: 5,000 L

Potencia: 0.5 kW

Calefacción: Vapor saturado

Material: Acero inoxidable 304

Modelo: JL-ZG-G

Nota: https://spanish.alibaba.com/product-detail/steam-heating-tank-with-mixer-1600151746275.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.28142088HlzAUI

d) Ecurrido

Tornillo sin fin



Capacidad: 3 ton/h

Diámetro del tornillo: 1000 mm

Velocidad de rotación: 35 rpm

Potencia: 16 kW

Nota: https://spanish.alibaba.com/product-detail/flexible-screw-conveyor-machine-for-silo-cement-62068444868.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3601347fZGGdgP

e) Secado

Secador rotatorio contacto directo con aire caliente



Dimensiones(mm):5,950x3000x4000

Capacidad: 3.3 a 4.9 ton/h

Potencia: 7.5 kW

Peso: 13.5 ton

Nota: https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-quality-air-clay-continuous-drum-dryer-s-price-sawdust-triple-pass-rotary-dryer-equipment-60687024333.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.527aef42RvUeaG

f) Molienda

Molino de discos



Dimensiones: 2,250*1,550*1,950 mm

Capacidad: 1.3 a 1.5 ton/h

Velocidad de rotación: 3,200 rpm

Potencia: 15 kW

Nota: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Tooth-1600251112357.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.2dee32fb7DELUz

g) Cribado

Criba vibratoria



Capacidad: 800 kg/h

Tamaños de malla: 2 a 500

Velocidad: 1,440 rpm

Potencia: 0.55 kW

Diámetro de partícula: < 10 µm

Nota: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/2021-1600225712289.html?spm=a2700.8699010.29.11.3b032081ITsnw1>

h) Empaque

Empacadora



Dimensiones: 1,530 x 1,550 x 3,700 mm

Rango de pesaje: 30 a 50 kg

Capacidad: 400 bolsa/h

Nota: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Flour-60832984481.html?spm=a2700.8699010.29.156.703d18eaKy3woO>

i) Bombeo de agua

Bomba centrífuga



Capacidad: 5500 m³/h

Velocidad: 730 rpm

Potencia: 75 kW

Modelo: 800S32

Una etapa

Doble aspiración

Nota: https://spanish.alibaba.com/product-detail/350kw-high-pressure-big-diameter-double-suction-centrifugal-water-pump-60790014051.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.558150292tKiTD&s=p