UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA

DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE ARROZ A PARTIR DE PAYANA Y PUNTILLA DE ARROZ.

TRABAJO DE TESIS PRESENTADO POR:

Br. Oriana Karina Martínez Mora.
Br. Yarel de los Ángeles Mora López.

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

MGPD Ing. Silvano Cruz Sánchez.

Managua, Nicaragua
Junio del 2021

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO i
DEDICATORIA ii
I. RESUMEN 1
II. INTRODUCCIÓN 2
III. OBJETIVOS 3
3.1 Objetivo General 3
3.2 Objetivo Específicos 3
IV. MARCO DE REFERENCIA 4
4.1 Harina como subproducto del arroz. 4
4.1.1 Composición fisicoquímica. 5
4.1.2 Tipos de harina de arroz. 5
4.2 Generalidades del Arroz 6
4.2.1 Composición Química 6
4.2.2 Industrialización del arroz en Nicaragua 6
4.3 Control de calidad de la materia prima y producto terminado 7
4.3.1 Características generales del arroz. 8
4.3.2 Características generales de la harina de arroz: 8
4.4 Equipos para la obtención del producto. 9
4.4.1 Equipos principales del proceso. 9
4.4.2 Equipos auxiliares para la obtención del producto 10
4.4.3 Material de empaque 11
4.5 Balance de materia y energía para la estimación de flujos. 11
4.5.1 Balance de Materia: 11
4.5.2 Balance de Energía: 11
4.6 Ecuaciones para la selección de maquinaria 11
4.6.1 Selección de criba vibratoria para la separación de granos y harinas 11
4.6.2 Selección de molino de martillos para quebrantar granos 12
4.6.3 Selección de elevador de cangilones de carga centrifuga para transporte de granos 13
4.7 Análisis de Costos para el montaje del proceso. 14
4.7.1 Método del porcentaje del costo del equipo entregado. 14
4.7.2 Estimación del capital de inversión. 16
4.7.3 Estimación del capital de trabajo. 19
4.7.4 Costos de producción 20

4.7.5 Costos de mano de obra directa 22
V. METODOLOGÍA 23
5.1 Validación del proceso de obtención de harina de arroz. 23
5.1.1 Elaboración de harina a escala de banco de laboratorio. 23
5.1.2 Comparación con harina de arroz comercial. 29
5.2 Selección y descripción de máquinas y equipos para el proceso de producción de harina de arroz. 30
5.2.1 Descripción del proceso productivo para la obtención de harina. 30
5.2.1.1 Limpieza y separación. 31
5.2.1.2 Molienda: 32
5.2.1.3 Tamizado: 32
5.2.1.4 Empaque 32
5.3 Diagrama de bloque 34
5.3.1 Capacidad de producción. 35
5.4 Balances de materia y energía. 35
5.4.1 Recepción de materia prima y cribado: 36
5.4.2 Limpieza. 36
5.4.3 Molienda. 36
5.4.4 Tamizado. 37
5.4.5 Empacado 37
5.4.6 Flujograma del proceso. 38
5.5 Selección y dimensionamiento de la maquinaria para el proceso de producción de harina. 39
5.5.1 Selección de Criba vibratoria para granos. 39
5.5.2 Selección de maquina limpiadora de granos. 39
5.5.3 Selección del molino de martillo. 40
5.5.4 Selección de tamiz vibratorio para harinas. 41
5.5.5 Selección del elevador de cangilones. 42
5.5.6 Selección de Maquina Empacadora. 43
5.5.7 Selección de Silo de Almacenamiento de Granos. 43
5.6 Análisis de Costos para el proceso de producción de Harina. 44
5.6.1 Equipos nacionales. 44
5.6.2 Equipos internacionales. 44
5.6.3 Capital de inversión. 44
5.6.4 Materia prima, insumos y empaques. 44

5.6.5 Mano de obra. 44
5.6.6 Utilidades. 45
5.6.7 Depreciación. 45
5.6.8 Costos de manufactura. 45
VI. RESULTADOS 46
6.1 Caracterización de la materia prima y la harina 46
6.1.1 Parámetros de calidad del arroz. 46
6.1.2 Parámetros de calidad de la harina de arroz. 47
6.2 Comparación del producto terminado con las normas establecidas. 48
6.3 Selección y parámetros de la maquinaria para el proceso de elaboración de harina de arroz. 49
6.3.1 Selección de Elevador de cangilones tipo Z con tolva de alimentación. 49
6.3.2 Selección del silo cónico para grano. 50
6.3.3 Selección del elevador de cangilones. 51
6.3.4 Selección del equipo cribado de granos. 52
6.3.5 Selección del equipo de limpieza. 53
6.3.6 Selección de banda transportadora para granos. 54
6.3.7 Selección del equipo de molienda. 55
6.3.8 Selección de banda transportadora de tornillo tubular con tolva. 56
6.3.9 Selección del equipo de tamizado de harinas. 57
6.3.10 Selección del equipo de empacado. 58
6.3.11 Cotización de los equipos auxiliares. 59
6.3.12 Selección de banda transportadora. 62
6.4 Estimación de costos. 63
6.4.1 Equipos nacionales. 63
6.4.2 Equipos Internacionales. 64
6.4.3 Capital de inversión. 65
6.4.4 Costos de materia prima, insumos y empaque. 66
6.4.5 Costos de utilidades. 66
6.4.6 Depreciación. 66
6.4.7 Costos de mano de obra 66
6.4.8 Costos de manufactura. 67
VII. CONCLUSIONES 68
VIII. RECOMENDACIONES 69

IX. BIBLIOGRAFÍA 70
X. ANEXOS 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Composición química media del arroz por 100 gramos. 6
Tabla 4.2. Nivel máximo de materias extrañas orgánicas. 8
Tabla 4.3. Nivel máximo de materias extrañas inorgánicas..... 8
Tabla 4.4. Especificaciones fisicoquímicas..... 9
Tabla 4.5. Tabla de series de elevadores recomendados según material. 13
Tabla 4.6. Porcentaje del costo del equipo entregado para los diferentes tipos de plantas de proceso. 15
Tabla 4.7. Factores de multiplicación para la estimación de inversión de capital fijo o total de capital de inversión. 16
Tabla 4.8. Costos directos e indirectos. 16
Tabla 4.9. Estimación de costo de tuberías. 18
Tabla 4.10. Típicas variaciones en el porcentaje del capital fijo de inversión para ingeniería y servicios. 19
Tabla 4.11. Clasificación de los Costos de Producción. 20
Tabla 5.1. Peso de payana y puntilla en la molienda. 24
Tabla 5.2. Peso de payana y puntilla en la limpieza. 25
Tabla 5.3. Peso de payana y puntilla en la molienda. 26
Tabla 5.4. Peso de payana y puntilla en el tamizado de la primera prueba. 27
Tabla 5.5. Peso de payana y puntilla en el tamizado en la segunda prueba. 28
Tabla 5.6. Comparación con harina comercial. 29
Tabla 5.7. Peso de harina de arroz comercial en el tamizado. 30
Tabla 5.8. Granulometría de la harina en la molienda con dos circulaciones. 30
Tabla 5.9. Granulometría de la harina en la molienda con tres circulaciones. 30
Tabla 5.10. Numeración de entrada y salida en el balance de materia del proceso de producción de harina de arroz. 35
Tabla 5.11.Balances de materia en la recepción de materia prima y cribado. 36
Tabla 5.12. Balances de materia en la maquina limpiadora de granos. 36
Tabla 5.13. Balances de materia en el molino de martillos. 37
Tabla 5.14. Balances de materia en la criba vibratoria para harina. 37
Tabla 5.15. Longitud del grano según el tipo de arroz. 39
Tabla 5.16. Tamaño de orificios de criba vibratoria para granos. 40
Tabla 5.17. Parámetros técnicos del molino de martillo. 41
Tabla 5.18. Resultados de las constantes de Bond y Rittinger. 41
Tabla 5.19. Tamaño del orificio de la criba vibratoria para harinas. 42
Tabla 5.20. Especificaciones del Elevador de cangilones de descarga centrifuga. 42
Tabla 5.21. Diámetro y altura del silo de almacenamiento de granos. 43
Tabla 5.22. Cuota patronal para empleadores (INSS). 45
Tabla 6.1. Parámetros de Calidad del arroz. 46
Tabla 6.2. Parámetros de calidad de la Harina de arroz para payana y puntilla. 47
Tabla 6.3. Comparación de normas CODEX de harina de arroz, harina de maíz sin germen y harina de trigo. 48

Tabla 6.4. Costo de equipos nacionales. 63
Tabla 6.5. Costo de equipos internacionales. 64
Tabla 6.6. Costos directos. 65
Tabla 6.7. Costo de indirectos. 65
Tabla 6.8. Capital de inversión. 66
Tabla 6.9. Costo de equipos extranjeros. 67
Tabla 10.1. Minerales presentes en 100 gramos de arroz. 77
Tabla 10.2. Vitaminas presentes en 100 gramos de arroz. 77
Tabla 10.3. Medidas de Arroz sembradas en Colombia. 77
Tabla 10.4. Datos nutricionales de la harina de arroz. 78
Tabla 10.5. Análisis de Calidad del arroz. 78
Tabla 10.6. Capacidad de producción de Arroz en Trillo granero las banderas. 79
Tabla 10.7. Capacidad de producción de payana y puntilla. 79
Tabla 10.8. Días laborales y días de descanso. 79
Tabla 10.9. 80% de la producción anual. 79
Tabla 10.10. Pesos de las muestras para análisis de ceniza. 80
Tabla 10.11. Pesos de muestra para análisis de humedad de la harina de payana y puntilla. 81
Tabla 10.12. Recursos y herramientas a utilizar para la elaboración de harina de arroz. 82
Tabla 10.13. Numero de trituraciones por el molino en cada prueba. 82
Tabla 10.14. Recolección de datos en el tamizado. 82
Tabla 10.15. Recursos y herramientas a utilizar para la determinación de la humedad y ceniza. 83
Tabla 10.16. Recolección de datos en la determinación de humedad. 83
Tabla 10.17. Recolección de datos en la determinación de cenizas. 83
Tabla 10.18. Dimensiones del elevador de cangilones. 89
Tabla 10.19. Cotización de molino quebrantador de martillos en Sabina Ingeniería. 92
Tabla 10.20. Cotización de Criba vibratoria y pre limpiadora en Sabina ingeniería. 93
Tabla 10.21. Cotización de colochos transportadores 93
Tabla 10.22.Cotización de bandas transportadoras en Sabina ingeniería. 94
Tabla 10.23. Cotizacion de elevador de cangilones de banda en Sabina Ingenieria. 94
Tabla 10.24. Requerimiento de energía eléctrica. 95
Tabla 10.25. Costos de mano de obra. 97
Tabla 10.26. Costos de insumos y paquetes. 98
Tabla 10.27. tarifa para industria mediana. 98
Tabla 10.28. Costos de utilidades 98
Tabla 10.29. Costos de depreciación. 99

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Criba vibratoria para granos. 12
Figura 5.1. Arroz payana. 24
Figura 5.2. Arroz puntilla. 24
Figura 5.4. Mezcla sucia de subproductos. 25
Figura 5.3. Mezcla limpia de subproductos. 25
Figura 5.5. Partículas de arroz circulada una vez por el molino. 26
Figura 5.6 Partículas de arroz circulada cuatro veces por el molino. 26
Figura 5.7. Molino de discos. 27
Figura 5.8. Harina luego de la molienda. 27
Figura 5.9 Equipo de tamizado. utilizado en los laboratorios. 28
Figura 5.10. Harina producida en la primera prueba de dos circulaciones, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, la primera muestra de harina de arroz son 200g sin tamizar, luego se muestran las diferentes granulometrías separadas por los tamices, como es en el tamiz N°140, luego el tamiz N°230 y por último tamices menores a N°230. 28
Figura 5.11. Harina producida en la segunda prueba de tres circulaciones de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, harina separada por el tamiz Nº230, luego las harinas separadas por el tamiz Nº140 y el tamiz Nº50. 29
Figura 5.12 Harina producida en la segunda prueba y separada por el tamiz Nº80. 29
Figura 5.13. Diagrama de bloque del proceso productivo. 34
Figura 5.14 Flujograma del proceso productivo. 38
Figura 6.1. Mezcla de arroz payana y puntilla 46
Figura 6.2. Harina de arroz de payana y puntilla 47
Figura 6.3. Elevador de cangilones tipo Z con tolva de alimentación. 49
Figura 6.4. Silo cónico para grano 50
Figura 6.5. Elevador de cangilones 51
Figura 6.6. Equipo de cribado de granos 52
Figura 6.7. Equipo de limpieza 53
Figura 6.8. Banda transportadora para granos. 54
Figura 6.9. Molino de martillos. 55
Figura 6.10. Banda transportadora de tornillo tubular con tolva. 56
Figura 6.11. Equipo para tamizar harinas. 57
Figura 6.12. Equipo de empacado 58
Figura 6.13. Bolsas de empaque. 59
Figura 6.14. Caja de cartón. 60
Figura 6.15. Montacargas. 61
Figura 6.16. Banda transportadora. 62
Figura 10.1. Acotación de elevador de cangilones. 88
Figura 10.2 Logotipo de empresa Sabina Ingeniería. 92
Figura 10.3. Molino quebrantador de martillos. 92
Figura 10.4. Criba vibratoria y pre limpiadora. 93
Figura 10.5. Colochos transportadores en sabina ingeniería. 93

Figura 10.6. Banda transportadora 94
Figura 10.7. Elevador de cangilones. 94
Figura 10.8. Distribución de la línea de producción de harina de arroz. 96

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad. Gracias a mis padre Sandra y Danilo por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los valores, consejos y principios que me han inculcado, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

Gracias al MGPD. Ing. Silvano Cruz Sánchez, tutor de nuestro trabajo de investigación quien nos guió con paciencia y rectitud Al Ing. Onel Morales por todo el apoyo brindado en la elaboración de los laboratorios.

A mi acompañante de tesis, Oriana Martínez, por el excelente equipo que formamos, basado en dedicación y total entrega a la realización de este trabajo monográfico; y por último pero no menos importante, a mi hermana Sunny y a mis amigos por todo el apoyo moral brindado a lo largo de este proyecto.

Y.Mora

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente, a mis padres por ser el apoyo más importante que he tenido en mi vida, a MGPD. Silvano Cruz, nuestro tutor, por toda la guía y apoyo incondicional, por su dedicación en cada una de las etapas de esta tesis, sin su apoyo todo esto no sería posible, al Ing. Onel Morales por su ayuda en la elaboración de los laboratorios y sus consejos apropiados, a mi compañera de tesis, Yarel Mora, trabajar juntas sin duda fue una experiencia única, de apoyo mutuo y perseverancia; a mis amigos por siempre decir las palabras adecuadas, sus consejos y motivación fue fundamental en esta etapa.

O. Martínez.

DEDICATORIA

El presente trabajo monográfico se lo dedicó principalmente a Dios por darme fuerzas y sabiduría para continuar en este proceso. Y a mis padres, por su amor, apoyo, trabajo y sacrificios en todos estos años, gracias a ustedes he logrado convertirme en la persona que soy hoy en día.

Y.Mora.

DEDICATORIA

A mis padres, Karina Mora y Luis Martínez, su educación y su perseverancia marcaron y formaron la persona que soy hoy en día, a mi pequeña familia, por siempre creer en mí y demostrarme de todas las formas su apoyo y a mi familia por elección por estar para mí en todo momento.

O.Martínez.

I. RESUMEN

En Nicaragua no existen registros de plantas productoras de harina de arroz, pero si se ha realizado un estudio de pre-factibilidad para la creación de una planta productora de harina de arroz a partir de grano oro en la ciudad de Estelí así como a nivel internacional se han realizado diversos estudios de la producción de harina de arroz con diferentes enfoques, por ejemplo hay investigaciones orientadas en la producción de harina mezcladas para que contengan menos gluten o la producción de este tipo de harina para la industria de la panificación; por esta razón es relevante buscar alternativas económicamente más provechosas para comercializar productos novedosos para diversificar la canasta básica.

El presente proyecto “Diseño de una línea de producción de harina de arroz a partir de payana y puntilla de arroz” se brindó una alternativa más para la comercialización y a su vez para el óptimo aprovechamiento de los subproductos del proceso principal de la producción de arroz oro. Los alcances de este informe se presentan con resultados verificados a lo largo de este trabajo de investigación.

Para validación del proceso de producción de la harina de arroz se utilizaron las normativas Codex Stan 152-1985 y NTON 03 096-11 para verificar si el producto coincidía con los estándares establecidos, en el cual se obtuvo una harina de arroz con un 12.5% de humedad, 1.38% de ceniza y una granulometría de 0.18 mm.

Se diseñó la línea de producción con una determinada capacidad de producción y se realizó el diseño y cotización a 12 equipos, los cuales son requeridos para el proceso de obtención de harina de arroz a partir de payana y puntilla.

De igual forma se detallan todos los costos de los equipos, así como los costos directos, costos indirectos, utilidades, mano de obra, etc. Obteniéndose de esta forma un costo total de manufactura de US$ 218,502.97.

Terminando este informe con los respectivos análisis y estimaciones se presentan las conclusiones y recomendaciones enfocadas a la optimización y mejoramiento de la empresa trillo “Las Banderas” donde fue posible adaptarle esta nueva línea de proceso de producción de harina de arroz.

II. INTRODUCCIÓN

El arroz es la semilla de la planta Oryza sativa, es de origen asiático y se cultiva en las aéreas tropicales y subtropicales del mundo, este cereal es el más importante seguido del frijol y maíz, es un alimento básico de una parte muy importante de la humanidad. este alimento contiene carbohidratos, pero su contenido de proteínas es bajo. En Nicaragua es uno de los cultivos más importantes dentro del Sector Agropecuario y al mismo tiempo uno de los principales alimentos en la dieta de los nicaragüenses. El arroz se cultiva mayormente en los departamentos de Matagalpa, Río San Juan, Granada y Boaco **(Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2018).**

En Nicaragua presenta dos tipos de producción: cultivo de arroz de riego del cual se obtiene el 60% de la producción interna con este rubro se alcanzan los mejores rendimientos, pero la información es limitada debido a que está en manos de grandes productores y el cultivo de arroz secano aporta el 40% de la producción nacional y está en manos de pequeños y medianos productores para los cuales es la principal fuente de ingresos **(Álvarez, 2019).** El IICA (2015) señala que actualmente la producción de arroz cubre aproximadamente un 80% del consumo nacional y genera 190.70 millones de dólares a nivel nacional y alrededor de 75 mil puestos de trabajo directos e indirectos al año, los subproductos, como la cascarilla, se utiliza por algunos trillos como energía en los hornos de secamiento; la semolina se usa para elaborar alimentos balanceados para animales; la payana para la mezcla con diferentes tipos de arroz; y la puntilla, en la industria cervecera.

La payana o al arroz quebrado no es más que el grano de arroz pulido con especificaciones de tamaño menores a ¾ del grano entero correspondiente **(Illescas et al., 2017).** El arroz quebrado se obtiene como desperdicio del proceso de obtención de arroz pulido, el cual a través de un análisis selectivo se separan los granos enteros y quebrados.

En el presente tema se pretende brindar un aprovechamiento del arroz mediante una propuesta de diseño tecnológico de producción de harina de arroz a partir de payana con las características y especificaciones de acuerdo con las normas de calidad establecidas y de esta manera brindarle un valor agregado al arroz.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Diseñar una línea de producción para la obtención de harina de arroz a partir de payana y puntilla de arroz.

3.2 Objetivo Específicos

- Validar, por medio de ensayos de laboratorio, el proceso de obtención de harina de arroz a partir de payana y puntilla.

- Calcular las capacidades de los equipos de proceso para la elaboración del producto a escala industrial.

- Detallar el costo de manufactura en la línea de producción del proceso de elaboración de harina de arroz.

IV. MARCO DE REFERENCIA

El cultivo de arroz constituye el medio de vida de más de dos millones de personas alrededor del mundo, un 90% de la producción depende de pequeños y medianos productores de países en vías de desarrollo y también representó entre el año 2000 y 2004 el 20.9% de abasto mundial en los cereales **(Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, 2007).** También han surgido diferentes subproductos del arroz, que le proporcionan valor agregado, la innovación en esta y todas las industrias pautan transformaciones importantes, porque además de cubrir la necesidad básica del arroz como cereal, también se quiere llegar a mercados donde el arroz también se pueda ver como alternativa y como variedad en los productos que se encuentran en el mercado.

4.1 Harina como subproducto del arroz.

La harina de arroz es el resultado de la molturación y tamizado de granos secos, sanos y limpios de este cereal, dando como resultado un cambio en sus propiedades físicas que le confieren nuevos usos y aplicaciones, pero manteniendo las mismas características nutricionales que las del arroz del que se obtiene. Esas propiedades nutricionales del arroz (y en consecuencia también de la harina) han hecho de este cereal un elemento básico en la alimentación mundial siendo el segundo más cultivado (tras el trigo) **(Harinas Climent S.L., 2020).**

La primera característica importante de la harina de arroz es su ausencia de gluten, esto la hace apta para el consumo de las personas celiacas o sensibles al gluten. La harina de arroz en 100 gramos contiene (80%) gramos de carbohidratos, seguido de las proteínas (7%), 11,89 gramos de agua, no tiene sodio y contiene solamente un 1% de materia grasa **(Todo Alimentos Org, 2020).**

Este aporte de carbohidratos lo hace en forma de almidón por lo que es muy adecuada para las personas con diabetes ya que este tipo de azúcar es de metabolización lenta, lo que asegura un suministro continúo minimizando así el riesgo de padecer hipoglucemia. Es además un alimento muy recomendable para la salud cardiovascular por su muy bajo contenido en materia grasa y colesterol, así como en sodio, por lo que es parte fundamental de la dieta de las personas hipertensas. Además, aporta un alto contenido en minerales como el calcio y el hierro y en vitaminas (niacina, vitamina D, tiamina y riboflavina). En resumen, la harina de arroz es un alimento recomendable para todo el mundo, pero especialmente para las personas celiacas, diabéticas, hipertensas o con problemas cardiovasculares **(Harinas Climent S.L., 2020).**

La harina de arroz tiene muchas aplicaciones, tanto a nivel cosmético como alimenticio. La industria cosmética la utiliza como base para algunos preparados y como aditivo de talcos. También se usa en la fabricación de jabones y mascarillas, siendo un exfoliante natural muy apreciado. Además, forma parte de algunos preparados para curtimiento de pieles **(Pecoroni, 2017).**

A nivel alimenticio se suele utilizar en la elaboración de productos para celíacos, ya que no contiene gluten, permitiéndoles ampliar su dieta alimentaria sin presentar repercusiones gastrointestinales; también es usada en productos para personas con necesidades especiales de nutrición, como es el caso de los bebés y ancianos; como suplemento alimenticio para personas que realizan ejercicio, practican deportes, gimnasia, baile, etc., que desean mantener una excelente condición física; además es recomendado en la dieta diaria de personas con problemas de cardiovasculares, hipertensión, diabetes, colesterol y obesidad **(Illescas et al., 2017).**

Es utilizada como agente extensor, es decir, para aportar valor nutritivo a productos sin restarle los que éste trae por naturaleza. Este agente es utilizado comúnmente en la industria cárnica. En bebidas y alimentos en estado líquido es utilizado en ocasiones como ingrediente principal de los mismos o como agente estabilizante **(Illescas et al., 2017).**

4.1.1 Composición fisicoquímica.

La Harina de arroz debe de cumplir con una serie de especificaciones sensoriales, físicas y químicas, microbiológicas **(Herrera & Dávila, 2019).**

4.1.1.1 Características Sensoriales:

- ✓ Color: blanco.
- ✓ Olor y Sabor: característico del producto.
- ✓ Consistencia: Polvo fino.

4.1.1.2 Características Fisicoquímicas:

- ✓ Proteínas % Min 7
- ✓ Humedad % Max 12
- ✓ Cenizas % Max 1
- ✓ Fibra Cruda % Max 0.8.

4.1.2 Tipos de harina de arroz.

Illescas et al. (2017) establecen en su investigación tres tipos de harina de arroz:

- Harina de arroz común o en bruto: Obtenida por molienda pura y simple de los granos de arroz partido.
- Estabilizada: Se hace de granos partidos de arroz recién molida. Esta harina pasa a través de un proceso térmico en el que la estabilización de enzimas del mismo se procesa. Es la harina Nestlé utilizado en sus productos.
- Progelatinizada: Es la harina producida a partir de granos partidos de arroz proceso sufrimiento extrusión o tratamiento de infrarrojos que hace que la pre-gelatinización almidón. Esta harina se utiliza como un aspecto espesante y mejorador y la textura de muchos alimentos como salsas, sopas enlatadas, tartas, llenado, etc., siendo favorecido por su sabor neutro y de aspecto ligero.

4.2 Generalidades del Arroz

4.2.1 Composición Química

El arroz está compuesto por minerales, proteínas y principalmente por carbohidratos – Ver Anexo A.1, tabla 10.1. Su composición química depende de su variedad de las condiciones medioambientales. La cascara o llamada comúnmente cascarilla representa el 20% del grano y otro 80% de sílice **(Cerna et al., 2017).**

En su composición química como se muestra en la tabla 4.1, los hidratos de carbono están representados en su mayor parte, conteniendo aproximadamente un 80% de almidón (14% de humedad). El almidón de arroz es un polímero de glucosas y el segundo componente de mayor cantidad es la proteína con valores que oscilan entre 6.3-7,9% respectivamente, la influencia en contenido es mínima en los lípidos, pero juega un papel importante en la nutrición **(Borja, 2015)**.

Tabla 4.1. Composición química media del arroz por 100 gramos.

Componentes	Arroz Blanco (%)
Hidratos de Carbono	79.9
Proteínas	7.1
Fibra Dietética	1.3
Grasa	0.7
Minerales	0.6

Fuente: Tesis de Harina de arroz y Elaboración de pan con levadura natural, Borja Félix. 2015

4.2.2 Industrialización del arroz en Nicaragua

En la región centroamericana el promedio es de 3.1 toneladas por hectárea, mientras que en Nicaragua es de 2.5 toneladas por hectárea debido a las limitaciones tecnológicas para mejorar la competitividad. La dependencia externa para el consumo de arroz ha venido aumentando en los últimos 15 años; alcanzando en el año 2002, hasta el 51 por ciento del total consumido. Nicaragua tiene el reto de aumentar la producción de arroz para garantizar la seguridad alimentaria y lograr un 2 desarrollo sostenible, principalmente a partir de las ventajas comparativas, propias de la agroecología tropical; calidad, cantidad y costo del capital humano del país, generando ventajas competitivas dinámicas del sector arrocero que estén basadas fundamentalmente en los procesos sistémicos de innovación y adopción tecnológica (validación y transferencia de tecnología, educación, capacitación, información, etc.), impulsadas a través de alianzas estratégicas con sus socios comerciales más importantes **(Illescas et al., 2017).**

Bejarano (2019) afirma “En el 2014, el rendimiento promedio de la producción de arroz de riego en Nicaragua fue de aproximadamente 91 quintales de arroz en granza seca y

limpia por manzana. Esto representa el 62% de crecimiento si se compara con lo obtenido en el año 1999. En cuanto al área producida las cifras indican un incremento del 41% en arroz de riego en este mismo periodo”

Otras acciones que se han implementado en los últimos años son la renovación de maquinarias y equipos agrícolas, ya que por la estabilidad brindada al sector por el programa PAPA se ha generado una mayor apertura de la banca privada nacional e internacional; la implementación de un programa de mejoramiento genético de nuevas variedades de semilla de arroz; la promoción a la industria de semilla de arroz en Nicaragua; alianzas estratégicas con instituciones de investigación y desarrollo, tanto internacionales como locales, como el INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), Upanic (Unión de Productores Agropecuarios de Nicaragua), Funica (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua) entre otras.

La industrialización del arroz producido en Nicaragua ha avanzado poco a poco, se ha mejorado el proceso de reconversión agronómica y tecnológica del cultivo del arroz, sin embargo, aún presentan problemas estructurales que afectan de manera transversal la producción agropecuaria en general, como costo de la energía eléctrica, el costo de los combustibles, la carencia de un plan nacional de riego, etcétera **(Ilescas et al., 2017).**

El trillo del granero las banderas ubicado en Managua carretera San Benito, Tipitapa, es una empresa que produce arroz, las diferentes variedades de arroz con las que este trillo trabaja son ANAR 2015, Inta dorado y ANAR 97, que se cultivan en diferentes zonas del país, como son, Tipitapa, San francisco, Tecolostote, Malacatoya y Costa Caribe. Producen 500 qq/día de arroz oro y 2000 qq/día granza seca; Las condiciones de almacenamiento del arroz, Granza seca, es en silos metálicos a temperatura ambiente, arroz oro y producto terminado a temperatura ambiente con bajo porcentaje de humedad. Los productos y subproductos se clasifican en: Arroz oro en distintas calidades entero/quebrado, payana, puntilla, miga y semolina.

El licenciado Jorge Brenes Abdalah que es el propietario del trillo las banderas se encuentran trabajando desde el año 2004 en la producción de arroz, con el paso de los años ha venido evolucionando hasta llegar al procesamiento del grano de arroz, con el fin de darle un mejor aprovechamiento a los subproductos de la empresa, se tiene el interés de incursionar en productos elaborados a partir del grano de arroz. La empresa tiene como objetivo proveer de Harina de arroz al Salvador, dada la demanda de harina que este país tiene para la elaboración de Pupusas.

4.3 Control de calidad de la materia prima y producto terminado

Es de gran relevancia resaltar los puntos críticos que se tienen que tomar en cuenta en el proceso de elaboración de harina de arroz, apegados bajo las normativas de calidad a continuación se muestran las especificaciones a seguir que aseguren que el producto sea apto para el consumo humano **(Instituto Nacional del Consumidor, 2000).**

4.3.1 Características generales del arroz.

Según el **Codex Alimentarius Commission (1995)** para que el arroz sea el adecuado para el consumo humano tiene que cumplir con ciertos factores de calidad, tales como:

4.3.1.1 Factores de calidad generales:

- ✓ El arroz debera ser inocuo y adecuado para el consumo humano.
- ✓ El arroz debera estar exento de sabores y olores anormales, insectos y acaros vivos.

4.3.1.2 Factores de calidad específicos:

- ✓ Contenido de humedad: 15% m/m maximo.
- ✓ Suciedad: impurezas de origen animal (incluyendo insectos muertos) 0,1 % m/m maximo.
- ✓ Otras materias extrañas organicas: tales como semillas extrañas, cascaras, salvado, fragmentos de paja, etc. No deberan superar los siguientes limites.
- ✓ Materias extrañas inorganicas: tales como piedras, arena, polvo, etc. No deberan superar los siguientes limites.

Tabla 4.2. Nivel máximo de materias extrañas orgánicas.

	Nivel maximo
Arroz descascarado	1,5 % m/m
Arroz elaborado	0,5% m/m
Arroz descascarado sancochado	1,5% m/m
Arroz elaborado sancochado	0,5% m/m

Fuente: Codex Alimentarius Commission, 1995

Tabla 4.3. Nivel máximo de materias extrañas inorgánicas.

	Nivel maximo
Arroz descascarado	0,1% m/m
Arroz elaborado	0,1% m/m
Arroz descascarado sancochado	0,1% m/m
Arroz elaborado sancochado	0,1% m/m

Fuente: Codex Alimentarius Commission, 1995

4.3.2 Características generales de la harina de arroz:

La harina de arroz se obtiene por molienda y tamizado de granos de arroz que deben de estar sanos, limpios, sin cascaras, libres de impurezas y materia extraña que alteren su calidad **(Instituto Nacional del Consumidor, 2000).**

4.3.2.1 Características sensoriales:

- Color: Blanco.
- Olor y sabor: característico del producto, debe de ser un producto libre de olor o sabor amargo, rancio, mohoso o cualquier otro olor o sabor diferente al característico.

- Consistencia: polvo fino, libre de terrones y exento de insectos en cualquier etapa de desarrollo.

4.3.2.2 Características Fisicoquímicas:

Tabla 4.4. Especificaciones fisicoquímicas.

Especificaciones	
Proteínas % (Nx 5.7) % Min.	7
Humedad % Max.	12
Cenizas % Max.	1
Fibra cruda % Max.	0.8

Fuente: Instituto Nacional del Consumidor, 2000

4.4 Equipos para la obtención del producto.

4.4.1 Equipos principales del proceso.

4.4.1.1 Molino de Martillos.

El molino de martillos actúa por efecto de impacto sobre el material a desintegrar, cuenta con una cámara de desintegración, una boca de entrada del material en la parte superior y una boca de descarga cerrada por una rejilla. En el interior de la cámara hay un eje, que gira a gran velocidad y perpendicularmente a él van montados articuladamente los elementos de percusión (martillos) los cuales por la fuerza centrífuga que se genera al girar el eje, se posicionan perpendicularmente en posición de trabajo **(Florez et al., 2014).**

Las partes primordiales que constituyen un molino de martillos, y que se realiza el estudio en este proyecto son: las tolvas de alimentación y descarga, el bastidor, el sistema de transmisión de potencia, el sistema eléctrico y el sistema de trituración El sistema de trituración es el alma del molino y está formado por 4 discos porta martillos, 4 ejes secundarios, 36 herramientas de percusión y el eje principal, este conjunto de elementos es accionado por un motor eléctrico **(Bermeo, 2014).**

En el molino de martillo el material a moler ingresa por la boca de entrada y por gravedad cae al interior de la cámara de desintegración, donde es golpeado por los martillos. Seguidamente choca contra la cámara de desintegración y nuevamente es golpeado por los martillos. Esto ocurre sucesivamente hasta que alcanza un tamaño tal que puede pasar por la rejilla de la descarga. El tamaño de salida de los materiales triturados puede variarse cambiando la rejilla de salida. Se debe tener en cuenta que para el buen funcionamiento y producción tiene que haber una correcta dosificación en la alimentación de producto a moler, de lo contrario, puede existir una sobre carga ocasionando atascamiento o “tiempos muertos”, que es cuando el molino se encuentra con la caja vacía generando tiempo de improductividad **(Bermeo, 2014).**

4.4.1.2 Cribas vibratorias.

Son fundamentales en la industria de productos a granel ya que resultan sumamente útiles para la limpieza de granos de impurezas no deseadas que se haya mezclado. Las cribas cuentan con un sistema de zarandas vibratorias de diferentes granulometrías y

con un sistema de flujo de viento para eliminar el polvo y las impurezas más livianas, el material de la criba va de acuerdo con el tipo de grano que se destina.

El análisis por tamizado consiste en la separación mecánica de las diferentes fracciones del tamaño del material por medio de un juego de tamices, de abertura de agujeros conocidas, que se colocan uno encima de otros en gradación de mayor a menor abertura comenzando por arriba. La muestra de material granular es cuidadosamente pesada, en cantidades que obedece a las normas vigentes, se coloca en el tamiz superior y entonces el conjunto de tamices es sometido a un proceso de vibraciones y golpes durante un periodo de tiempo dado, de modo que el cernido de las partículas se efectúa a través de todos los tamices que tengan una abertura de agujero mayor que el tamaño de las partículas dadas y queden retenidas sobre el agujero que tenga un agujero menor que dicho tamaño. Cuando el proceso terminado se recogen separadamente los residuos que han quedado en cada tamiz. A cada fracción se le adjudica un tamaño equivalente al promedio de los tamaños de agujeros o abertura del tamiz donde quedo o de la inmediatamente superior **(Rosabal & Valle, 1989).**

4.4.1.3 Limpiadora industrial.

El limpiador y nivelador de granos se utiliza para limpiar los granos de todas las impurezas que estos llevan, el polvo y la pureza de la luz se eliminan mediante el aspersor de aire, con esto se pretende eliminar un 95% aproximadamente de las impurezas presenten en la materia prima, ya que esto afectaría en la calidad, color y sabor del producto terminado.

4.4.2 Equipos auxiliares para la obtención del producto

4.4.2.1 Silos para la recepción de la materia prima

El acopio o acumulación de productos pueden realizarse en bolsas, en silos o tolvas. Cuando se necesita recepcionar grandes cantidades de materia prima se recomienda la utilización de silos ya que ocupan menos espacio, facilitan la limpieza y requieren menor cantidad de personal, también se encuentran los silos flexibles que están especialmente diseñados para simplificar las operaciones de almacenamiento y descarga de productos secos a granel, estos silos son fácilmente desarmables y poseen una capacidad de almacenamiento de 30 toneladas **(Cerna et al., 2014).**

4.4.2.2 Elevadores de Cangilones

Aguirre & Wiesner (2018) realizaron un “Diseño de elevador de cangilones para un sistema de recirculación” y expresan que los elevadores se consideran un sistema de transporte vertical que consta de los cangilones que transportan el material y una banda o cadena que los lleva fijos en su avance vertical cíclico, los primeros elevadores de cangilones se emplearon única y exclusivamente para la elevación de cereales, pero su uso se ha extendido a muchos otros productos tales como carbón, harina, cemento, etc. Las dimensiones y los valores que se seleccionarán partirán de los cálculos específicos del proceso de obtención de harina, pero apoyado de diseños, manuales y datos preestablecidos en catálogos de fabricantes de transportadoras de material **(Ryson International, Inc., 2019).**

4.4.2.3 Basculas Industriales

Basculas sobresuelo, podrá ser cualquier báscula que cuente con su plataforma y se apoye sobre el suelo, ideal cuando los elementos a pesar se pueden subir manualmente a una altura cercana al suelo, su función será específicamente el pesaje tanto de materia prima como productos terminados **(Metrología e Ingeniería de Pesaje Industrial S.L, 2019).**

4.4.3 Material de empaque

El polipropileno es más ligero que el polietileno y tiene una alta resistencia a la fisuración, ácidos abrasivos, solventes orgánicos y electrolitos **(Embalajes Terra, 2020)**. Las bolsas de polipropileno poseen las siguientes características:

- Es moldeable, al ser un termoplástico, es muy fácil de moldear aplicando calor.
- Tiene una buena resistencia a la rotura.
- Buena resistencia a los agentes químicos.
- El polipropileno es fácil de colorear.
- Su coste es bastante bajo.
- Es un buen aislante eléctrico.
- Su densidad es alta.

Las propiedades de este material hacen que las bolsas de polipropileno sean un producto estrella en los diversos sectores, especialmente en el alimentario **(Embalajes Terra, 2020).**

4.5 Balance de materia y energía para la estimación de flujos.

Mediante balances de materia y energía se llevarán a cabo los cálculos de la estimación de los flujos de entrada y salida de cada etapa del proceso productivo **(Alvarez, 2013)**.

4.5.1 Balance de Materia:

$$M_t = M_1 + M_2 + \cdots + M_n \tag{4.1}$$

Dónde: M_t: Masa total(kg); M_1: Masa 1 (kg) y Mn: Todas las masas necesarias en el proceso (kg).

4.5.2 Balance de Energía:

$$G_f(I_1 - I_2) = S_S(H_2 - H_1) \tag{4.2}$$

Dónde: G_f: Flujo de aire fresco; I_1 e I_2: Entalpia de los gases de entrada y salida y H_1 y H_2: Entalpía del solido húmedo a la entrada y salida.

4.6 Ecuaciones para la selección de maquinaria

4.6.1 Selección de criba vibratoria para la separación de granos y harinas

La superficie de cribado se determina mediante la ecuación **(Dussan & Hurtado, 2019):**

$$S = \frac{T}{B.f} \tag{4.3}$$

dónde: S: Superficie necesaria de cribado (m^2); T: Flujo másico de alimentación a seleccionar que es la capacidad de producción (kg/h); B: Capacidad especifica o básica (t/ m^2.h) y F: factor de corrección total de la capacidad básica.

4.6.1.1 Superficie de cribado para primer nivel:

La superficie de cribado, para el primer nivel se determina con la ecuación:

$$S_1 = \frac{T_1}{B_1\ f_1} \tag{4.4}$$

dónde: f_1= Factor de corrección total de la capacidad básica; B_1= Capacidad específica o básica, (t/m^2h); flujo másico de alimentación a seleccionar (capacidad de producción), t/h.

Los tamices son instrumentos para la separación por tamaño, que pueden considerarse como máquinas clasificadoras. Sin embargo, se pueden utilizar como aparatos de limpieza, que eliminan los contaminantes de tamaño diferente al de las materias primas **(Brennan, et al., 1998).**

Figura 4.1. Criba vibratoria para granos.
Fuente Nagles, 2009.

4.6.2 Selección de molino de martillos para quebrantar granos

Para el diseño del molino se considera las condiciones más críticas del producto a triturar cuyos datos son: Dureza a la ruptura del arroz y dimensiones promedio del grano de arroz.

4.6.2.1 Potencia requerida para triturar el arroz:

Para el cálculo de la potencia del motor se hizo uso de las siguientes leyes, como son: la Ley de Rittinger y Ley de Bond **(Rosabal & Valle, 1989).**

4.6.2.2 Ley de Rittinger

$$E = \frac{P}{m} = K_R\left(\frac{1}{D_{pp}} - \frac{1}{D_{pa}}\right) \tag{4.5}$$

Donde: K_R= constante de Rittinger; D_{pa}=Diámetro medio de las partículas alimentadas (mm); D_{pp}= Diámetro medio de las partículas del producto (mm).

4.6.2.3 Ley de Bond

$$E = \frac{P}{m} = K_B\left(\frac{1}{\sqrt{D_{pp}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{pa}}}\right) \quad (4.6)$$

Donde: K_B= Constante de Bond; D_{pa}= Diámetro medio de las partículas alimentadas (mm); D_{pp}= Diámetro medio de las partículas del producto (mm).

4.6.2.4 Frecuencia de rotación.

$$Frecuencia\ de\ rotacion = \frac{Capacidad\ de\ produccion}{rpm} \quad (4.7)$$

4.6.3 Selección de elevador de cangilones de carga centrifuga para transporte de granos

Los elevadores de descarga centrifuga pueden manejar materiales que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianas. La alimentación estándar dirige el material a los cangilones y la placa curva del fondo reduce la acción de excavado. La velocidad del elevador es suficiente para descarar el material por fuerza centrífuga. Se pueden instalar varios tipos de transmisión y fabricarse en diversos materiales **(Aguirre & Wiesner, 2018).**

Tabla 4.5. Tabla de series de elevadores recomendados según material.

Material	Densidad lbs/pie^3	Código de material	Series de elevadores recomendadas.
Arroz, a medio moler	42-45	B6-35P	A, C

Fuente: SCAFO Diseño y selección de transportadores y elevadores de cangilones 2019

Designación de series de elevadores: A= Cadena de serie 100; C= Cadena de serie 200.

4.6.3.1 Capacidad volumétrica del elevador de Cangilones de descarga centrifuga

Esta capacidad es la que tiene el sistema elevador para transportar material, en otras palabras, es la cantidad de material contenida en un cangilón, la ecuación que se muestra a continuación, es para el cálculo de la capacidad volumétrica:

$$CFH = \frac{libras\ por\ hora}{densidad\ (en\ libras\ por\ pie\ cubico)} \quad (4.8)$$

4.7 Análisis de Costos para el montaje del proceso.

Estimar los costos consiste en desarrollar una estimación aproximada de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto, los costos incluyen entre otros el personal, los materiales, el equipamiento, los servicios, las instalaciones, así como categorías especiales tales como las contingencias, la depreciación entre otros.

4.7.1 Método del porcentaje del costo del equipo entregado.

Este método para la estimación de la inversión de capital fijo o total requiere determinar el costo de envío de los equipos, los otros elementos incluidos en el total de los costos directos de la planta están estimados como porcentaje del costo de los equipos entregados. Los componentes adicionales del capital de inversión están basados en porcentajes promedios del total de los costos directos de la planta, cotos totales directos e indirectos de la planta o capital total.

En la siguiente tabla están dados los factores para estimar los elementos del capital de inversión basados en el costo de envío del equipo.

Tabla 4.6. Porcentaje del costo del equipo entregado para los diferentes tipos de plantas de proceso.

Elementos	**Porcentajes del costo del equipo entregado.**		
	Planta de proceso de sólidos.	**Planta de proceso de solido- fluidos.**	**Planta de proceso de fluidos.**
Costos directos			
Entrega de los equipos comprados (incluidos la maquinaria del proceso)	100	100	100
Instalación del equipo comprado	45	39	47
Instrumentación y controles (instalados)	9	13	18
Tubería (instalados)	16	31	66
Sistema eléctrico (instalado)	10	10	11
Edificios	25	29	18
Mejoras en el terreno	13	10	10
Instalaciones de servicios (instalados)	40	55	70
Terreno (si se requiere de compra)	6	6	6
Total, de costos directos de la planta	**264**	**293**	**346**
Costos indirectos			
Ingeniería y supervisión	33	32	33
Gastos de construcción	39	34	41
Costos directos e indirectos de la planta	**336**	**359**	**420**
Tarifa del contratista (acerca del 5% de los costos directos e indirectos de la planta)	17	18	21
Contingencias (acerca del 10% de los costos directos e indirectos de la planta)	34	36	42
Inversión de capital fijo	**387**	**413**	**483**
Capital de trabajo (acerca del 15% del total de la inversión de capital fijo)	68	74	86
Total, de capital fijo	**455**	**487**	**569**

Fuente: Timmerhaus Plant Design for Chemical Engineers, 1991.

La planta de proceso se puede obtener multiplicando el costo básico del equipo por un factor para aproximar el capital de inversión. Estos factores varían dependiendo del tipo de planta de proceso que se esté considerando. Los porcentajes dados en la tabla 4.7 son aproximaciones que son válidas para los tipos de planta de proceso indicadas. Los factores de estimación de la inversión de capital fijo o del total de capital de inversión están dados en la siguiente tabla.

Tabla 4.7. Factores de multiplicación para la estimación de inversión de capital fijo o total de capital de inversión.

Tipo de planta	**Factor de**	
	Inversión de capital fijo	**Total, de capital de inversión**
Planta de proceso de sólido.	3.9	4.6
Planta de proceso de Solido- fluido.	4.1	4.9
Planta de proceso de Fluido.	4.8	5.7

Fuente: Timmerhaus Plant Design for Chemical Engineers, 1991.

4.7.2 Estimación del capital de inversión.

Este se subdivide en costos directos e indirectos. El costo directo incluye todos los gastos que están relacionados con la instalación de la planta y el costo indirecto se refiere al costo de los factores que no están directamente relacionados con la instalación de la planta, en la siguiente tabla se muestra la lista típica de estos artículos.

Tabla 4.8. Costos directos e indirectos.

Costos directos	Costos indirectos
Equipos	Ingeniería y supervisión
Envío del equipo hasta la planta	Cuestiones legales
Instalación de equipo	Gastos de construcción
Instrumentación y controles	Honorarios de los contratistas
Tuberías	Contingencias
Sistema eléctrico	
Edificios	
Servicios auxiliares	
Terreno	

Fuente: Timmerhaus Plant Design for Chemical Engineers, 1991.

4.7.2.1 Equipos, envíos del equipo hasta la planta y estimación de instalación de equipo.

En algunos casos las facturas pro forma de los equipos sólo incluyen su valor intrínseco, y en otros el valor del equipo instalado. Aquellos equipos que se deban importar se detallarán en términos FOB[1], CIF[2] y en el lugar de utilización (gastos de importación, y fletes). También deben incluirse los equipos y maquinarias utilizadas durante el montaje y que puedan tener aplicaciones en el proceso productivo. Su valorización será el resultado de depreciar el bien en la medida en que fue utilizado, incorporando únicamente el valor residual resultante **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

La instalación de equipos implica costos de mano de obra, cimentaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores directamente relacionados con montaje de equipos adquiridos. Las siguientes imágenes se muestran la gama general de instalación: costo de instalación como porcentaje del costo del equipo comprado para varios tipos de equipo. Y también se muestran exponentes variando de 0.0 a 1.56 para algunos equipos seleccionados **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

Según **Timmerhaus & Peters (1991)** la estimación del costo de un equipo cuando no hay datos de costo disponibles para el tamaño en particular de la capacidad operacional, los resultados se pueden obtener utilizando una relación logarítmica, la cual está dada por la siguiente formula.

$$Costo\ del\ equipo\ a = \ costo\ del\ equipo\ b\ (\frac{Capacidad\ del\ equipo\ a}{capacidad\ del\ equipo\ b})^{0.6} \quad (4.9)$$

4.7.2.2 Instrumentación y controles:

Esta parte de la inversión de capital a veces se combina con los grupos de equipamiento general. El costo total de instrumentación depende de la cantidad de control requerido y puede ascender del 6 al 30% de la compra del costo total del equipo. Para la planta normal de procesamiento químico de fluidos sólidos, un valor del 13% del equipo comprado se utiliza normalmente para estimar el costo total de instrumentación. Este costo representa aproximadamente el 3% del capital total inversión **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.2.3 Tuberías:

Los métodos de estimación de tuberías implican algún grado de despegue de tuberías a partir de dibujos detallados y diagramas de flujo o utilizando una técnica de factor cuando no hay ningún dibujo detallado, ni diagramas de flujo disponibles. A continuación, se presenta una estimación aproximada de los costos de tuberías para varios tipos de procesos químicos **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

[1] Precio del equipo en el puerto de origen.
[2] Precio incluyendo el flete y seguro

Tabla 4.9. Estimación de costo de tuberías.

Estimación de Costos de tuberías				
	Porcentaje del equipo comprado			Porcentaje de inversión de capital fijo
Tipo de planta	Material	Labor	Total	Total
Solido	9	7	16	4

Fuente: Timmerhaus, Plant Design for Chemical Engineers, 1991.

4.7.2.4 Instalación eléctrica:

El costo de las instalaciones eléctricas consiste principalmente en mano de obra de instalación y materiales para energía e iluminación. En plantas químicas ordinarias, El costo de las instalaciones eléctricas asciende a entre el 10 y el 15% del valor de todos los equipos comprados. Por lo tanto, el costo de instalación generalmente se estima entre el 3 y el 10% de la inversión de capital fijo. La instalación eléctrica consta de cuatro componentes principales, a saber, cableado eléctrico, iluminación, transformación y servicio, e instrumentación y control de alambrado **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.2.5 Servicios Auxiliares:

Los servicios públicos para el suministro de vapor, agua, energía, aire comprimido y combustible forman parte de las instalaciones de servicio de una planta industrial. Eliminación de desechos, protección contra incendios y artículos de servicio diversos, como equipo de tienda, primeros auxilios y cafetería, requieren inversiones de capital que se incluyen en el rubro de costo de servicios auxiliares. El costo total de las instalaciones de servicios auxiliares en plantas químicas generalmente varía entre 30 a 80 % del costo del equipo comprado con 55% representando un promedio para la planta de procesamiento de solido-fluido **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.2.6 Terreno

El costo del terreno depende de la ubicación de la propiedad y puede variar según un factor de costo tan alto como 30 a 50 entre un distrito rural y una zona altamente industrializada. Los costos del terreno para las plantas industriales ascienden del 4 al 8% del costo del equipo comprado o del 1 al 2% de la inversión de capital total. Debido a que el valor del terreno generalmente no disminuye con el tiempo, este costo no se incluirá en la inversión de capital fijo al estimar determinados costos operativos, como depreciación **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.2.7 Ingeniería y supervisión

Los costos para el diseño de construcción e ingeniería, contabilidad, software, planos, comunicaciones, viáticos, entre otros. Incluidos los gastos generales, constituyen el capital de Inversión para ingeniería y supervisión. Este costo, ya que no puede ser directamente cargado a equipo, materiales o mano de obra, normalmente se considera un costo indirecto en el capital fijo de inversión y es aproximadamente el 30% del costo

del equipo comprado o el 8% de los costos directos totales de la planta de proceso **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

Tabla 4.10. Típicas variaciones en el porcentaje del capital fijo de inversión para ingeniería y servicios.

Típicas variaciones en el porcentaje del capital fijo de inversión		
Componente	**Rango %**	**Valor típico%**
Ingeniería	1.5-6.0	2.2
Redacción	2.0-12.0	4.8
Ingeniería, construcción y costos	0.2-0.5	0.3
Viajar y vivienda	0.2-1.0	0.3
Reproducciones y comunicaciones	0.1-1.0	0.3
Total de ingeniería y supervisión (Incluye gastos generales)	0.2-0.5	0.2
	4.0-21.0	8.1

Fuente: Timmerhaus, 1991. Plant Design for Chemical Engineers

4.7.2.8 Gastos de construcción

Involucra los gastos por la compra y renta de herramientas y maquinaria, mano de obra, impuestos y seguros y otros gastos relacionados con la construcción. Si los gastos de construcción o de campo se deben estimar por separado. Para procesos químicos ordinarios plantas, los gastos de construcción promedian aproximadamente el 10% del total directo costos de la planta **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.2.9 Honorarios de los contratistas y contingencias

La tarifa del contratista varía según las diferentes situaciones, pero se puede estimar en alrededor del 2 al 8% del costo directo de la planta o del 1,5 al 6% de la Inversión de capital fijo.

Para eventualidades como tormentas, inundaciones, accidentes de transporte, aumento súbito de precios, huelgas, cambios en diseño, errores de estimación y otros eventos inesperados hacen necesario tener un gasto para contingencias, la estimación de estos se encuentra en un rango del 5 al 15% de los costos directos e indirectos de la planta, y el 8% se considera un valor promedio razonable **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.3 Estimación del capital de trabajo.

Los recursos que tiene la planta para atender las operaciones de producción y operación, contemplan el monto de dinero que se precisa para dar inicio al ciclo de producción en su fase de funcionamiento o bien el capital adicional con el que se debe de contar para

que comience la producción, esto se conoce como financiar antes de percibir ingresos. Entre los gastos contemplados se tiene: Gastos de construcción durante la puesta en marcha (pérdidas en líneas y equipos, defectos de diseño que deben solucionarse, falla de instrumentos, necesidad de equipos adicionales) y costos de operación de puesta en marcha (salarios, materias primas, productos semiterminados o terminados fuera de especificación) que requiere salidas de dinero **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.4 Costos de producción

El flujo de caja es la clave en los estudios de los costos y la rentabilidad. El análisis de los flujos de cajas es útil para el entendimiento de los movimientos del dinero y el momento en que se realizan, no sólo para la compañía completa sino también para las líneas parciales de producción. En otras palabras, el modelo de flujo de caja para una línea de procesamiento establece que el beneficio bruto de un proyecto se determina por la diferencia entre lo que el consumidor paga por el producto o servicio y lo que éste cuesta al proyecto para producirlo, almacenarlo y venderlo, incluyendo la reserva que se realice para respaldar el capital (depreciación). Los costos de producción se pueden dividir en dos categorías, costos variables y costos fijos **(Timmerhaus & Peters, 1991).** A continuación, se presenta en la tabla 4.11 los costos variables y los costos fijos:

Tabla 4.11. Clasificación de los Costos de Producción.

Costos Variables	Costos Fijos
Materia prima	Depreciación
Mano de obra directa	Impuestos
Supervisión	Seguros
Mantenimiento	Financiación
Servicios	Investigación y desarrollo
Suministros	Relaciones publicas
Regalías y patentes	Contaduría y auditoría
Envases	Asesoramiento legal

4.7.4.1 Materia prima

Este rubro está integrado por las materias primas principales y subsidiarias que intervienen directa o indirectamente en los procesos de transformación ya que la característica esencial de esta actividad es manufacturera. La estimación de este rubro podrá llevarse a cabo mediante el conocimiento de los siguientes elementos de juicio:

- Cantidades de materia primas requeridas para elaborar una unidad de producto.
- Precios unitarios de las materias primas puestas en fábrica.

4.7.4.2 Supervisión

La supervisión comprende los salarios del personal responsable de la supervisión directa de las distintas operaciones. Se puede estimar en la industria pesquera como un 10% de la mano de obra directa. Lo que se debe tener en cuenta es que en muchos casos este personal percibe sus haberes en forma mensual, por lo que este rubro se convierte en un

costo fijo hasta el 100% de la capacidad instalada. También en este caso deben incluirse las cargas sociales sobre el sueldo básico **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

4.7.4.3 Servicios y mantenimiento

Una vez estimado el consumo de energía eléctrica en kWh, de acuerdo al nivel de producción elegido, queda por establecer el costo de la energía eléctrica. Este es el caso más simple es que sea comprada y desde el punto de vista de la estimación pues se tendrá un valor para el kwh puesto en entrada de fábrica fijado por el proveedor de energía que estará definido por la zona, nivel de consumo, etc.

El mantenimiento incluye los costos de materiales y mano de obra (directa y supervisión) empleados en rutinas o reparaciones incidentales y, en algunos casos, la revisión de equipos y edificios. Puede estimarse anualmente como un 4-6% de la Inversión Fija en los casos en que no se posean otras informaciones.

4.7.4.4 Suministros y regalías

Los suministros incluyen aceites lubricantes, reactivos químicos y equipos de laboratorio, es decir, los materiales usados por la planta industrial exceptuando los incluidos en materia prima, materiales de reparación o embalaje. Se puede estimar como el 6% del costo de mano de obra o como el 15% del costo de mantenimiento (Woods, 1975).

Las regalías y las patentes se pagan respecto a un nivel predeterminado de operación de planta. En ausencia de otros datos, puede estimarse entre el 1 al 5% del precio de venta del producto en estudio.

4.7.4.5 Depreciación

La mayoría de los bienes van perdiendo valor a medida que crecen en antigüedad. Los bienes de producción comprados recientemente tienen la ventaja de contar con las últimas mejoras y operan con menos chance de roturas o necesidad de reparaciones. Los principales objetivos para cargar un costo de depreciación pueden resumirse como: recuperación del capital invertido en bienes de producción, determinar con seguridad costos indirectos de producción para registro de costos e incluir el costo de depreciación en gastos de operación con propósito de impuestos.

Para calcular la depreciación se utiliza el método de línea recta que se basa estrictamente sobre el tiempo en general, los comportamientos deseados de los métodos son: la recuperación del capital invertido en un bien, mantener un valor de libro cercano al verdadero valor del bien a lo largo de su vida, ser fácil en su aplicación y ser aceptable por la legislación. En realidad, hay dos aspectos en cuanto a la aplicación de los métodos de depreciación: el aspecto interno de la compañía, por medio del cual se aplica el método que la dirección considera más adecuado y el aspecto impositivo, donde se deberá aplicar el método permitido por la legislación vigente.

El valor depreciado anual puede ser calculado de la siguiente forma:

$$Valor\ depreciado\ anual = e(l_f - L) \tag{4.10}$$

Donde: E: factor de depreciación anual; L_f-L: inversión depreciable; L_f: inversión fija; L: Valor de reventa o residual al final de la vida útil del bien

La depreciación por línea recta es la más simple en aplicación y el método más ampliamente usado, la depreciación anual es constante y la relación es:

$$e = \frac{1}{n} \tag{4.11}$$

donde n es la vida total útil esperada en años. En consecuencia, la carga anual de depreciación es:

$$D = \frac{l_f - L}{n} \tag{4.12}$$

Para cualquier año, el año k, la depreciación es:

$$D_k = \frac{(l_f - L)k}{n} \tag{4.13}$$

4.7.4.6 Impuestos y seguros

Los impuestos pueden variar mucho de acuerdo con las leyes vigentes. Dependen fundamentalmente del sitio donde está ubicada la planta y es así que las ubicadas en ciudades pagan más impuestos que las correspondientes a regiones con menor densidad de habitantes. Los seguros dependen del tipo de proceso y de la posibilidad de contar con servicios de protección. Normalmente se incluyen seguros sobre la propiedad (incendio, robo parcial o total), para el personal y para las mercaderías (pérdidas parciales, totales), salarios caídos, etc.

4.7.5 Costos de mano de obra directa

La mano de obra de operación se refiere a la gente que opera en realidad el equipo, incluye los sueldos de las personas cuyos esfuerzo están directamente asociados al producto elaborado (obreros del proceso), en procesos muy mecanizados este rubro representa menos del 10% del costo de producción, las dos variables que regulan esto son: costo de hora-hombre u hombre-año, y número de horas-hombre o número de hombres requerido, esto también se estima de acuerdo a los convenios laborales vigentes, con las cargas sociales que están a cargo del empleador.

Los gastos de mano de obra integrados en el resumen de costos son los salarios directos basados en el sueldo por hora. Los beneficios al margen y el reembolso de mano de obra indirectos se consideran posteriormente. El sueldo por hora varia y además para adecuar los costos debido a la inflación los índices de costos de mano de obra como los índices de costo de los equipos los regulan varias instituciones **(Ulrich, 1993).**

V. METODOLOGÍA

Se desarrolló un diseño de la línea de producción para la obtención de harina de arroz y para verificar que la variable principal del proceso cumpliera con los requerimientos de calidad se sometió a validación el proceso mediante laboratorios, de igual forma se especificó la capacidad de producción del trillo y de esta forma se realizaron los balances pertinentes para la elaboración del producto y los diseños de los equipos necesarios para el proceso y su respectivo análisis económico.

5.1 Validación del proceso de obtención de harina de arroz.

Para la confirmación de la reproducibilidad del proceso a escala industrial se realizaron laboratorios para verificar si el producto coincidía con los estándares establecidos en la NTON 03 096-11, para estos criterios de aceptación se tomaron muestras tanto de payana como de puntilla del trillo y al ser un proceso preestablecido y diseñado, se adaptó a las necesidades que presenta esta empresa.

Se diseñaron guías de laboratorios para verificar el proceso de producción de harina, presentadas en el anexo A.11, la variable que se tomó en cuenta era la cantidad de circulaciones por el molino. Así como también se realizaron guías para el análisis de ceniza y de humedad presentadas en el mismo anexo.

5.1.1 Elaboración de harina a escala de banco de laboratorio.

El molino que se utilizó en estas prácticas fue un equipo que se encuentra en los negocios de molienda de granos ya que el laboratorio no contaba con uno, este equipo era un molino de discos y se realizó de forma artesanal.

Se realizaron laboratorios por duplicado, esto con la finalidad de observar la granulometría de la harina y el comportamiento de las partículas en la etapa de molienda, se tomó evidencia fotográfica de las pruebas para la validación óptima del proceso de elaboración de la harina de arroz.

Se realizaron las pruebas con relación 50% de cada subproducto ya que no es relevante para el trillo tener proporciones variadas de la mezcla ya que ellos almacenan estos subproductos de forma conjunta y su finalidad es el máximo aprovechamiento de todos sus granos quebrados.

La primera prueba fue realizada por duplicado, con una relación 50% de payana y 50% de puntilla, la circulación de la mezcla por el molino se repitió dos veces y la granulometría se muestra en la tabla 5.4.

En la segunda prueba se trituró la harina tres veces y de igual forma por duplicado, se tomó la misma relación de 50% de payana y 50% de puntilla, demostrando la importancia de la óptima selección de equipos para obtener la granulometría similar a las normas NTON 03096-11 y Codex Stan 152-1985 como se muestra en la tabla 5.5

Además de la elaboración de la harina se realizaron las pruebas de humedad, ceniza y colorimetría para asegurar su calidad y que corresponda con las normas pertinentes NTON 030966-11 y Codex Stan 152-1985, de igual forma el producto terminado de la

mezcla de payana y puntilla se comparó con una de las harinas comerciales, en este caso con la harina de la empresa Jinca Foods que es elaborada a partir de arroz entero y se comprobó su granulosidad, color, humedad y cenizas.

A continuación, se presentan los resultados y en cada etapa hay evidencia cuantitativa y fotográfica, rendimientos reales del proceso, utilización de maquinaria que se disponía a nivel de banco de laboratorio.

Pesado:

Para realizar la prueba de trituración con dos circulaciones de la mezcla en el proceso de molienda se pesó 2,267.00 g de payana y puntilla y en la prueba de tres circulaciones se pesó 2000 g de payana y puntilla, el pesaje no fue el mismo por la disponibilidad de materia prima.

Tabla 5.1. Peso de payana y puntilla en la molienda.

Primera prueba (dos trituraciones)	**2,267.00 g**
Segunda prueba (tres trituraciones)	2,000.00 g

Figura 5.1. Arroz payana.

Figura 5.2. Arroz puntilla.

Limpieza:

Se realizó una limpieza de forma profunda a la payana y puntilla, se trataron los subproductos por separado ya que la limpieza fue manual esto debido a que no se contó con los equipos necesarios en las validaciones, de igual forma en el cribado de granos se puede obtener mejores resultados a escala de banco si no se toman en cuenta las pérdidas de producto por el equipo, los elementos extraños fueron en su mayoría piedra y granos dañados.

Tabla 5.2. Peso de payana y puntilla en la limpieza.

Payana y puntilla	Peso (g)
Primera prueba.	
Mezcla limpia	2,112.50
Elementos extraños	90.62
Segunda prueba	
Mezcla limpia	1,762.50
Elementos extraños	142.90

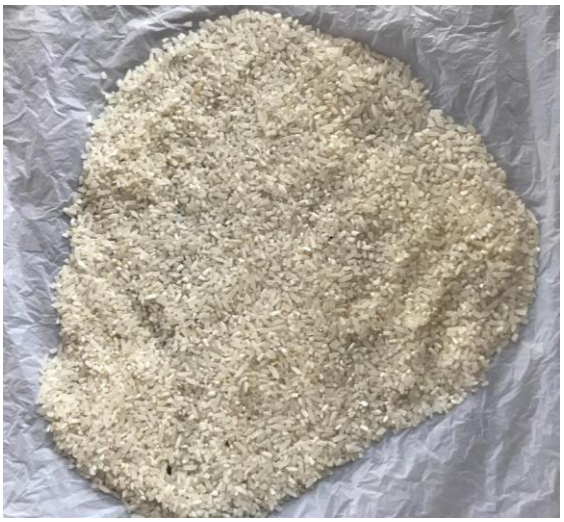


Figura 5.3. Mezcla sucia de subproductos.

Figura 5.4. Mezcla limpia de subproductos.

Molienda:

Para el proceso de molienda se utilizó un molino artesanal de discos y para determinar la cantidad de veces que se tenía que triturar la muestra para obtener una granulometría idónea se trabajó en los laboratorios con 2,000.00 g de mezcla de subproductos y se trituró la misma mezcla por el molino en cuatro ocasiones, en la primera circulación de la mezcla los granos triturados no manifestaba la granulometría indicada ya que poseían un tamaño de partículas mayor al requerido, como se muestra en la figura 5.5 y por ende se descartó esta opción, en la segunda y tercera ocasión donde se procesó la mezcla se obtuvo una óptima granulometría, por lo tanto se realizó la validación en base a estas dos

trituraciones, cabe señalar que en la cuarta ocasión que se circuló la mezcla las partículas no se refinaron de forma adecuada como se presenta en la figura 5.6, esto a causa del equipo que se utilizó, por ende también se descartó esta opción.

Figura 5.5. Partículas de arroz circulada una vez por el molino.

Figura 5.6 Partículas de arroz circulada cuatro veces por el molino.

Dado los resultados obtenidos en las figuras 5.5 y 5.6 donde los comportamientos de partículas no eran los recomendados para producir harina, se decidió que la primera prueba para la validación del proceso fue la que se procesó dos veces por el molino y la segunda tres veces, a continuación, en la tabla 5.3 se presentan la cantidad de harina obtenida en este proceso tomando en consideración que se asumieron pérdidas por el tipo de equipo.

Tabla 5.3. Peso de payana y puntilla en la molienda.

Payana y puntilla	**Peso (g)**
Primera prueba.	
Molienda 1	1,977.50
Perdidas	135.00
Segunda prueba	
Molienda 2	1,510.00
Perdidas	252.50

Figura 5.7. Molino de discos.

Figura 5.8. Harina luego de la molienda.

Tamizado:

En esta operación, se busca separar la harina adecuada y que coincida con las normas establecidas por NTON 03 096-11. El tamizado se realiza empleando tamices que incluye los tamaños de partícula establecidos en las especificaciones de la norma nicaragüense, como lo es el tamiz N°80 **(Normas Jurídicas de Nicaragua, 2012).**

Se tomó en cuenta que estos resultados podrían variar de acuerdo al equipo con el que se tamiza ya que existieron pérdidas significativas del producto por el equipo utilizado, en la figura 5.9 se puede observar el equipo que se implementó y en la figura 5.10 las diferentes granulosidades separadas por este equipo. A continuación, se muestran en la tabla 5.4 los pesos obtenidos de los tamices donde la granulometría ya es aceptable en la primera prueba:

Tabla 5.4. Peso de payana y puntilla en el tamizado de la primera prueba.

Tamices	Primera prueba
Nº 50	1,251.00 g
Nº 80	189.00 g
Nº 140	133.00 g
Nº 230	41.00 g
Menor de 230	18.50 g

Figura 5.9 Equipo de tamizado.

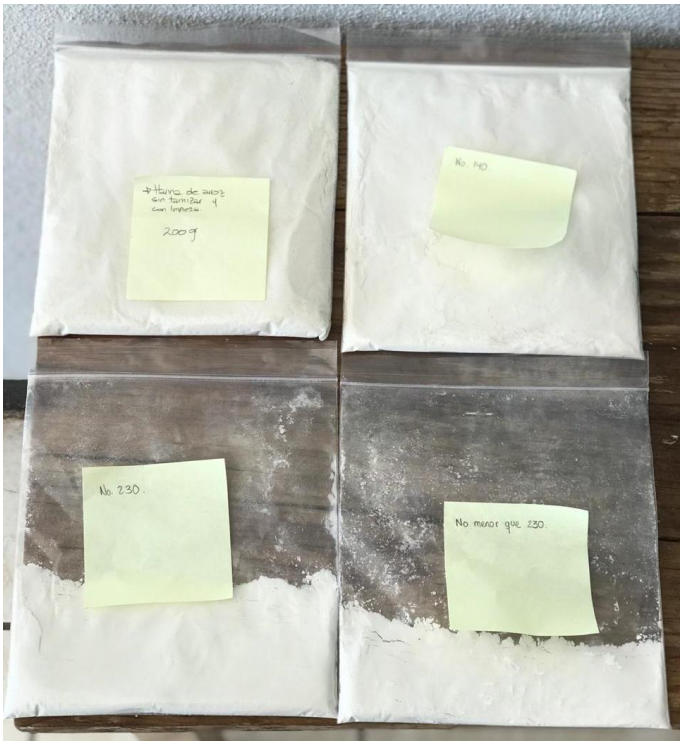


Figura 5.10. Harina producida en la primera prueba de dos circulaciones, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, la primera muestra de harina de arroz son 200g sin tamizar, luego se muestran las diferentes granulometrías separadas por los tamices, como es en el tamiz N°140, luego el tamiz N°230 y por último tamices menores a N°230.

De igual forma los resultados de la segunda prueba en la etapa de tamizado son los siguientes:

Tabla 5.5. Peso de payana y puntilla en el tamizado en la segunda prueba.

Tamices	Segunda prueba
Nº 50	930.00 g
Nº 80	449.00 g
Nº 140	89.00 g
Nº 230	28.00 g
Menor de 230	5.50 g

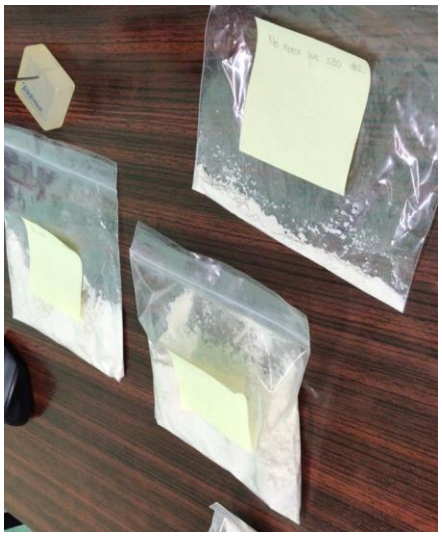


Figura 5.11. Harina producida en la segunda prueba de tres circulaciones de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, harina separada por el tamiz Nº230, luego las harinas separadas por el tamiz Nº140 y el tamiz Nº50.

Figura 5.12 Harina producida en la segunda prueba y separada por el tamiz Nº80.

5.1.2 Comparación con harina de arroz comercial.

Con el fin de verificar los parámetros de la harina elaborada a partir de la mezcla de payana y puntilla, se comparó con una harina comercial elaborada con arroz entero, como es la harina Jinca foods que contiene un peso neto de harina de 454 g. El tamizado de la harina comercial se realizó de la misma forma que la harina de arroz de payana y puntilla, es decir, empleando una serie de tamices que incluye los tamaños de partícula establecidos en las especificaciones de una harina para su respectivo uso (diámetro promedio entre 0.6 y 0.45).

En la siguiente tabla se comparan los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a la harina de arroz de payana y puntilla, y la harina de arroz comercial.

Tabla 5.6. Comparación con harina comercial.

Pruebas	Harina de Arroz de Payana y puntilla	Harina de arroz comercial
Humedad	12.5 %	12.27%
Ceniza	1.38 %	0.27%
Granulometría	0.18 mm	0.18 mm
Color	Blanco	
Olor	Característico del producto	
Consistencia	Polvo fino	

Los pesos obtenidos de la harina comercial en cada uno de los tamices se muestran a continuación.

Tabla 5.7. Peso de harina de arroz comercial en el tamizado.

Tamices	Pruebas en gramos
De 50	454.00 g
De 80	310.08 g
De 140 o mas	145.28 g

Se realizó la primera prueba con 2.26 kg de la mezcla payana y puntilla, se utilizaron en proporciones iguales.

Los rendimientos del producto fueron los siguientes: se obtuvieron 381.50 g de harina con un número de malla menor o igual a 0.8 mm, en el tamiz N°50 quedo retenida la mayor cantidad de harina, por ende, se podía realizar una recirculación al molino de 1.97 kg de harina que no cumplía con el tamaño de partícula esperado.

Tabla 5.8. Granulometría de la harina en la molienda con dos circulaciones.

Etapa	Variable	Tamiz	Tamaño Poro (mm)	Peso (g)
Molienda del grano	Granulometría de la harina	N°50	0.3	1,251.00
		N°80	0.18	189.00
		N°140 o más	0.16	381.50

Se realizó la segunda prueba con 2.00 kg de la mezcla de payana y puntilla. La producción de esta harina presento mejor comportamiento por parte de las partículas en relación a la doble trituración que se le realizó a la mezcla ya que la granulometría mejoró notablemente, en esta prueba se obtuvo 571.50 g con número de malla menor o igual a 0.8 mm. Se realizó una recirculación al molino de 930.00 g.

Tabla 5.9. Granulometría de la harina en la molienda con tres circulaciones.

Etapa	Variable	Tamiz	Tamaño Poro (mm)	Peso (g)
Molienda del grano	Granulometría de la harina	N°50	0.3	930.00
		N°80	0.18	571.50

5.2 Selección y descripción de máquinas y equipos para el proceso de producción de harina de arroz.

5.2.1 Descripción del proceso productivo para la obtención de harina.

La payana y la puntilla son subproductos del proceso de obtención de arroz, la granza pasa a través de diferentes equipos industriales hasta obtener el arroz que se conoce en la canasta familiar, en este proceso se obtienen diferentes tamaños de grano, arroz oro

que es el grano entero, arroz payana que es ¾ de grano, arroz puntilla que es menos de ½ de grano y otros subproductos como la semolina.

Para elaborar harina de arroz se necesita como materia prima payana y puntilla, estos son parte de los diferentes tamaños de grano de arroz que procesa el trillo, es decir, que el transporte de estos subproductos es en la misma planta, por esto razón la recepción será diaria. La mezcla de ambos subproductos no es proporcional, es decir que se trabaja con la cantidad de subproductos global que produce la línea de arroz oro. Los análisis necesarios para los granos se realizan en la misma empresa ya que cuentan con un laboratorio adecuado y también tienen silos para almacenar este tipo de granos ya que son cóncavo, de acero y una capacidad adecuada para la cantidad de materia que se almacena.

Para llevar a cabo el acondicionamiento de los granos de arroz se establecen niveles de humedad que debe cumplir el grano, el intervalo es entre el 12% como máximo 15% esto se realiza con el fin de que al obtener el producto final no sobrepase el límite tanto de las normas de calidad para producción de arroz y de igual forma de harina.

La payana y puntilla se toman del lugar donde la planta almacena el arroz separado por tamaños esta materia prima pasa al proceso de producción de harina de la misma forma que se deposita la granza, es decir en tolvas o fosas de descargas y el elevador H1 (ver figura 6.3) se encarga de trasladar la payana y puntilla al silo B2 (ver figura 6.4), en esta etapa están trabajadores encargados de supervisar que la materia prima se traslade correctamente del silo B2 en el elevador de cangilones H2 (ver figura 6.5) y también de movilizar el material de empaque hasta la máquina empacadora automática A1 (ver figura 6.12).

5.2.1.1 Limpieza y separación.

El elevador de cangilones H2 (ver figura 6.5) deposita por la parte superior la mezcla de payana y la puntilla en la máquina para separar granos o criba vibratoria de tres niveles F1 (ver figura 6.6), esta principalmente busca remover todo el material extraño o semillas objetables que se encuentren en el grano proveniente del campo, los cuales pueden interferir en la calidad del producto. Entre los materiales extraños se encuentran los de mayor tamaño como piedras, cualquier otra semilla diferente al arroz, pajas, metal, vidrio, insectos, etc.

En esta máquina quedan separadas por tres tamices, esto ayuda a retirar todas las impurezas anteriormente mencionadas, para limpiar la puntilla o payana que esta retenida en el tamiz N°48 y N°10 (Estándar Tyler), hay una pérdida de 1% de materia prima equivalente a 23.95kg.

Esta etapa es de especial importancia ya que tanto la normativa nicaragüense para harina de maíz sin germen, como la normativa para harina de trigo expresan que la harina tiene que estar exenta de contaminantes como metales pesados **(Normas Jurídicas de Nicaragua, 2012),** luego se traslada en una banda transportadora H3 (ver figura 6.8) al limpiador de granos F2 (ver figura 6.7) que funciona por aspersión, consiste en limpiar

estos granos con aire, en esta etapa se elimina arenilla, arena, impurezas que en la criba por su tamaño de partícula no es posible separar, este tipo de limpiadoras son específicas para trigo, arroz, maíz, entre otros, en esta etapa se retira el 5% en peso de estas impurezas equivalente a 118.55kg.

5.2.1.2 Molienda:

De la limpiadora F2 se trasladan los granos en una banda transportadora H4 (ver figura 6.8) y entran al molino que funciona por energía eléctrica, Z1 (ver figura 6.9) donde se pulverizaran la payana y puntilla, la molienda se realiza en seco con arroz blanco, el porcentaje de humedad requerido del arroz será 12% para que facilite la operación de molienda y con la finalidad de que la eficiencia sea satisfactoria. el material de los accesorios de molienda que según las normas es acero inoxidable, los martillos empleados se ajustan al diseño que proveen las empresas de acuerdo a la capacidad de molienda del equipo y la potencia requerida se seleccionan a partir de los resultados preliminares de procesos de reducción de tamaño de granos.

El tamaño de partículas estipulados va de la mano con las normativas que se rige este proceso, por lo cual, es necesario la verificación de la granulometría del producto, en esta etapa existe un 2% de pérdida de harina que puede quedar retenida en las paredes del molino, equivalente a 45.05kg.

5.2.1.3 Tamizado:

En esta etapa se busca obtener la consistencia y granulometría similar a la harina de maíz sin germen o la harina de trigo. La banda transportadora tubular H5 (ver figura 6.10) traslada del molino Z1 al tamiz para harinas F3 (ver figura 6.11). El tamizado es un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de las mismas. El tamizado se realiza en seco, que es la forma más frecuente de operar **(McCabe et al., 2007),** habrán tres niveles o mallas en esta maquina para tamizar harinas.

Es necesario especificar que el 1% de pérdidas se da entre las mallas, donde queda retenido producto tanto en las mallas, como los orificios de salida equivalente 22.07kg, al tener tres niveles y cada uno con una salida independiente se podrá inspeccionar el tamaño de particulas de la harina, a partir del nivel o malla 2, que tendrán un tamaño de poro de 0.18 o número de malla N°80 es harina aceptable, si la harina queda en el primer nivel o tamiz N°48 se valoraría la recirculación al molino, una vez obtenido el tamaño de particula optimo se pasa el producto a la siguiente etapa.

5.2.1.4 Empaque

Se traslada en una banda transportadora tubular H6 (ver figura 6.10) de la máquina para tamizar harinas F3 a la maquina empacadora A1 (ver figura 6.12), que trabaja automáticamente y que se usa para productos de esta índole, con un sistema de llenado, sellado y acabado. En las bandas se transportan las bolsas ya selladas y etiquetadas para proceder a empacarlas en las cajas de cartón como se puede observar en la figura 6.14.

Para empacar harinas se utiliza bolsas de polipropileno con solapa y eurotaladro, estas bolsas son estandarizadas, al tener eurotaladro es una bolsa ideal para colocar en expositores como se puede ver figura 6.13.

Según la norma nicaragüense de etiquetado de alimentos en la presentación de los empaques para consumo humano Nº 03 021-99, tiene que estar reflejado la fecha de vencimiento o caducidad, el tipo de alimentos, los aditivos alimentarios que se le añadieron, los ingredientes, lote, entre otros datos como son el país de origen y el volumen **(Normas Juridicas de Nicaragua, 2008).**

Las bolsas estarán previamente diseñadas con el logotipo de la marca de la empresa, serán bolsas abre fácil, la empacadora A1 se encargará únicamente de imprimir el número de lote, fecha de elaboración y fecha de vencimiento.

5.2.1.5 Almacenamiento.

Por medio de las bandas transportadoras H7 (ver figura 6.16), se trasladan las bolsas de 2kg de harinas a las cajas donde hay operarios que las empacan sobre la misma banda, estas cajas son llevadas por el montacargas hacia los cuartos de almacenaje o bodegas del producto final. Las cajas de este tipo de productos deben ponerse sobre palet que cumpla la normativa europea, que impedirá el contacto con el suelo **(Hernández & Rugama, 2014).**

5.3 Diagrama de bloque

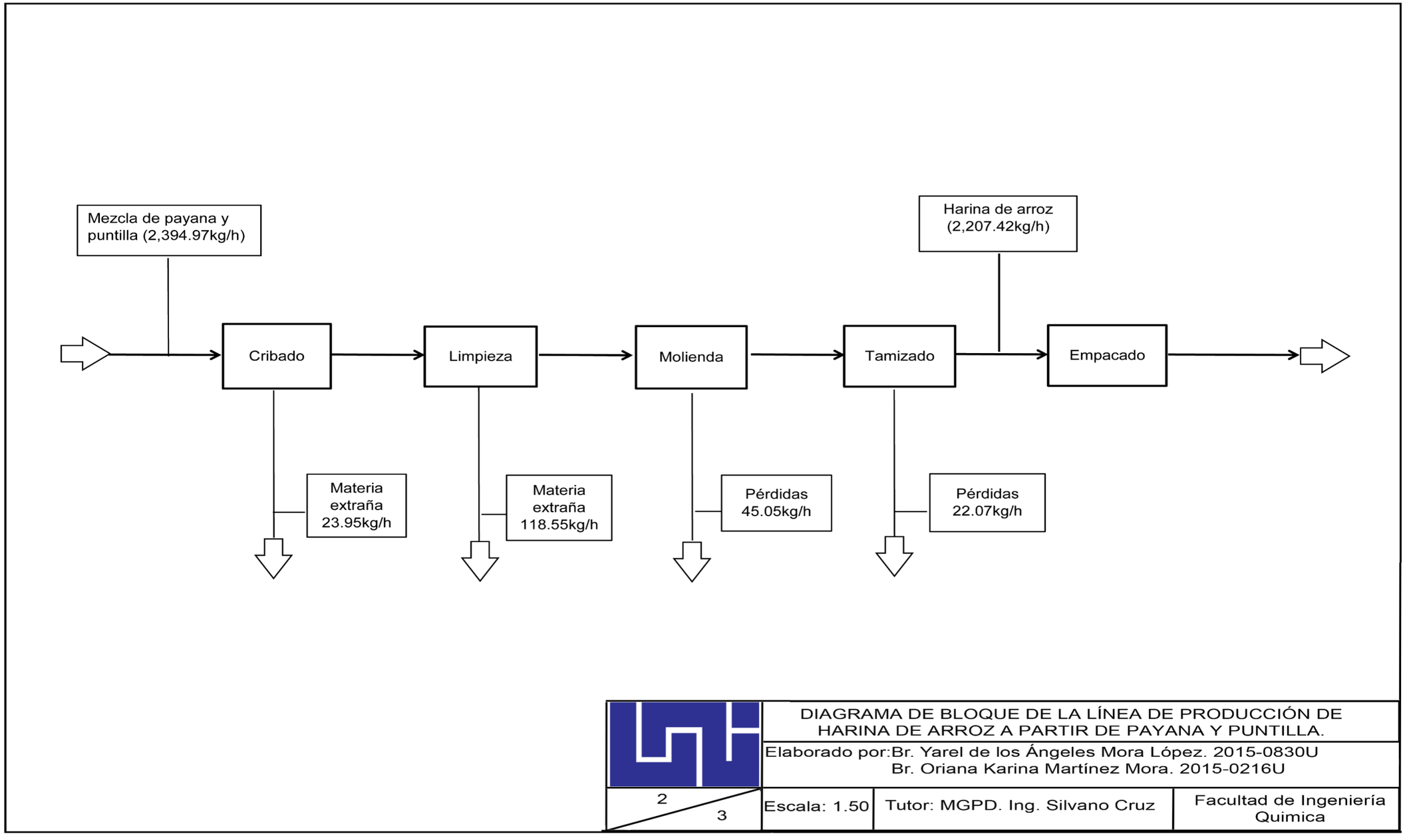


Figura 5.13. Diagrama de bloque del proceso productivo.

5.3.1 Capacidad de producción.

Para realizar los balances de materia, requerimientos energéticos, dimensionamiento, selección y cotización de equipos se definió la capacidad de producción en función de la producción anual del trillo, de payana se produce 5,383,502.01kg y de puntilla se produce 1,849,294.58 kg, se definió trabajar con el 80% de payana y puntilla de arroz, ya que el otro 20% está destinado a la producción de arroz oro del trillo. En este proceso se trabaja diariamente 8 horas de lunes a sábado, se procesa 19,159.73 kg de ambos subproductos al día y se obtiene 17,482.73kg de harina al día (Ver tabla 10.9 en el Anexo A.8).

5.4 Balances de materia y energía.

Para llevar a cabo los cálculos de la estimación de los flujos de entrada y salida del proceso y una correcta selección de equipos de acuerdo con su capacidad se utilizan las ecuaciones correspondientes cabe señalar que este proceso es de transformación física de materia por lo cual se utilizará la ecuación 4.1.

Dado que en ninguna etapa del proceso de obtención de harina de arroz se requiere de agua o transformaciones químicas de la materia prima para la obtención del producto final, no se realizó un balance energético. Se realizaron únicamente los balances de materia necesarios en cada una de las etapas del proceso y los requerimientos energéticos de los mismos.

A continuación, se presenta una tabla con los códigos de entra y salidas del proceso. donde la letra “A” representa todas las entradas que tiene cada una de las etapas del proceso y la letra “B” todas las salidas. En anexo B.1 se encuentran los balances de materia para la obtención de harina de arroz de forma detallada.

Tabla 5.10. Numeración de entrada y salida en el balance de materia del proceso de producción de harina de arroz.

Proceso	**Nº**	**Entradas**		**Salida**	
		Letra	Significado	Letra	Significado
Cribado	1	A	Granos con suciedad.	B	Piedras, basura, hojas (Impurezas)
Limpieza	2	A	Granos que entran del cribado que aún poseen suciedad	B	Piedras, basura, polvillo. (Impurezas)
Molienda	3	A	Payana y puntilla limpia proveniente de la limpieza	B	Pérdidas de producto en el proceso de molienda.
Tamizado	4	A	Harina con diferentes tamaños de partícula	B	Pérdidas mínimas de producto en el proceso de tamizado.
Empacado	5	A	Harina de arroz en bolsas	B	Se espera que no haya perdidas en esta etapa.

5.4.1 Recepción de materia prima y cribado:

Los granos A llegan sucios y se realiza el primer cribado: se selecciona impurezas y se eliminan del proceso, pasándolos directamente a la limpieza principal.

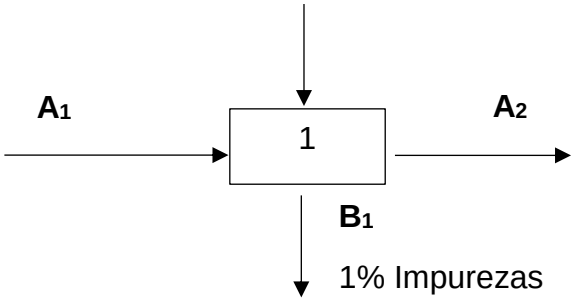


Tabla 5.11.Balances de materia en la recepción de materia prima y cribado.

Granos	A_1 (kg/h)	A_2 (kg/h)	B_1 (kg/h)
Payana y puntilla	2,394.97	2,371.02	23.95

5.4.2 Limpieza.

En esta limpieza se eliminan granos que están oscuros, polvillo con impurezas, piedras que no se eliminaron en el tamizado previo, en esta etapa se espera que haya una limpieza exhaustiva para poder pasarlos directamente a la molienda.

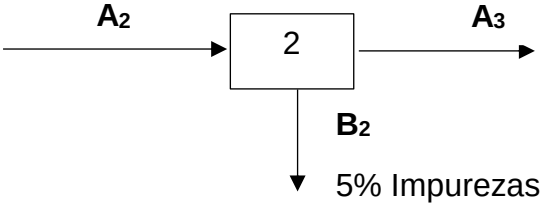


Tabla 5.12. Balances de materia en la maquina limpiadora de granos.

Granos	A_2 (kg/h)	A_3(kg/h)	B_2 (kg/h)
Payana y puntilla	2,371.02	2,252.46	118.55

5.4.3 Molienda.

Es procesado los granos de payana y puntilla para obtener harina. En todos los procesos hay un porcentaje de pérdidas que se reflejan en el balance.

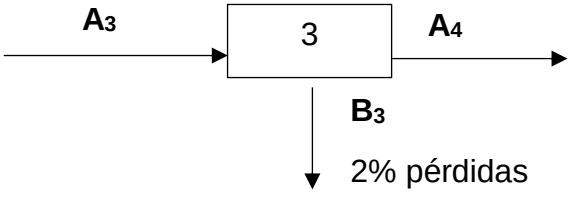


Tabla 5.13. Balances de materia en el molino de martillos.

Granos	A_3 (kg/h)	A_4 (kg/h)	B_3 (kg/h)
Payana y puntilla	2,252.46	2,207.42	46.05

5.4.4 Tamizado.

En esta etapa ya se tiene el producto final, el fin de tamizar la harina es asegurar que la partícula logre pasar el tamiz N°80:

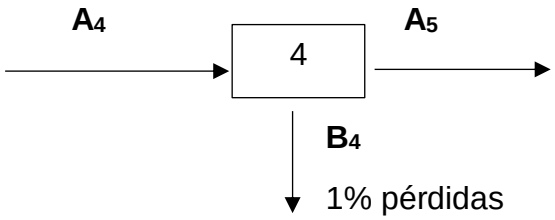


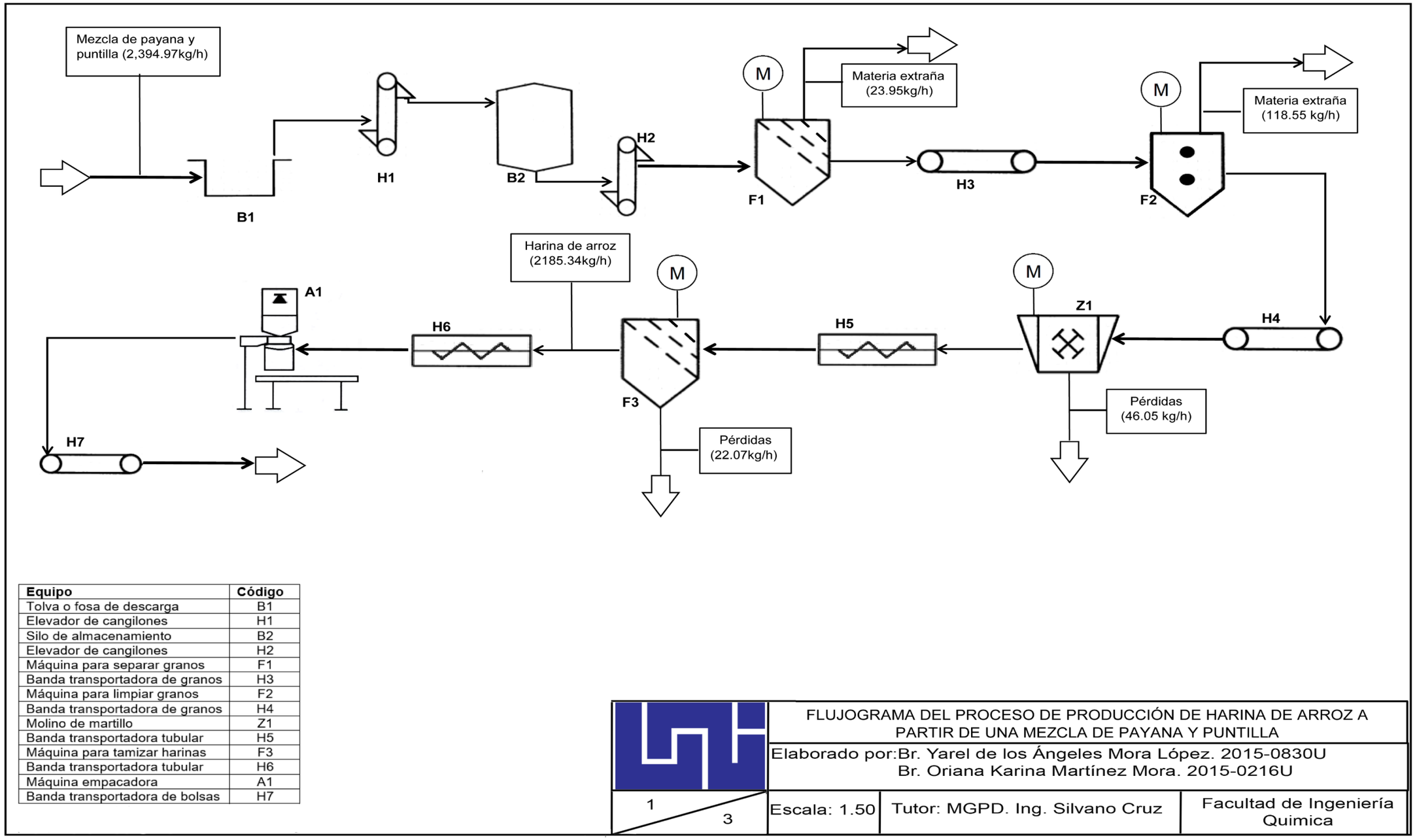
Tabla 5.14. Balances de materia en la criba vibratoria para harina.

Granos	A_4 (kg/h)	A_5 (kg/h)	B_4 (kg/h)
Payana y puntilla	2,207.42	2,185.34	22.07

5.4.5 Empacado

El producto final son 17,482.73 kg de harina de arroz producidos en 8 horas de trabajo, que equivale al día de producción, así que diariamente saldrán 8,741 bolsas de harina en presentación de 2kg. Es decir que por hora se producen 2,185.34 kg de harina, lo cual la empacadora estaría procesando 1,092 bolsas de harina. Este producto tendrá el número de lote, fecha de vencimiento, entre otras cosas que especifica la empacadora automática de polvos.

5.4.6 Flujograma del proceso.



Equipo	Código
Tolva o fosa de descarga	B1
Elevador de cangilones	H1
Silo de almacenamiento	B2
Elevador de cangilones	H2
Máquina para separar granos	F1
Banda transportadora de granos	H3
Máquina para limpiar granos	F2
Banda transportadora de granos	H4
Molino de martillo	Z1
Banda transportadora tubular	H5
Máquina para tamizar harinas	F3
Banda transportadora tubular	H6
Máquina empacadora	A1
Banda transportadora de bolsas	H7

	FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE ARROZ A PARTIR DE UNA MEZCLA DE PAYANA Y PUNTILLA		
	Elaborado por: Br. Yarel de los Ángeles Mora López. 2015-0830U Br. Oriana Karina Martínez Mora. 2015-0216U		
1 / 3	Escala: 1.50	Tutor: MGPD. Ing. Silvano Cruz	Facultad de Ingeniería Quimica

Figura 5.14 Flujograma del proceso productivo.

5.5 Selección y dimensionamiento de la maquinaria para el proceso de producción de harina.

5.5.1 Selección de Criba vibratoria para granos.

En el proceso de pre limpiado de arroz existen diversas variables que lo afectan, como el tamaño del arroz, el tamaño de los orificios de las cribas, la inclinación y la velocidad de cribado. Se pueden utilizar las ecuaciones 4.3 y 4.4 para verificar las superficies de las cribas y de igual forma se puede hacer una selección en base a los tamaños de partículas que se obtienen de realizar varios procesos de tamizado del producto. Las variedades de arroz que se procesan en el trillo las banderas son Lazarroz, Anar 2015, Inta Dorado y Anar 97.

5.5.1.1 Selección del tamaño del orificio.

La selección del tamaño del orificio utilizado es en función del grano que se requiere limpiar, según las normas ISO o ASTM para los tamices de chapa perforada cuadrada o redonda las aperturas que se utilizan tamaños específicos para este tipo de granos.

Tabla 5.15. Longitud del grano según el tipo de arroz.

Tipo	Longitud por grano
Arroz Entero	¾ o más.
Payana	Más de ¼ y menos de ¾
Puntilla	Menor de ¼

Elaborado por: Campos y Cruz, control estadístico de la calidad de arroz, AGRICORP 2015

5.5.2 Selección de maquina limpiadora de granos.

Luego de la clasificación que se realiza en la criba con los distintos tamices, aún se debe aspirar más impurezas, como el polvillo que queda en la malla N°50, la característica primordial de este equipo es que el canal de aspiración separe lo que no debería estar junto. Las partículas ligeras, como las cáscaras o el polvo, se deben de retirar de la materia prima.

Este limpiador consiste básicamente en producir un flujo de aire que realiza la separación de las impurezas del producto. Esta separación se efectúa a base de las diferencias de la velocidad terminal de las impurezas y de los granos. Este sistema de limpieza sirve para eliminar impurezas livianas, tales como polvo, hojas, tallos, ramillas, etc. La limpieza se lleva a cabo haciendo pasar una corriente de aire por los granos; las impurezas más livianas son lanzadas fuera de la máquina por la acción del aire.

5.5.2.1 Selección del tamaño del orificio de las cribas vibratorias para granos.

La selección del tamaño del orificio utilizado es en función del grano que se requiere limpiar, este proceso involucra 3 cribas, se utilizan orificios que varíen entre ¾ de longitud hasta ¼ de longitud **(Campos & Cruz, 2015)**. Según las normas ISO o ASTM para los tamices de chapa perforada cuadrada o redonda las aperturas que se utilizan para estos granos son las siguientes:

Tabla 5.16. Tamaño de orificios de criba vibratoria para granos.

Tamaño de Poro(mm)	Tyler Standard (Mesh[3])	U.S Standard (N°)
2.36	8	8
1.7	10	12
0.3	48	50

Las cribas deben de facilitar el paso del producto a través de las mallas, se pretende que en la malla N°8 queden las principales impurezas, y en las siguientes se pueda obtener si bien no un grano completamente limpio, si se pueda retirar el 1% de impurezas en la materia prima.

La alimentación se realiza por la parte superior, la payana y la puntilla en proporciones iguales entran por medio del elevador de cangilones cae sobre la primera malla, la vibración se realiza mediante masas excéntricas en los extremos del equipo, gira de forma circular y el tamiz es de acero inoxidable, elimina pajas, elementos como piedras de tamaño superior a 1 mm, posteriormente cae en las siguientes mallas repitiendo el mismo proceso.

5.5.3 Selección del molino de martillo.

Para la selección adecuada del molino de martillos se tomó en cuenta todas las condiciones que requiere el grano, se utilizó las leyes de Rittinger y Bond como se muestran en la ecuación 4.5 y ecuación 4.6. Las constantes calculadas de Bond y Rittinger son específicas para granos quebrados de arroz, con la capacidad establecida y con los parámetros técnicos mencionados, se despejó de las ecuaciones 4.5 y 4.6

De los balances másicos del proceso productivo se conoce el flujo de alimentación del molino en kg/h:

$$\mathrm{m} = \frac{2{,}252.46\ \mathrm{kg}}{\mathrm{h}} * \frac{1\mathrm{t}}{1{,}000\ \mathrm{kg}} = 2.252\ \mathrm{t/h}$$

Para el diámetro medio de las partículas alimentadas se utilizaron las dimensiones del grano de arroz presentadas en la tabla 10.3 en el anexo A.2.

[3] Número de Mesh: Número de orificios por pulgada lineal.

El D_{pa} para un grano de arroz es 5.56 mm, pero la payana y puntilla de arroz, no son granos enteros, por lo cual el D_{pa} para payana y puntilla es de 2.78 mm y el D_{pp} para harina es 0.18 mm que es el tamaño de poro requerido en la malla N°80, ambos datos detallados se pueden ver en anexo B.2.

De acuerdo a la capacidad de producción o de alimentación del molino se realizó una previa selección de un equipo para esta etapa que consta de los siguientes parámetros técnicos.

Tabla 5.17. Parámetros técnicos del molino de martillo.

Modelo	**Velocidad del Rotor (R/min**	**Potencia (Kw)**	**Capacidad**
SFSP668*400	2,970	37	3-5ton/h

Fuente: Alibaba, 2021

Aplicando la Ley de Rittinger de la ecuación 4.5 y la ley de Bond con la ecuación 4.6, las constantes calculadas de Bond y Rittinger son específicas para granos de payana y puntilla de arroz, en el anexo B.2 se pueden observar los cálculos de dichas constantes:

Tabla 5.18. Resultados de las constantes de Bond y Rittinger.

Ley de Rittinger	$\mathbf{K_R = 3.1621 kw/mm * t}$
Ley de Bond	$K_B = 9.3494 kw/mm * t$

5.5.3.1 Frecuencia de rotación.

Para el cálculo de la frecuencia de rotación del molino se utiliza la capacidad de producción de la planta sin tomar en cuenta la cantidad de martillos que traerán integrados los molinos previamente seleccionados ya que se basa únicamente en el trabajo necesario para poder moler todos los granos y de igual forma presentar como se ajustan las ecuaciones de Bond y Rittinger; el diseño de la herramienta consiste básicamente del cálculo de sus medidas, el material que se utiliza para los martillos es AISI 01, por ser éste adecuado para herramientas de molinos. La frecuencia de rotación del molino será de 12.64 gramos por revolución, se utiliza la ecuación 4.7.

5.5.4 Selección de tamiz vibratorio para harinas.

El análisis granulométrico y propiedades físicas y funcionales en las harinas son primordiales, ya que facilita la estandarización y proceso de productos, identificar los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas **(Dussan & Hurtado, 2019).**

Para la correcta selección de las mallas de las cribas existen dos formas de realizarlo, pueden utilizarse las ecuaciones para calcular los niveles de la superficie de cribado con la ecuación 4.3 o también se pueden realizar preselecciones a nivel de banco de laboratorio tamizando las muestras tanto de harina como de granos de arroz y respaldando esta información con las normas internacionales y nacionales de calidad.

La norma NTON 03 096-11 expresa que el 95% o más deberá pasar por un tamiz de 0.85 mm, el 45% o más deberá pasar por un tamiz de 0.71 mm y el 25% deberá pasar por un tamiz de 0.210mm **(Normas Jurídicas de Nicaragua, 2012)** y en el caso de la norma salvadoreña expresa que el 75% debe pasar a través de 0.25mm de abertura de malla **(Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, 2015),** la harina de arroz contempla los siguientes tamaños de partículas:

Tabla 5.19. Tamaño del orificio de la criba vibratoria para harinas.

Tamaño de Poro(mm)	Tyler Standard (Mesh)	U.S Standard (N°)
0.3	48	50
0.18	80	80
0.16	150	140

La harina aceptable para este proceso es la harina que logre pasar el tamiz N°50 y quede en el tamiz N°80, la harina que quede en el tamiz 50° se recirculara si es necesario, por lo cual ambas normas se cumplen de acuerdo al tamaño de partícula final de la harina.

Los equipos Secundarios de producción que se utilizaran en cada etapa del proceso productivo se muestran a continuación:

5.5.5 Selección del elevador de cangilones.

Los elevadores de descarga centrifuga pueden manejar materiales que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianos tamaños. La alimentación estándar dirige el material a los cangilones y la placa curva del fondo reduce la acción de excavado. La velocidad del elevador es suficiente para descarar el material por fuerza centrífuga **(Aguirre & Wiesner, 2018).** Según la ecuación 4.8 la capacidad volumétrica indicada para el elevador es de 200 BPH. Para la serie de elevadores recomendados según el material que es arroz a medio moler se utiliza la tabla 4.5 donde se detalla las cadenas de la serie de elevadores.

A continuación, en la tabla 5.20 se muestran las especificaciones para dicha capacidad.

Tabla 5.20. Especificaciones del Elevador de cangilones de descarga centrifuga.

Especificaciones												
Capacidad	BPH	CFH	Velocidad de cadena y polea			Tamaño de Cadena		Cangilón				
								Tamaño			Espacio	
			RPM	Ft/pulg	m/sec	Pulg.	mm	Pulg.	Mm		Pulg.	mm
SB8-2	200	248	120	251	1.3	7``	178	6``x4``	160x120		$13^{1/2}$``	343

Fuente: SCAFO Diseño y selección de transportadores y elevadores de cangilones, 2019

Para la correcta selección del elevador de cangilones se tiene que tomar en cuenta el tipo de material que se transportara, ya que de acuerdo con su densidad se recomiendan diferentes series de elevadores.

5.5.5.1 Capacidad volumétrica del elevador de Cangilones de descarga centrifuga
Capacidad volumétrica en libras por hora a pie^3/hora. Para dicho cálculo se utilizó la ecuación 4.8 dando como resultado, ver anexo:

$$\mathrm{CFH} = 248\ \mathrm{CFH}$$

5.5.6 Selección de Maquina Empacadora.
Luego de la verificación del tamaño aceptable de partículas de harina de arroz, es importante empacar, sellar y etiquetar las bolsas del producto final, por esto, en bolsas de 2kg se utilizará una máquina que es específica para empacar gránulos y material en polvo como arroz, azúcar, especias en polvo, leche en polvo, etc. Será una medición, llenado y sellado automático, tendrá instalada la impresión para poner la fecha: de vencimiento, de producción y lote, también si no hay producto para empacar se detendrá automáticamente.

5.5.7 Selección de Silo de Almacenamiento de Granos.
El silo de acero de 13 toneladas de capacidad, con forma cónica, se tiene en cuenta el espacio donde será ubicado, es específico para almacenamiento de granos, en diseño de silos se recomienda galvanizar el silo para mejorar el control de corrosión. Las medidas necesarias del silo se muestran a continuación:

Tabla 5.21. Diámetro y altura del silo de almacenamiento de granos.

Diámetro	**1.77m**
Altura	3.54m

5.6 Análisis de Costos para el proceso de producción de Harina.

Los diferentes análisis y estimaciones de costos se presentarán de manera precisa y clara en esta parte del proyecto, una vez que se realice la selección de la maquinaria adecuada para el proceso de producción de la harina de arroz, con su debido requerimiento energético.

5.6.1 Equipos nacionales.

Se realizaron cotizaciones en Sabina Ingeniería, Nicaragua, para los equipos nacionales, a estos se les aplico el 15% de IVA al precio unitario de estos.

5.6.2 Equipos internacionales.

Se realizaron cotizaciones en Alibaba para la compra de los equipos internacionales, al precio unitario de estos se les aplica el 10% de fletes.

5.6.3 Capital de inversión.

Para la estimación del capital de inversión se dividió en dos grupos, costos directos e indirectos, tal como se muestra en la tabla 4.8 se realizaron cotizaciones de los equipos de proceso tanto en empresas nacionales, como internacionales. Para los equipos nacionales a como se mencionaba anteriormente se le aplicara el IVA (15%) y para los equipos internacionales se les aplicara fletes (10%). Se tomó en cuenta la instalación e instrumentación de la maquinaria, así como el sistema eléctrico, tuberías, contingencias, ingeniería y supervisión, etc. En la tabla 4.6 se muestra los diferentes porcentajes de inversión de capital fijo para los diferentes tipos de plantas que hay en la industria, debido a que el tipo de planta que se está diseñando es de sólidos se utilizaran los porcentajes presentados para este tipo de planta de proceso.

5.6.4 Materia prima, insumos y empaques.

El costo de materia prima se desprecia ya que el mismo trillo lo proporciona, de igual forma el costo de laboratorio de calidad se omiten ya que la empresa cuenta con los equipos necesarios para realizar los análisis pertinentes; por esta razón solo se tomaron en consideración las bolsas y cajas con su precio unitario y la producción anual de cada uno de estos para determinar su costo total. A como se muestra en la tabla 10.26 en el anexo C.2.

5.6.5 Mano de obra.

Los costos de mano de obra son los gastos que generan los salarios del personal del área de producción y fueron retomados del ministerio de trabajo, al salario anual bruto se le aplico las deducciones del Instituto Nicaragüense de Seguridad Social según las nuevas reformas aprobadas del sistema de seguridad social **(Normas Juridicas de Nicaragua, 2019)**, la cuota patronal para empleadores se muestra a continuación:

Tabla 5.22. Cuota patronal para empleadores (INSS).

Reformas aprobadas del sistema de seguridad social	
Menos de 50 trabajadores	21.5%

Las deducciones del INATEC es del 2% sobre el monto total de las planillas de los sueldos brutos o fijos a cargo de todos los empleadores de la República, de conformidad con los artículos 24, incisos a) y b), 25, 26, 27 y 30 de la Ley Orgánica del Instituto Nacional Tecnológico **(Normas Juridicas de Nicaragua , 1995)**. El treceavo mes es un pago único por año.

5.6.6 Utilidades.

En el caso de esta planta los costos de utilidades que se tomaron en cuenta son los eléctricos y la gasolina. La parte eléctrica abarca los kW requeridos por cada uno de los equipos del proceso, Según el instituto nicaragüense de energía con las nuevas reformas que entraron en vigencia en enero de este año el costo de energía para el consumidor industrial menor que necesite energía que oscila entre 25 y 200 kw y se le aplica una tarifa sin medición horaria estacional, entonces esta empresa cotiza los precios como T-4D costando la energía 5.0330(C$/KWh) siendo así 0.14 (USD$/Kwh), ver anexo C3 ,los requerimientos de energía eléctrica de la línea de harina se muestran en la tabla 10.24 en el Anexo B7, y la tabla media de tensión se encuentra en la tabla 10.27 en el Anexo C.3. Con los datos mostrados en el anexo B.7 se determinó el consumo de energía al año (kW-h/año) de todos los equipos que necesitan de esta.

Para el consumo de gasolina se tomó en cuenta los equipos que requieren de esto y se les aplicó su valor unitario según el gasto de los litros por hora, el tipo de modelo del montacargas consume 6 litros de diésel por hora. El costo unitario de la gasolina por litro es de 0.845 US$/l. Los cálculos de los costos de utilidades se muestran en la tabla 10.28 anexo C.4 obteniendo de esta forma el costo total de los l*h/año.

5.6.7 Depreciación.

En el cálculo de la depreciación de los equipos se hizo uso del método de línea recta que este dado por la ecuación 4.13. para los primeros 5 años del proyecto con un 10% de depreciación **(Normas Juridicas de Nicaragua, 1999)**. A como se muestran en la tabla 10.29 en el anexo C.5.

5.6.8 Costos de manufactura.

Para los costos totales de manufactura se tomaron en consideración todos los costos anteriormente calculados. El sistema tributario de Nicaragua establece que una empresa que tiene ganancias anuales por un millón de córdobas deberá pagar el 30% a cuenta del IR y el seguro con un porcentaje de 1% **(Timmerhaus & Peters, 1991).**

VI. RESULTADOS

En la presente investigación se realizó el diseño de la línea de producción para la elaboración de harina de arroz, obteniéndose los siguientes resultados.

6.1 Caracterización de la materia prima y la harina

6.1.1 Parámetros de calidad del arroz.

En el siguiente cuadro se muestran las diferentes pruebas que se realizaron al grano de arroz, para asegurar su calidad. En la tabla 10.5 del anexo A.4 está el cuadro detallado de todos los análisis que le realizan a 200gr de arroz de uno de los silos de la empresa.

Tabla 6.1. Parámetros de Calidad del arroz.

Parámetros de Calidad del arroz	
Pruebas	Evaluación a 200 g de payana y puntilla
Humedad	12.77
Temperatura	26.6 ºC
Tamaño de partícula:	
Payana	¾
Puntilla	Menos de ¾
Porcentaje de impurezas	2.5 %
% de Calidad de Payana	19.65 %
% de Calidad de puntilla	6.75 %

Figura 6.1. Mezcla de arroz payana y puntilla

6.1.2 Parámetros de calidad de la harina de arroz.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de arroz, en el Anexo A.9 y A.10 se pueden ver a detalle los análisis de humedad y ceniza.

Tabla 6.2. Parámetros de calidad de la Harina de arroz para payana y puntilla.

Parámetros de calidad del producto final	
Pruebas	Evaluación a 200 g de payana y puntilla
Humedad	12.5%
Ceniza	1.38%
Granulometría	0.18 mm
Color	Blanco
Olor	Característico del producto
Consistencia	Polvo fino

Figura 6.2. Harina de arroz de payana y puntilla

6.2 Comparación del producto terminado con las normas establecidas.

Los parámetros que se analizaron de la harina de arroz a nivel de banco de laboratorio fueron humedad, ceniza, granulometría, color, olor y consistencia, por lo cual se ajustaban a la Norma Nicaragüense para la sémola de maíz sin germen NTON 03096-11 y la Norma del Codex 152-1985 para harina de trigo:

Tabla 6.3. Comparación de normas CODEX de harina de arroz, harina de maíz sin germen y harina de trigo.

Factor/ Descripción	Norma Codex Stan 152-1985 para harina de Trigo	Norma NTON 03096-11 Harina de maíz sin germen	Harina de arroz de la mezcla de payana y puntilla
Ceniza	Máx: 1,0%	Máx: 1,0% referido al peso en seco	1.38 %
Humedad	15,5% máx.	Reglamento sanitario de los alimentos Máx 15.5% m/m	12.5%
Granulometría	El 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (N°70) 212 micras.	El 95% o más deberá pasar por un tamiz de 0.85mm, el 95% o más deberá pasar por un tamiz de 0.71mm y el 25% o menos deberá pasar por un tamiz de 0.210mm	El 100% la harina que se empaca debe quedar retenida en el tamiz con 0.18mm.

Como se puede observar en la tabla 6.3 las especificaciones de la harina de arroz satisfacen las normas establecidas para el consumo humano de estos productos.

6.3 Selección y parámetros de la maquinaria para el proceso de elaboración de harina de arroz.

Para la correcta selección de equipos y maquinaria para el proceso de producción de harina se realizaron cotizaciones a nivel nacional e internacional, a continuación, se presentan los equipos principales del proceso y en anexo B.6 se encuentran la selección de proveedores de estas mismas, para la capacidad de cada equipo se estableció un 120% de acuerdo a los balances másicos.

6.3.1 Selección de Elevador de cangilones tipo Z con tolva de alimentación.

Pueden manejar materiales que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianas. Tiene una forma modular para su uso en un área limitada. Es adecuado para el cambio de estructura. Se puede proporcionar un transporte de alta eficiencia a través de un bajo consumo de energía.

Elevador de cangilones tipo Z con tolva de alimentación

Tipo	Cinta transportadora de cangilones	**Voltaje:**	380-220V
Garantía	1 año	Energía	0.75-22kW
Modelo	CHWQ21	Dimensiones	3*0.4*3.93 m
Capacidad	3 toneladas	Marca	Changhong
Color/Material	Acero Inoxidable	Proveedor	Extranjero- Alibaba

Figura 6.3. Elevador de cangilones tipo Z con tolva de alimentación.

6.3.2 Selección del silo cónico para grano.

Este silo es una estructura diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel; son parte integrante del ciclo de acopio de la agricultura. Los más habituales tienen forma cilíndrica, asemejándose a una torre, construida de madera, hormigón armado o metal **(Alibaba, 2020).**

Silo Cónico para grano

Tipo	**Cónico**	**Diámetro**	**2750 mm**
Color/Material	Blanco o gris/ Acero	Energía	1.5 kW
Condición	Nuevo	Modelo	1830-1
Aplicación	Almacenar granos	Altura (m)	3.93
Capacidad	20 toneladas	Proveedor	Extranjero- Alibaba

Figura 6.4. Silo cónico para grano

6.3.3 Selección del elevador de cangilones.

Esta máquina de transporte puede manejar materiales que fluyen libremente con tamaño de partículas de pequeñas a medianas. La alimentación estándar dirige el material a los cangilones y la placa curva del fondo reduce la acción de excavado. La velocidad del elevador es suficiente para descarar el material por fuerza centrífuga. Se pueden instalar varios tipos de transmisión y fabricarse en diversos materiales **(Aguirre & Wiesner, 2018).**

Elevador de Cangilones

Tipo	**Circular**	**Potencia**	**37/45kw**
Componentes principales	Motor, rodamiento y equipo.	Modelo	C64-102
Aplicación	Transportar granos	Dimensiones (ancho*alto)	0.533*3 m
Capacidad	280 pie^3/h	Espacio	52 pulg
Color/Material	Acero inoxidable	Garantía	1 año
Proveedor	Nacional- Sabina ingeniería.		

Figura 6.5. Elevador de cangilones

6.3.4 Selección del equipo cribado de granos.

Esta máquina es ideal para realizar procesos de separaciones granulométricas en todos los rangos y es de fácil manejo y bajo mantenimiento, fabricada en acero inoxidable y está dotada de un motor con masas excéntricas que generan movimiento facilitando al máximo el tamizado del producto. El fondo dispone de una salida lateral por donde se descarga el producto obtenido. En caso de escoger tamices con salida, el proceso de tamizado se automatiza: a medida que el producto va entrando, también va saliendo por las bocas **(Alibaba, 2021).**

Equipo de cribado de granos			
Tipo	**Circular**	**Uso:**	**Productos químicos/alimenticios**
Lugar de Origen	Henan, China	Potencia	2kw
Certificación	CE/ISO/BV	Dimensiones	1350*1200*1200
Capacidad	2.84 ton/h	Mallas	U.S Estándar(N°):8, 12, 50.
Color/Material	Gris/Acero Inoxidable	Garantía	1 año
Peso	750kg	Proveedor	Nacional- Sabina ingeniería

Figura 6.6. Equipo de cribado de granos

6.3.5 Selección del equipo de limpieza.

Para garantizar un producto de calidad se tiene que hacer una limpieza profunda a la payana y puntilla, ya que esta viene con muchas materias extrañas. Tomando en cuenta esto se seleccionó una limpiadora que garantizara la inocuidad del producto, esto con el fin de evitar problemas en el proceso y en el producto final, tales como encontrar una cantidad indeseada de materia extraña **(Alibaba, 2021).**

Equipo de limpieza

Tipo	**Limpiador de aire para granos**	**Potencia:**	**5kw**
Peso	1200kg	Dimensiones	3750*1650*2750
Aplicación	Limpieza profunda de granos	Certificación	CE/ISO9001/BV/SONCAP TUV/SGS
Capacidad	2.70 ton/hora	Garantía	1 año
Color/Material	Blanco/Soporte azul	Proveedor	Extranjero- Alibaba

Figura 6.7. Equipo de limpieza

6.3.6 Selección de banda transportadora para granos.

Las bandas transportadoras para granos trasladan el material de forma horizontal con un trato suave sin dañarlo, La cinta transportadora de granos es más barata a comparación de otros métodos a partir de cierta capacidad, son equipos de larga vida útil de hasta 30 años y tienen un bajo costo de mantenimiento según su aplicación en planta.

Banda transportadora para granos			
Tipo	**Transportador vertical**	**Voltaje**	**220/380V**
Certificación	ISO90001:2008	Energía	0.3-1.5 kW
Marca	Plast link	Longitud	1m
Capacidad de carga	200 kg	Garantía	1 año
Color/Material	Acero inoxidable	Proveedor	Nacional- Sabina ingeniería

Figura 6.8. Banda transportadora para granos.

6.3.7 Selección del equipo de molienda.

El molino de martillos es la máquina destinada para quebrar los granos, este molino es de impacto o percusión, tienen la ventaja de ser capaz de procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, simplemente cambiando la pantalla de salida **(Bermeo, 2014).**

Molino de martillos

Tipo	**Circular**	**Potencia:**	**37kw**
Dimensiones	1350*1100*2500 mm	Modelo	SFSP668*400
Aplicación	Trituradora de arroz	Peso	540kg
Capacidad	2.64 ton/hora	Certificación	CE/ISO/BV
Garantía	1 año	Velocidad del Rotor (R/min)	2970
Color/Material	Blanco y verde claro	Proveedor	Nacional- Sabina ingeniería

Figura 6.9. Molino de martillos.

6.3.8 Selección de banda transportadora de tornillo tubular con tolva.

La banda tubular se seleccionó para evitar problemas como el derrame de materiales o limitaciones relacionadas con la inclinación del transportador y diseño de curvas, etc. Las bandas tubulares también manejan el transporte de materiales difíciles como polvos y materiales similares a líquidos **(Alibaba, 2021).**

Banda transportadora de tornillo tubular con tolva			
Tipo	**Cinta Transportadora de Cangil/Transportador vertical.**	**Voltaje**	**380V**
Ancho o diámetro	800 mm	Energía	2.2 kW
Capacidad	4 m^3/h	Estructura	Tornillo/cinta transportadora
Color/Material	Acero Inoxidable	Garantía	2 años
Proveedor	Extranjero- Alibaba		

Figura 6.10. Banda transportadora de tornillo tubular con tolva.

6.3.9 Selección del equipo de tamizado de harinas.

Esta máquina está especialmente adaptada para corregir la harina antes de envasarla. se utilizan para garantizar la calidad de producto en polvo. Estas tamizadoras vibratorias están diseñadas para proporcionarle un nivel de capacidad muy elevado y garantizan el mantenimiento de la capacidad de producción de su proceso a la vez que hacen que sus costes de mantenimiento sean mínimos **(Alibaba, 2021).**

Equipo para tamizar harinas

Tipo	**Circular**	**Potencia:**	**2kw**
Peso	750kg	Dimensiones	1350*1200*1200
Garantía	1 año	Certificación	CE/ISO/BV
Capacidad	2.62 t/h	Mallas	U.S Estándar(N°): 50, 80,140
Color/Material	Gris/Acero Inoxidable	Proveedor	Nacional-Sabina ingeniería

Figura 6.11. Equipo para tamizar harinas.

6.3.10 Selección del equipo de empacado.

La máquina empacadora es multifuncional rellena, envuelve, empaca y sella. Cuenta con una capacidad de 3 ton/h, en donde se empaca la presentación de 2kg de harina de arroz en bolsas abre fácil, en los balances de materia se puede observar la cantidad de bolsas que se requieren **(Alibaba, 2021).**

Equipo de empacado

Tipo	Máquina de embalaje multifunción	**Potencia**	2.5kw
Peso	750kg	Dimensiones	1480*1200*1600
Aplicación	Rellena, envuelve, etiqueta, sella.	Certificación	CE/ISO
Capacidad	3 ton/hora	Tipo de empaques	Bolsas, Latas, Ziplock.
Color/Material	Gris/Acero Inoxidable	Proveedor	Extranjero- Alibaba

Figura 6.12. Equipo de empacado

6.3.11 Cotización de los equipos auxiliares.

6.3.11.1 Cotización de bolsas de empaque.

Al ser el mismo trillo el proveedor de la materia prima principal las cotizaciones de transporte, proveedores, etc., queda reducido al empaque del producto que se obtiene de todo este proceso, por lo cual se realizaron diferentes cotizaciones a nivel nacional e internacional de los siguientes insumos.

Bolsas de Empaque

Tipo	**Bolsas Zipper**	**Uso:**	**Productos alimenticios**
Lugar de Origen	Hebei, China	Numero de modelo	T-food
Condición	Nuevo	Peso por bolsa	2kg
Marca	Guokun	Tipo de bolsa	Bolsa retráctil
Sellado y mango	Termosellado	Características	A prueba de humedad
Aplicación	Empaque de harinas	Bolsas para el mes	210,000 unidades
Color/Material	Transparente/ Plástico	Personalización	Logo, paquete y gráficos
Tipo de plástico	PE	Pedido mínimo	5,000 bolsas

Figura 6.13. Bolsas de empaque.

6.3.11.2 Cotizaciones de las cajas de cartón.

Las cajas de cartón en este proceso tienen como objetivo guardar las bolsas de empaque ya con el producto final.

Cajas de Cartón

Tipo	Cajas	Uso:	Comida, empaque.
Lugar de Origen	Fuijan	Precio por Unidad	C$ 6.64 x más de 5000 cajas de pedido.
Condición	Nuevo	Peso por bolsa	2kg
Aplicación	Empaque de productos	Cajas para el mes	4200,
Color/Material	Café/Cartón	Dimensiones	25*18*30cm
Tipo	Reciclable	Pedido mínimo	500 cajas

Figura 6.14. Caja de cartón.

6.3.11.3 Cotización de montacarga.

Los montacargas son equipos que nos facilitan levantar, bajar, y mover cargas con muy poco, o sin ningún tipo de esfuerzo manual.

Montacargas			
Tipo	**Montacargas/ carretilla elevadora**	**Uso:**	**Transporte de cajas**
Lugar de Origen	Fujian, China	Altura del elevador	3000 mm
Condición	Nuevo	Energía	0.4-0.2 kW
Fuente de energía	Motor diésel	Centro de carga	500 mm
Marca	LTMG	Longitud de la Bifurcación	1070 mm
Color/Material	Personalizado	Garantía	1 año
Certificación	CE/ISO9001	Nombre	Máquina de manejo de materiales

Figura 6.15. Montacargas.

6.3.12 Selección de banda transportadora.

Las bandas transportadoras son un sistema de transporte continúo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores. Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor, estas bandas se utilizan mucho en la industria de alimentos **(Alibaba, 2021).**

Banda transportadora			
Tipo	**Cinta transportadora**	**Voltaje**	**220/380V**
Certificación	ISO90001	Energía	0.4-0.2 kW
Color	Azul	Dimensiones de cinta (l*a*h)	6000mm*420mm*750 mm
Capacidad	200 kg/m	Ancho útil de la correa	30mm
Material	PVC/PU	Garantía	1 año
Proveedor	Nacional-Sabina ingeniería		

Figura 6.16. Banda transportadora.

6.4 Estimación de costos.

La inversión inicial que se debe realizar en el proyecto abarca la compra de todos los costos directos e indirectos.

Las estimaciones de costos de las actividades se tomaron en cuenta como evaluaciones cuantitativas de los costos probables que se requieren para completar el trabajo del proyecto.

6.4.1 Equipos nacionales.

Tabla 6.4. Costo de equipos nacionales.

Equipos	Cantidad	Precio unitario (US$)	Precio subtotal (US$)	IVA 15% (US$)	Costo total (US$)
Compra nacional					
Equipo de tamizado de granos	1	16,700.00	16,700.00	2,505.00	19,205.00
Equipo de molienda	1	6,400.00	6,400.00	960.00	7,360.00
Elevador de cangilones	1	3,400.00	3,400.00	510.00	3,910.00
Banda transportadora	1	3,800.00	3,800.00	570.00	4,370.00
Banda transportadora para granos	2	3,800.00	7,600.00	1,140.00	8,740.00
Equipo para tamizar harinas	1	16,700.00	16,700.00	2,505.00	19,205.00
Montacargas	1	7,897.00	7,897.00	1,184.55	9,081.55
				Total	**71,871.55**

En la tabla 6.4 se muestran los 8 equipos cotizados a nivel nacional en Sabina Ingeniería, a los cuales se les aplicó el 15% de IVA a su precio unitario para obtener el costo total de estos que es de US$ 71,871.55.

6.4.2 Equipos Internacionales.

Tabla 6.5. Costo de equipos internacionales.

Compra internacional	Cantidad	Precio unitario (US$)	Precio subtotal (US$)	Fletes 10% (US$)	Costo total (US$)
Equipo de empacado	1	11,565.00	11,565.00	1,156.50	12,721.50
Equipo de limpieza	1	3,500.00	3,500.00	350.00	3,850.00
Silo cónico para granos	1	2,000.00	2,000.00	200.00	2,200.00
Banda transportadora tubular con tolva	2	590.00	1,180.00	118.00	1,298.00
Elevador de cangilones tipo Z con tolva	1	1,000.00	1,000.00	100.00	1,100.00
				Total	**21,169.50**

En la tabla 6.5 se muestran los 5 equipos cotizados a nivel internacional en Alibaba, a los cuales se les aplico el 10% de fletes a su precio unitario, para obtener el costo total de estos que es de US$ 20,520.50.

6.4.3 Capital de inversión.

6.4.3.1 Costos directos e indirectos.

Tabla 6.6. Costos directos.

Subtotal de costo de equipos		**93,041.05**
COSTOS DIRECTOS	% del costo para planta de proceso de sólidos	Valor calculado con él % ($)
Instalación del equipo comprado	0.45	41,868.47
Instrumentación y controles (instalado)	0.18	16,747.39
Tuberías (instalado)	0.16	14,886.57
Sistema eléctrico (Instalado)	0.1	9,304.11
Edificio (incluyendo servicios)	0.25	23,260.26
Mejoras en el terreno	0.15	13,956.16
instalaciones de servicios (instalado)	0.4	37,216.42
Total, de los costos directos	1.69	**250,280.42**

Tabla 6.7. Costo de indirectos.

Ingeniería y supervisión	**0.33**	**30,703.55**
Gastos de construcción	0.39	36,286.01
Gastos legales	0.04	3,721.64
Tarifa de contratista	0.17	15,816.98
Contingencias	0.35	32,564.37
Total, de costos indirectos	1.28	**119,092.54**

En las tablas 6.6 y 6.7 se muestran a detalle los costos directos e indirectos, los cuales dan como resultado un total de US$ 250,280.42 y US$ 119,092.54 respectivamente.

6.4.3.2 Capital de inversión.

Tabla 6.8. Capital de inversión.

	Inversión de capital fijo (IC)	**369,372.97**
Capital de trabajo (CT) % del costo para planta de proceso de sólidos.	0.7	**65,128.74**
	Total, de capital de inversión (CI)	**434,501.70**

En la tabla 6.8 se muestra el total del capital de inversión que es de US$ 434,501.70.

6.4.4 Costos de materia prima, insumos y empaque.
Los costos de materia prima, insumos y empaque da un total de US$ 124,530.88, los detalles del cálculo se muestran en la tabla 10.28 en el anexo C4.

6.4.5 Costos de utilidades.
Los costos de utilidades son de US$ 38,395.07, a como se muestra en la tabla 10.26 en el anexo C.2.

6.4.6 Depreciación.
La depreciación de los equipos es de US$ 9,304.11. A como se muestran en la tabla 10.29 en el anexo C.5. Donde se detalla el desgaste que ese activo tendrá en los primeros años de vida del proyecto.

6.4.7 Costos de mano de obra
El costo total de mano de obra es de US$ 12,236.36. Los salarios establecidos para los diferentes cargos, las deducciones de INATEC y el treceavo mes, se detallan en la tabla 10.25 del anexo C.1.

6.4.8 Costos de manufactura.

Tabla 6.9. Costo de equipos extranjeros.

Artículos	Factor de defecto	Costo de los fundamentos ($/año)	Costos ($/año)
Materia prima, insumos y empaque			**124,530.88**
Trabajo de operación			**12,236.36**
Supervisión de operación	0.15	**12,236.36**	1835.454
Utilidades			**38,395.07**
Mantenimiento y reparaciones	0.06	**434,501.70**	26,070.10
Suministros de operación	0.15	**26,070.10**	3,910.52
		Costo variable	**82,447.50**
Impuestos (propiedad)	0.30	434,501.70	130,350.51
Seguro	0.01	434,501.70	4,345.02
Depreciación		9,304.11	9,304.11
		Cargos fijos	**143,999.63**
Planta aérea, general	0.6	40141.9162	24085.14973
		Planta aérea	**24,085.15**
		Costos de manufactura	**250,532.29**

En la tabla 6.9 se muestra el costo total de manufactura para la línea de producción de harina de arroz de payana y puntilla, que es de US$ 250,532.29

VII. CONCLUSIONES

En la validación del proceso de obtención de harina de arroz, se lograron realizar los laboratorios pertinentes para la determinación de su humedad, ceniza y granulometría.

De acuerdo con la comparación que se realizó con las normas para harina de trigo (Codex Stan 152-1985) y harina de maíz (NTON 03096-11) se comprueba que los diferentes criterios que están estipulados esta harina los cumple, la mayor diferencia que existe entre estas harinas es que la de arroz no contiene gluten.

En base a los resultados obtenidos de los laboratorios realizados se demuestra que el color que se obtiene al realizar una limpieza óptima hace posible que al compararla con la harina comercial Jinca foods, las diferencias sean imperceptibles y lo único que varíe sea el tipo de arroz que se utiliza para la elaboración de las mismas. De igual forma se concluye que se obtuvieron resultados satisfactorios en la granulometría de la harina de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas para este tipo de producto

La selección de los equipos cumple satisfactoriamente con los resultados de los balances de materia, tomando en cuenta las capacidades y parámetros técnicos requeridos para cada uno de los equipos seleccionados, los cuales fueron 12. Mediante los balances masicos realizados se obtuvo una capacidad de producción de 17,482.73 kg/día. Y se determinó que hay proveedores tanto nacionales como internacionales, tal como la empresa Nicaragüense Sabina ingeniería y empresas asiáticas.

En la estimación de costos de manufactura, se alcanzó detallar los costos de cada uno de los equipos, así como los costos de utilidades, depreciación de los equipos, materiales y mano de obra. Llegando a la conclusión que el monto de capital de inversión es de US$368,652.14 y el monto total de los costos de manufactura es de US$ 218,502.97.

Por tanto, el presente trabajo monográfico cumple satisfactoriamente con cada uno de los objetivos establecidos, donde su principal finalidad era diseñar la línea de producción de harina de arroz en base a la capacidad de producción del trillo Las Banderas.

VIII. RECOMENDACIONES

El presente trabajo es un diseño de una línea de producción de harina de arroz a partir de payana y puntilla, por lo tanto, se recomienda:

- Realizar un estudio de prefactibilidad, para determinar la viabilidad económica, financiera del proyecto. Que incluya el impacto medio ambiental de dicho proyecto.

- Realizar un análisis de Gelatinificacion, para ver el comportamiento de los gránulos de almidón de arroz y su relación con la vida de anaquel de los productos elaborados a partir de esta harina.

- Realizar una validación de los posibles usos de esta harina en productos alimenticios, por ejemplo, productos de panificación mediante una relación entre harina de trigo y harina de arroz.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, J., & Wiesner, I. (2018). *Diseño de un Elevador de Cangilones para un Sistema de Recirculación con capacidad de 50ton/día.* Guayaquil.

Alibaba. (2020). *Cotización de Silo Cónico para el almacenamiento de granos de gran capacidad*. Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/sqbi

Alibaba. (2021). *Cotización de bolsas de plástico con cierre de cremallera de grado alimenticio, transparentes, impresas*. Recuperado el 05 de Abril de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/yrjvm

Alibaba. (2021). *Cotización de cinta transportadora de productos.* Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/1emq5

Alibaba. (2021). *Cotización de Limpiador de semillas y granos*. Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/x0n5j

Alibaba. (2021). *Cotización de máquina de molienda de cereales de grano, molino de martillo*. Recuperado el 24 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/a65f7

Alibaba. (2021). *Cotización de maquina empacadora en Ziplock-Bolsa de, leche de semillas, té, latte, moringa leaf en polvo*. Obtenido de Alibaba: https://n9.cl/q89w

Alibaba. (2021). *Cotización de Tamiz de pantalla con vibrador para la industria de productos químicos y alimentacios*. Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/0xalv

Alibaba. (2021). *Cotización de Transportador de cinta de goma con tolva.* Recuperado el 24 de Febrero de 2021, de Alibaba: https://n9.cl/licp0

Alibaba. (2021). *Cotización de un transportador de tornillo tubular con tolva*. Obtenido de Alibaba: https://n9.cl/o44bf

Álvarez, C. F. (20 de Noviembre de 2019). Nicaragua: Esta es la Estrategia Nacional de Producción de Arroz 2019-2023. *19 Digital*. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de https://n9.cl/bikt

Alvarez, H. (2013). *Balance de Materia y Energía. Formulación, solución y usos en Procesos Industriales.* Medellín: Editorial ArtBox Medellín.

Baca, L. (15 de Octubre de 2018). Producción de Arroz sigue ilesa pese a los efectos de la crisis. *Diario La Prensa*, pág. 10. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de https://n9.cl/7o1xn

Banco Central de Nicaragua. (2018). *Plan de Producción, Consumo y Comercio. Ciclo 2018-2019.* Managua.

Bejarano, W. (2019). Estamos produciendo aproximadamente el 70% del consumo nacional de arroz. *Bolsa Agroindustrial Upanic S.A.* Recuperado el 08 de Agosto de 2020, de https://n9.cl/7o1xn

Bermeo, D. (2014). *Diseño y Contrucción de un Molino de martillos triturador de granos para granjas avícolas.* Latacunga. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de https://n9.cl/c7ygq

Betanco, E. (10 de Julio de 2017). La agroindustria requiere más apoyo. *La prensa*. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de https://www.laprensa.com.ni/2017/07/10/opinion/2259579-la-agroindustria-requiere-mas-apoyo

Borja, F. O. (2015). *Harina de arroz y la Elaboración de pan con levadura natural.* (Tesis de Pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Brennan, J., Butters, & Cowell. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos.* Zaragoza: ACRIBIA S.A.

Buhler Group. (Marzo de 2019). *La tamizadora vibratoria MKZH, eficiencia y caracteristicas.* Obtenido de Buhler Web Site: https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/vibro_sieving_machine.html

Burler Group. (Marzo de 2019). *Vega MTVA. Limpiadoras de Granos.* Obtenido de Burler Group Web Site : https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/products/vega_grain_classifier.html

Campos, S., & Cruz, C. J. (2015). *Aplicación de control estadístico de la calidad en el proceso de pulido del arroz y la incidenica en su rendimiento en la empresa AGRICORP de Octubre-Diciembre 2014.* Managua. Obtenido de https://repositorio.unan.edu.ni/6618/1/53150.pdf

Castellón, M., & Torres, L. (2010). *Diseño tecnológico de una planta procesadora de harina a partir del pipián.* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Managua.

Castillo, A., & Dávila, F. (2012). *Agroindustria alimentaria: Lácteos, cacao, frutas y Hortalizas en las ciudades de Estelí, Matagalpa y Jinotega, 2009-2010.* Estelí .

Cerna, A., Martínez, A., & Montoya, S. (2005). *Estudio sobre la incidencia de la extracción de semolina en el rendimiento del arroz oro en la etapa de pulido.* León. Obtenido de https://n9.cl/hdx56

Cerna, J., Medina, C., & Meza, D. (2014). *Equipos e Instalación de una Planta Procesadora de Trigo.* Recuperado el 22 de Enero de 2021, de https://es.slideshare.net/JENSCER/equipo-e-instalaciones-de-una-planta-de-procesamiento-de-trigo

Chinduamba, A. (2019). *Dimensionamiento de una Criba Vibratoria paea una Planta Productiva.* Moa.

Codex Alimentarius Commission. (1995). *Normas del Codex para el Arroz. CODEX STAN 198-1995 .*

Comaq. (Noviembre de 2020). *Empacadora Automática para Polvos.* Obtenido de Comaq Web Site: http://www.comaq.co/store/EMPACADORAS-AUTOMATICAS/EMPACADORA-AUTOMATICA-PARA-POLVOS/20

Dussan, S., & Hurtado, D. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *SCIELO*. Obtenido de https://n9.cl/zparm

Embalajes Terra. (2020). *Bolsas de polipropileno, diferentes tipos y aplcaciones en la industria.* Recuperado el 02 de Abril de 2021, de https://www.embalajesterra.com/blog/bolsas-de-polipropileno/

ESDESIGN. (27 de Diciembre de 2019). *El diseño conceptual y sus aplicaciones en el mundo actual.* Obtenido de Escuela Superior de Diseño de Barcelona: https://www.esdesignbarcelona.com/int/expertos-diseno/el-diseno-conceptual-y-sus-aplicaciones-en-el-mundo-actual

Espinoza, W. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revistas Multi-Ensayos Nicaragua*. Recuperado el 22 de Julio de 2020, de https://www.revistasnicaragua.net.ni/index.php/multiensayos/article/view/4785/4738

Florez, E., Cardona, N., & Clavijo, C. (2014). *Diseño de un molino de martillos para la prducción de pegamento ceramico.* Ocaña. Recuperado el 15 de febrero de 2021, de https://core.ac.uk/download/pdf/322563854.pdf

Frederick, K. (2000). *World Encyclopaedia of Food, Volume I, Animal, Marine and Vegetable Oils.* Cambridge, England.

Guerrero, D. (2015). *Estimación de Costos.* Piura.

Harinas Climent S.L. (2020). *Propiedades y Aplicaciones de la Harina de Arroz.* Obtenido de Harina de Arroz Climent: https://n9.cl/vvu6

Hernández, L., & Rugama, I. (2014). *“Diseño del proceso productivo de Harina de papa a nivel de laboratorio, para las cooperativas Multisectorial El Triunfo, R.L y Cooperativa Agropecuaria de Crédito y Servicios Productores de Papa del Norte,*

R.L (PROPAN) en la comunidad la Laguna. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería , Estelí.

Herrera, A. R., & Dávila, L. P. (2019). *Estudio de Factibilidad para Instalar una Planta de Producción de Harina de Arroz en la Ciudad de Arequipa 2018.* Arequipa, Perú.

Illescas, M. J., Illescas, M. A., & Gutiérrez, J. C. (2017). *Estudio de pre-factibilidad para la creación de una empresa productora de harina de arroz en la ciudad de Estelí, en el período 2017 al 2022.* Estelí, Nicaragua.

Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria. (Enero de 2007). La producción y el comercio internacional de arroz. *IDEAS/Observatorio de Corporaciones Transnacionales*. Recuperado el 13 de Enero de 2021, de https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71I56p.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. (2018). *Cadena de Comercialización de Arroz.* Managua. Obtenido de http://www.renida.net.ni/renida/iica/e70-s111b.pdf

Instituto Nacional de Promoción de la Competencia . (2015). *Resolución Administrativa de Molinos Modernos .*

Instituto Nacional del Consumidor. (2000). *NMX-F-160-1982. Alimentos para humanos, Harina de Arroz. Normas Mexicanas.* Mexico.

Instituto Nicaragaüense de Energía. (2021). *Tarifas Actualizadas de los precios de Media Tensión.* Managua. Recuperado el 5 de Abril de 2021, de https://www.ine.gob.ni/DGE/tarifasdge/2021/01/media_tension_3_enero21.pdf

Jiménez, A. (2003). *Diseño de Procesos de Ingeniería Química.* Guanajuato : Editorial Reverté, S.A.

Loubes, M. A. (2015). *Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten.* Tesis doctoral , Universidad de Buenos Aires , Buenos Aires. Recuperado el 21 de Marzo de 2021, de: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5660_Loubes.pdf

Loyo, S. (2015). *Procesos Quimicos, Tipos.* Recuperado el 09 de Agosto de 2020, de https://es.slideshare.net/samialej/procesos-qumicos

Martin Sprocket & Gear, Inc. (2013). Catalogo General de Productos de Martin Sprocket & Gear. Elevador de Cangilones. D.F México.

Martin Sprocket Inc. (2013). *Catalogo General de Productos. Manejos de Materiales.* México, DF. Obtenido de https://issuu.com/msg-mexico/docs/cat4000-h/124

Martínez, J. A. (2018). *Elaboración artesanal de una harina a base de banano (Musa Cavendish) y arroz.* Tesis de Pregrado , Universidad Rafael Landívar , Guatemala. Recuperado el 19 de Febrero de 2021, de http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrcd/2018/09/15/Martinez-Jhoseline.pdf

McCabe, W., Smith, J., & Peter, H. (2007). *Operaciones unitarias en Ingeniería Quimica* (Séptima ed.). Mexico: McGraw HIll.

Metrología e Ingeniería de Pesaje Industrial S.L. (2019). *Básculas de Pesaje Industrial, tipos de básculas y capacidades.* Recuperado el 22 de Enero de 2021, de https://n9.cl/3b4g1

Mojica, J. C. (2015). *Diagnóstico Financiero de la Empresa de Corporación Agrícola, S.A "AGRICORP" en el período 2012, 2013 y 2014.* Managua. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de http://repositorio.uca.edu.ni/3108/1/UCANI4040.pdf

Nagles, J. (Diciembre de 2009). *Diseño de una maquina prelimipadora de laboratorio de arroz paddy.* Pereira.

Normas Juridicas de Nicaragua . (11 de Mayo de 1995). *Reglamento del Recaudo del Aporte Mensual del 2%.* Obtenido de Normas Juridicas de Nicaragua : https://n9.cl/dtiuw

Normas Juridicas de Nicaragua. (11 de Junio de 1999). *Reglamento a la ley No. 303; de reforma a la ley No. 257; Ley de justicia tributaria y comercial.* Obtenido de Normas Juridicas de Nicaragua: https://n9.cl/alrp3

Normas Juridicas de Nicaragua. (25 de Septiembre de 2008). *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense de etiquetado de alimentos preenvasados para consumo humano. NTON 02021-08.* Recuperado el 05 de Abril de 2021, de https://n9.cl/gxyha

Normas Juridicas de Nicaragua. (2008). Normas Técnica Obligatoria nicaraguense de etiquetado para alimentos preenvasados de consumo humano Nº 03 021-99. Recuperado el 02 de Abril de 2021, de http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/7DCB76C06DF62D1806257736007676D0?OpenDocument

Normas Jurídicas de Nicaragua. (2012). Norma Técnica Obligatoria nicaraguense, harina de maíz y sémola de maíz sin germen NTON 03 096-11. Recuperado el 10 de febrero de 2021, de https://n9.cl/uw8bo

Normas Juridicas de Nicaragua. (29 de Enero de 2019). *Nicaragua: Reformas al INSS 2019*. Obtenido de Lexology: https://n9.cl/skvdq

Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica. (2015). *Fortificación de Alimentos, especificaciones. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizado y pastas alimenticias.* San Salvador. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de https://n9.cl/z6opr

Pecoroni, M. (2017). *Modificación de la Molienda de Arroz: Efectos en la Calidad de Harinas y en su adecuación a procesos de Panificación.* Valladolid.

Reque, J. D. (2007). *Estudio de Pre-factibilidad para la Fabricación de Harina de Arroz y su utlización en la Panificación.* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Retsch. (Febrero de 2019). *Molino de Discos DM 200.* Obtenido de Retsch Milling Sievin Assiting: https://www.retsch.es/es/productos/molienda/molinos-de-discos/dm-200/funcionamiento-caracteristicas/

Rosabal, J., & Valle, M. (1989). *Hidrodinamica y Separaciones Mecanicas* (Segunda ed.). La Habana: Ediciones ENPES.

Ryson International, Inc. (2019). *Elevador de Cangilones, transporte vertical de Productos a Granel.* Recuperado el 22 de Enero de 2020, de https://ryson.com/es/elevador-de-cangilones/

Salas, C. (2012). *Diseño de un molino de rodillos para la molienda de granos, destinado al área de alimentos del Cestta-Espoch.* Riobamba.

SCAFO. (2019). *Diseño y selección de transportadores y elevadores de cangilones.* Recuperado el 23 de Febrero de 2021, de https://n9.cl/pmlok

Téllez, G., & Rivera, C. (2015). *La cadena productiva del arroz en Nicaragua y su enfoque en la seguridad alimentaria en el ciclo 2012-2013.* Managua.

Timmerhaus, K., & Peters, M. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (Cuarta ed.). Singapore: McCraw Hill International Editions.

Todo Alimentos Org. (2020). *Tabla Nutricional: Harina de Arroz.* Obtenido de Todo Alimentos: http://www.todoalimentos.org/harina-de-arroz

Ulrich, G. D. (1993). *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química .* México: McGraw-Hill.

Valle, A. (2017). *Factores Relevantes para la compra de maquinaria Industrial .*

Vallejos, V. (2016). *Proceso de almacenamiento e industrializacion de arroz de la empresa Agri-Corp (Centro Industrial Chinandega) en el período productivo 2014-2015.* Leon.

X. ANEXOS

A. 1 Propiedades del arroz. 77
A. 2. Medidas del grano de Arroz. 77
A. 3 Datos nutricionales de la harina de arroz. 78
A. 4. Análisis de calidad a la payana y puntilla. 78
A. 5. Capacidad de producción de Arroz en granero Las Banderas. 79
A. 6. Capacidad de producción de Payana y puntilla en granero Las Banderas. 79
A. 7. Capacidad de producción de Harina de Arroz. 79
A. 8. 80% de la producción Anual. 79
A. 9. Análisis de ceniza en Harina de payana y puntilla. 80
A. 10. Análisis de humedad de la harina de payana y puntilla. 80
A. 11. Guías de validación del proceso de obtención de harina de arroz. 82

B. 1. Balances de materia para la obtención de harina de arroz a partir de payana y puntilla. 84
B. 2. Ecuaciones de diseño del molino de martillos. 86
B. 3. Frecuencia de rotación del molino de martillo. 87
B. 4. Capacidad volumétrica del elevador de cangilones de descarga centrifuga. 87
B. 5. Dimensiones propuestas en el catálogo técnico para el elevador de cangilones.. 88
B. 6. Selección de Criba Vibratoria de granos y harina. 90
B. 7. Requerimiento energético de los equipos. 95
B. 8. Distribución de la línea de producción de la harina de arroz. 96

C. 1. Costos de mano de obra. 97
C. 2. Costos de materia prima, insumos y paquetes. 98
C. 3. Tarifa eléctrica para industria mediana. 98
C. 4. Costos de utilidades. 98
C. 5. Costo de depreciación. 99

A. 1 Propiedades del arroz.

Tabla 10.1. Minerales presentes en 100 gramos de arroz.

Minerales	(% presentes) Arroz blanco
Calcio	28
Hierro	0.8
Magnesio	25
Fosforo	11.5
Potasio	11.5
Sodio	5
Zinc	1.1
Cobre	0.2
Manganeso	1.1
Selenio	15.1

Fuente: Tablas nutricionales, Todo Alimento Org 2020.

Tabla 10.2. Vitaminas presentes en 100 gramos de arroz.

Vitaminas	Arroz Blanco
Vitamina E	0.1
Vitamina K	0.1
Tiamina (B1)	0.1
Riboflavina (B2)	0.0
Niacina (B2)	1.6
Vitamina B6	0.2
Fosfatos	8
Ácido pantoteico	1

Fuente: Tablas nutricionales, Todo Alimento Org 2020.

A. 2. Medidas del grano de Arroz.

Tabla 10.3. Medidas de Arroz sembradas en Colombia.

Arroz Paddy de las variedades sembradas en Colombia			
Variedad	Medidas en milímetros		
	Largo	Ancho	Relación largo/ancho
Tailandia	10.1	2.43	4.16

A. 3 Datos nutricionales de la harina de arroz.

Tabla 10.4. Datos nutricionales de la harina de arroz.

	Por 100gr	Valor diario
Nutrientes		
Energía	366 Kcal	18%
Grasa total	1,42 g	2%
Carbohidratos	80,1 gr	27%
Colesterol	0 mg	0%
Sodio	0 mg	0%
Agua	11,89 mg	11%
Proteína	5,95 g	10%
Vitaminas		
Vitamina B-3	2,6 mg	13%
Vitamina B-9	4 mg	1%
Minerales		
Calcio	10 mg	1%
Potasio	76 mg	2%
Fosforo	98 mg	10%
Magnesio	1,20 mg	60%
Selenio	15,1 µg	22%

Fuente: Tablas nutricionales, Todo Alimento Org 2020.

A. 4. Análisis de calidad a la payana y puntilla.

Los siguientes análisis de calidad del arroz fueron realizados en el trillo ¨Las Banderas¨.

Tabla 10.5. Análisis de Calidad del arroz.

Parámetros	g	kg	%
Humedad/Temperatura	12.77	0.01277	26.6
Peso bruto	200	0.2	100
Peso impurezas	5	0.005	2.5
Peso neto	195	0.195	97.5
Peso arroz integral	171.6	0.1716	85.8
Peso cascara	23.4	0.0234	11.7
Peso semolina	49.9	0.0499	24.95
Peso arroz oro	121.7	0.1217	60.85
Peso arroz entero	68.9	0.0689	34.45
Calidad arroz entero	68.9	0.0689	56.61
Calidad arroz quebrado	52.3	0.0523	43.39
Calidad payana	39.3	0.0393	19.65
Calidad puntilla	13.5	0.0135	6.75

A. 5. Capacidad de producción de Arroz en granero Las Banderas.

Tabla 10.6. Capacidad de producción de Arroz en Trillo granero las banderas.

Arroz	qq/día	lbs/día	gr/día	Kg/día
Arroz oro	500	50,000.00	22,679,600.00	22,679.60
Granza seca de arroz	**2000**	**200,000.00**	**90,718,400.00**	**90,718.40**

A. 6. Capacidad de producción de Payana y puntilla en granero Las Banderas.

Tabla 10.7. Capacidad de producción de payana y puntilla.

Arroz	kg/día	Kg/año	Kg/semana
Payana	17,826.17	5,383,502.01	103,528.88
Puntilla	6,123.49	1,849,294.58	35,563.36
Payana+Puntilla	**23,949.66**	**7,232,796.60**	**139,092.24**

A. 7. Capacidad de producción de Harina de Arroz.

Tabla 10.8. Días laborales y días de descanso.

Días de operación de la planta	302	días/año
Días de descanso	63	días
Días de producción a horas de trabajo	2416	horas

A. 8. 80% de la producción Anual.

Tabla 10.9. 80% de la producción anual.

Arroz	Kg/año	Kg/día	Kg/hr
Payana	4,306,801.61	14,260.93	1,782.62
Puntilla	1,479,435.67	4,898.79	612.35
Payana + puntilla	**5,786,237.28**	**19,159.73**	**2,394.97**

A. 9. Análisis de ceniza en Harina de payana y puntilla.

El análisis de ceniza se realizó en una mufla a 600ºC, se pesó el crisol de porcelana y se dejó calentando en la mufla por 30 minutos. Una vez cumplido el tiempo estipulado se sacó el crisol de la mufla y se dejó enfriar, se pesaron 8 gramos de harina de arroz a partir de payana y puntilla y se transfirieron estos gramos al crisol, se pesó, y se colocó el crisol con su contenido cerca de la puerta de la mufla abierta y se mantuvo ahí por 2 minutos, esto con el fin de evitar pérdidas por proyección de material, lo que podría ocurrir si se introducía el crisol directamente a la mufla. Pasados los 2 minutos se introdujo el crisol en la mufla a 600ºC hasta que se obtuvieron cenizas de color gris claro. Se sacó de la mufla el crisol con la muestra y se dejó enfriar en el desecador y se pesó tan pronto alcanzo la temperatura ambiente.

Tabla 10.10. Pesos de las muestras para análisis de ceniza.

Muestra	Peso en mg
Crisol vacío	22898.3
Peso del crisol con la harina de arroz	30,898.4
Peso del crisol con las cenizas	23008.6

$$\%\ Ceniza = \frac{P_2 - P_1}{M} * 100 \qquad (10.1)$$

Donde:

- P_2= masa del crisol con las cenizas en gramos.
- P_1= masa del crisol vacío en gramos.
- M= masa de la muestra en gramos.

$$\%\text{Ceniza} = \frac{23.0086\text{g} - 22.8983\text{g}}{8\text{g}} * 100$$

$$\%\text{Ceniza} = 1.38\%$$

A. 10. Análisis de humedad de la harina de payana y puntilla.

El análisis de humedad se realizó en un horno (M710 Thermistatic oven). Se pesó la placa vacía y posteriormente se pesaron en ella 2 g de harina de payana y puntilla. Se colocó la placa con la muestra en el horno a una temperatura de 130ºC por 2 horas, pasado este tiempo se sacó la muestra del horno, se dejó enfriar por 3 minutos y se pesó la placa con la muestra.

Tabla 10.11. Pesos de muestra para análisis de humedad de la harina de payana y puntilla.

Muestra	Peso (g)
Placa vacía	2.60
Placa con Harina de payana y puntilla	4.60
Placa con la muestra seca	4.35

$$\%Humedad = (M_1 - M_2) * \frac{100}{M_1 - M_0} \quad (10.2)$$

Donde:

- M_1=Peso de la placa y muestra antes del secado.
- M_2=Peso de la placa y muestra después del secado.
- M_0=Peso de la placa vacía.

$$\%\text{Humedad} = (4.60\ \text{g} - 4.35\ \text{g}) * \frac{100}{4.60\text{g} - 2.60\text{g}}$$

$$\%\text{Humedad} = 12.5\%$$

A. 11. Guías de validación del proceso de obtención de harina de arroz.

ELABORACIÓN DE HARINA DE ARROZ A PARTIR DE PAYANA Y PUNTILLA A NIVEL DE LABORATORIO

Recursos y Herramientas a utilizar:

Tabla 10.12. Recursos y herramientas a utilizar para la elaboración de harina de arroz.

Tamiz	Arroz payana
Molino Artesanal	Arroz puntilla
Recipientes plásticos	Balanza

Descripción:

Se realizará el mismo procedimiento por duplicado.

A. Pesado

Antes de comenzar con la limpieza se pesarán 2267.0 g de payana y puntilla en una relación 50/50.

B. Limpieza

Se retiran todas las impurezas del arroz de payana y puntilla debido a que ocasionan contaminación, disminución del valor del grano y problemas de almacenamiento.

C. Molienda

En esta operación se pasarán los granos de arroz por el molino la cantidad de veces necesarias para alcanzar la granulometría adecuada para la harina de arroz.

Tabla 10.13. Numero de trituraciones por el molino en cada prueba.

Pruebas	Trituraciones por el molino
Primera prueba	2
Segunda prueba	3
Tercera prueba	4

D. Tamizado

El tamizado se realiza empleando una serie de tamices que incluye los tamaños de partícula establecidos en las especificaciones de una harina para su uso en panificación (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm).

Tabla 10.14. Recolección de datos en el tamizado.

Cribado	**Peso**		
	Nº de criba	Nº de criba	Nº de criba
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			

LABORATORIA DE HUMEDAD Y CENIZA DE LA HARINA DE ARROZ A PARTIR DE PAYANA Y PUNTILLA.

Recursos y Herramientas a utilizar:

Tabla 10.15. Recursos y herramientas a utilizar para la determinación de la humedad y ceniza.

Crisol	Guantes
Mufla	Pinza de crisol
Balanza	Horno
Placa	

PREPARACION DE MUESTRAS:

Para la determinación de humedad y cenizas se utiliza la harina de arroz de payana y puntilla que cumpla con la granulometría establecida en las normativas.

Determinación de humedad: Eliminación por calor el agua contenida en los alimentos.

- ✓ **Muestras secas:** * Pesar la placa vacía (p1)
- ✓ Pesar alrededor de 2g (p2) de la muestra en la placa.
- ✓ Colocar en el horno a 130 °C durante 2 horas.
- ✓ Pesar la placa con la muestra seca (p3)

Tabla 10.16. Recolección de datos en la determinación de humedad.

Muestra	Peso (g)
Placa vacía	
Placa con la muestra	
Placa con la muestra seca	

Determinación de cenizas: Eliminación por combustión de la materia orgánica contenida en los alimentos.

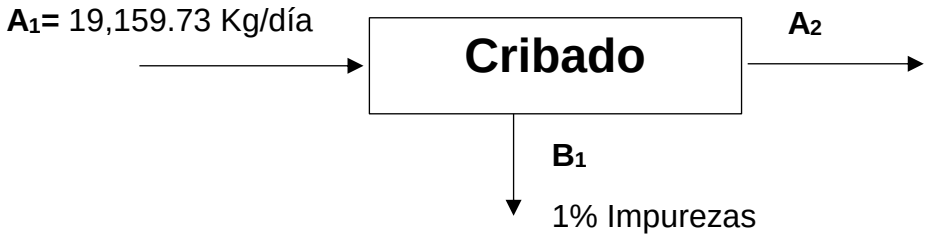
- ✓ Pesar un crisol (p1)
- ✓ Pesar alrededor de 5g (p2) en el crisol
- ✓ Colocar en la mufla 550 °C por unos minutos.
- ✓ Pesar el crisol con las cenizas (p3).

Tabla 10.17. Recolección de datos en la determinación de cenizas.

Muestra	Peso en mg
Crisol vacío	
Peso del crisol con la muestra	
Peso del crisol con las cenizas	

B. 1. Balances de materia para la obtención de harina de arroz a partir de payana y puntilla.

- Balance en la criba.



$$A_1 = A_2 + B_1$$

$$19{,}159.73\ \text{kg/dia} = \text{A}_2 + \text{B}_1$$

$$\text{B}_1 = 19{,}159.73\ \text{kg/dia}\ (0.01)$$

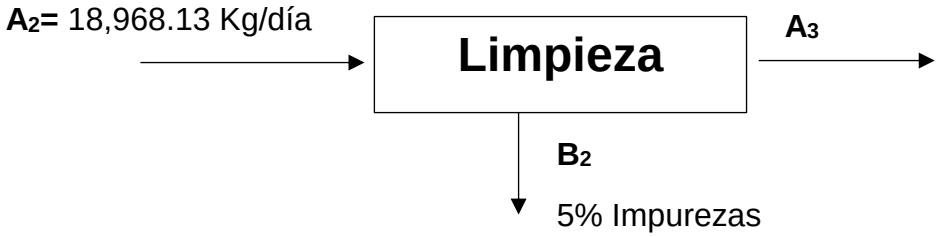
$$\text{B}_1 = 191.60\ \text{kg/dia}$$

$$19{,}159.73\ \text{kg/dia} = \ \text{A}_2 + 191.60\ \text{Kg/dia}$$

$$\text{A}_2 = 19{,}159.73\ \text{kg/dia} - 191.60\ \text{kg}$$

$$\text{A}_2 = 18{,}968.13\ \text{Kg}$$

- Balance en la limpieza.



$$A_2 = A_3 + B_2$$

$$18{,}968.13\ \text{kg/dia} = \text{A}_3 + \text{B}_2$$

$$\text{B}_2 = 18{,}968.13\ \text{kg/dia}\ (0.05)$$

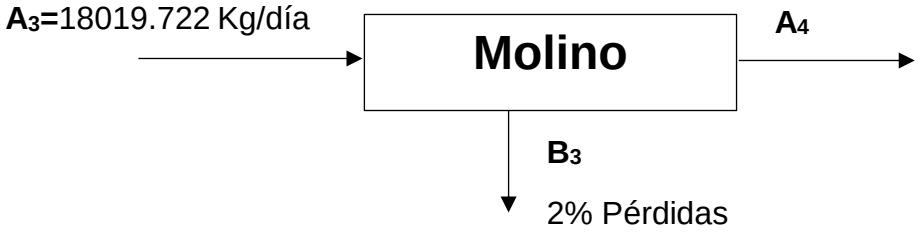
$$\text{B}_2 = 948.4064\ \text{kg/dia}$$

$$18{,}968.13\ \text{kg/dia} = \ \text{A}_3 + 948.4064\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_3 = 18{,}968.13\ \text{kg/dia} - 948.4064\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_3 = 18019.722\ \text{Kg/dia}$$

- Balance en el molino.



$$A_3 = A_4 + B_3$$

$$18019.722\ \text{kg/dia} = \text{A}_4 + \text{B}_3$$

$$\text{B}_3 = 18019.722\ \text{kg/dia}\ (0.02)$$

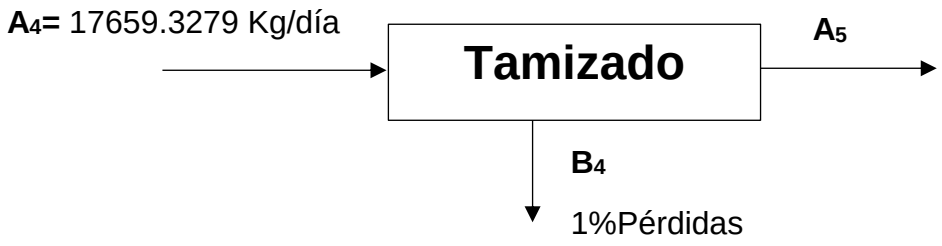
$$\text{B}_3 = 360.3944\ \text{kg/dia}$$

$$18019.722\ \text{kg/dia} = \text{A}_4 + 360.3944\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_4 = 18019.722\ \text{kg/dia} - 360.3944\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_4 = 17659.3279\ \text{Kg/dia}$$

- Balance en el tamizado.



$$A_4 = A_5 + B_4$$

$$17659.3279\ \text{kg/dia} = \text{A}_5 + \text{B}_4$$

$$\text{B}_4 = 17659.3279\ \text{kg/dia}\ (0.01)$$

$$\text{B}_4 = 176.5933\ \text{kg/dia}$$

$$17659.3279\ \text{kg/dia} = \text{A}_5 + 176.5933\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_5 = 17659.3279\ \text{kg/dia} - 176.5933\ \text{kg/dia}$$

$$\text{A}_5 = 17{,}482.73\ \text{Kg}$$

B. 2. Ecuaciones de diseño del molino de martillos.

Se selecciono un molino de martillos ya que este cuenta con un rango de reducción de tamaño de intermedio a fino, que es la granulometría con la que la harina de arroz debe de contar y los costos de instalación de este molino en comparación con el resto son mas bajos.

- Diámetro medio de partículas.

Para el diámetro medio de las partículas alimentadas se utilizaron las siguientes dimensiones del grano de arroz presentadas en el anexo A.2, tabla 10.3.

$$\text{ancho} = 2.43\ \text{mm}$$

$$\text{largo} = 4.16\ \text{mm}$$

$$\text{espesor} = 10.1\ \text{mm}$$

$$\mathrm{D_{pa}} = \frac{\text{ancho} + \text{largo} + \text{espesor}}{3} = \frac{2.43\ \text{mm} + 4.16\ \text{mm} + 10.1\ \text{mm}}{3} = 5.56\ \text{mm}$$

El D_{pa} para un grano de arroz es 5.56 mm, pero la payana y puntilla de arroz, no son granos enteros, por lo cual se toma la siguiente consideración

Para un grano de payana:

$$\mathrm{D_{pa}} = 5.56\text{mm} * \frac{1}{2} = 2.78\ \text{mm}$$

Para un grano de puntilla

$$\mathrm{D_{pa}} = 5.56\text{mm} * \frac{1}{4} = 1.39\ \text{mm}$$

Consideración para ambos granos

$$\mathrm{D_{pa}} = \frac{2.78 + 1.39}{2} = 2.08\text{mm}$$

Y el D_{pp} para harina es 0.18mm que es el tamaño de poro requerido en la malla N°80

$$\mathrm{D_{pp}} = 0.18\ \text{mm}$$

Aplicando la Ley de Rittinger de la ecuación 6.5

$$\frac{37\text{kw}}{2.252\text{t}} = \mathrm{K_R}\left(\frac{1}{0.18\ \text{mm}} - \frac{1}{2.78\ \text{mm}}\right)$$

$$16.4298\ \text{kw/t} = \mathrm{K_R} 5.1958\ \text{mm}^{-1}$$

$$\mathrm{K_R} = 3.1621\ \text{kw/mm} * \text{t}$$

Aplicando la Ley de Bond de la ecuación 6.6

$$\frac{37\ \text{kw}}{2.252} = \text{K}_\text{B}\left(\frac{1}{\sqrt{0.18}} - \frac{1}{\sqrt{2.78}}\right)$$

$$16.4298\ \text{kw/t} = \text{K}_\text{B} 1.7573\ \text{mm}^{-1}$$

$$\text{K}_\text{B} = 9.3494\ \text{kw/mm} * \text{t}$$

Las constantes calculadas de Bond y Rittinger son específicas para granos quebrados de arroz, con la capacidad previamente estipulada y con los parámetros técnicos mencionados.

B. 3. Frecuencia de rotación del molino de martillo.

Para la frecuencia de rotación se utilizó la ecuación 6.8:

$$\frac{2252.4653\ \text{kg}}{\text{h}} * \frac{1000\ \text{g}}{1\text{kg}} * \frac{1\text{h}}{60\ \text{min}}$$

$$\text{m} = 37541.0883\ \text{g/m}$$

$$\text{F} = \frac{3751.0883\ \text{g/min}}{2970\ \text{rpm}}$$

$$\text{F} = 12.64\ \text{g/rev}$$

La frecuencia de rotación del molino será de 12.64 gramos por revolución.

B. 4. Capacidad volumétrica del elevador de cangilones de descarga centrifuga.

Capacidad volumétrica en libras por hora a pie^3/hora. Para dicho cálculo se utilizó la ecuación 6.8 dando como resultado:

$$\text{CFH} = \frac{5280.90\frac{\text{lb}}{\text{hr}}}{45\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}} = 117.35\frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Luego se obtiene la capacidad volumétrica en Bushels por hora (BPH) a pie^3/hora:

$$\text{CFH} = 200 * 1.24 = 248\ \text{CFH}$$

B. 5. Dimensiones propuestas en el catálogo técnico para el elevador de cangilones.

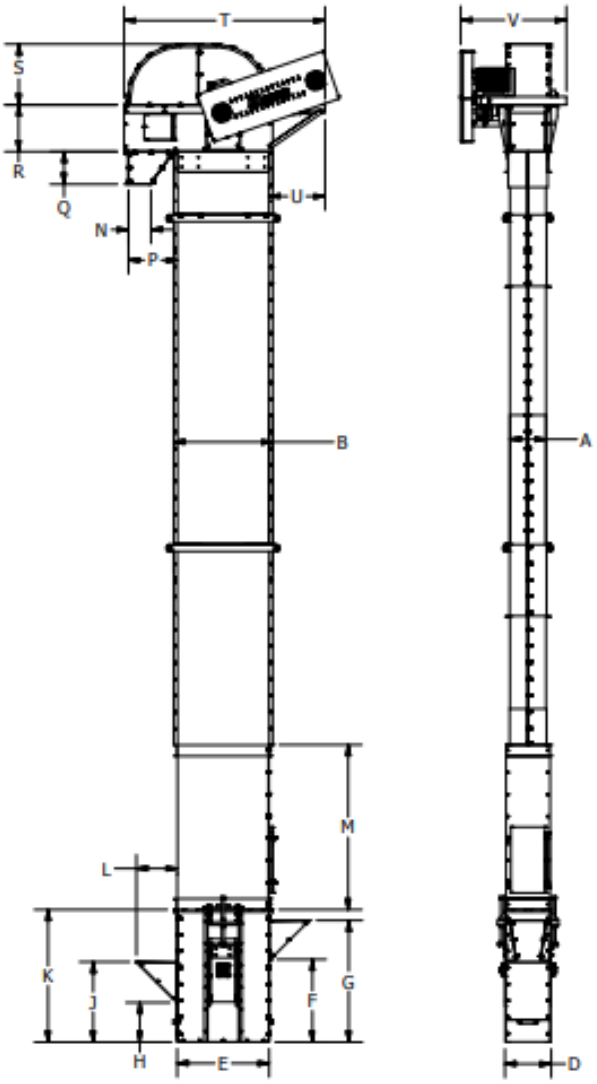


Figura 10.1. Acotación de elevador de cangilones.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de las acotaciones del elevador de cangilones mostrado en la imagen anterior, en pulgadas y milímetros.

Tabla 10.18. Dimensiones del elevador de cangilones.

Dimensiones		
	Pulgadas	mm
A	10	254
B	21	533
D	12-3/4	324
E	21-1/4	540
F	14/5/8	371
G	24-1/2	622
H	14-5/8	371
J	24-1/2	622
K	36	914
L	8-3/4	22
M	60	1524
N	8-1/8	206
P	11-7/8	302
Q	12	305
R	12	305
S	16-3/4	425
T	52	1321
U	17-1/2	445
V	30	762

B. 6. Selección de Criba Vibratoria de granos y harina.

Las mallas para la criba se seleccionan a partir del tamaño de grano con el que se trabajó en este cao la longitud promedio del grano de arroz son para payana más de ¼ y menos de ¾ y para puntilla tamaños menores a ¾.

De acuerdo a la capacidad de producción del trillo las banderas en la etapa de cribado de granos se tratan 19,159.53 kg de la mezcla de subproductos retirando el 1% de impurezas al día o materia extraña equivalente a 191.00 kg. Tomando en cuenta una sobreproducción del 20% y la capacidad que tiene el trillo por hora:

Capacidad de limpieza por hora de trabajo:

$$\text{Capacidad: } \frac{2{,}394.97\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1\text{ t}}{1000\text{ kg}}$$

$$\text{Capacidad: } 2.39\text{t/h}$$

Capacidad con el 20% de sobreproducción:

$$\text{Capacidad: } \frac{2{,}394.97\text{t}}{\text{h}} + 0.20\frac{2{,}394.97\text{t}}{\text{h}} =$$

$$\text{Capacidad: } 2.84\text{t/h}$$

Para el Dpa del arroz se puede observar en anexo B.2 el procedimiento:

$$D_{pa} = 2.08\text{ mm}$$

Para el tamizado y selección de mallas se eligió a partir del Dpa y los resultados obtenidos del laboratorio de elaboración de harinas se pesaron 2262.0g de payana y puntilla sucia

Tamiz N°	Tamaño de Poro (mm)	Mezcla retinada en cada tamiz
8	2.38	68.0
12	1.68	2108.0
35	0.50	74.5

B.7. Selección del equipo de tamizado de harinas

Para la correcta selección de los tres niveles de tamizado de harina fue necesario comparar con otros tipos de harinas presente en el mercado, por esta razón se obtuvieron en los análisis granulométricos un diámetro promedio de partícula de 0.18mm.

De acuerdo a la capacidad de producción que se definió en los balances másicos para esta etapa del proceso se tratan 17,659.33 kg de harina sin tamizar al día, teniendo un porcentaje de pérdidas en el equipo de 1% equivalente a 176.59 kg. Tomando en cuenta la capacidad por hora del trillo y una sobreproducción del 20%:

Capacidad de limpieza por hora de trabajo:

$$\text{Capacidad: } \frac{2{,}207.42\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1\text{ t}}{1000\text{ kg}}$$

$$\text{Capacidad: } 2.20\text{t/h}$$

Capacidad con el 20% de sobreproducción:

$$\text{Capacidad: } \frac{2{,}207.42\text{t}}{\text{h}} + 0.20\frac{2{,}207.42\text{t}}{\text{h}} =$$

$$\text{Capacidad: } 2.62\text{ /h}$$

Para el Dpa de la harina queda definido por la granulometría requerida en el NTON 03 096-11 y Norma Codex Stan 152-1985;

$$\text{D}_{\text{pa}} = 0.18\text{mm}$$

Para el cribado y selección de las mallas adecuadas se realizó un análisis granulométrico a la harina triturada que se circuló en tres ocasiones en el equipo de molienda, obteniendo los siguientes resultados para 1,510g de producto:

Tamaño de Poro(mm)	Tyler Standard (Mesh)	U.S Standard (N°)	Harina retenida en cada tamiz (g)
0.3	48	50	930
0.18	80	80	449
0.16	150	140	122.5
Harina de rechazo y pérdidas por equipo			8.5g

.

B.8 Cotizaciones de maquinaria en Sabina ingeniería para producción de harina de arroz de payana y puntilla.

Figura 10.2 Logotipo de empresa Sabina Ingeniería.

Alternativas de las cotizaciones realizadas en Alibaba, que es maquinaria de última tecnología pero que son máquinas fabricadas en su totalidad en el extranjero, por ende, se realizaron cotizaciones de ciertas maquinas disponibles en SABINA DE INGENIERÍA S.A. Sabina S.A. tiene certificaciones internacionales ISO 9001:2015

- Máquinas disponibles:

Tabla 10.19. Cotización de molino quebrantador de martillos en Sabina Ingeniería.

Equipo	Capacidad	Precio ($)
Molino quebrantador de martillos	3ton	6400

Figura 10.3. Molino quebrantador de martillos.

Tabla 10.20. Cotización de Criba vibratoria y pre limpiadora en Sabina ingeniería.

Equipo	Capacidad	Precio ($)
Criba vibratoria y pre limpiadora	3ton	16,700

Figura 10.4. Criba vibratoria y pre limpiadora.

Tabla 10.21. Cotización de colochos transportadores

Equipo	Capacidad/longitud	Precio ($)
Colochos transportadores (acero inoxidable)	2.5ton/3mts	4200

Figura 10.5. Colochos transportadores en sabina ingeniería.

Tabla 10.22.Cotización de bandas transportadoras en Sabina ingeniería.

Equipo	Capacidad/longitud	Precio ($)
Bandas transportadoras	2.5ton/3mts	3800

Figura 10.6. Banda transportadora

Tabla 10.23. Cotizacion de elevador de cangilones de banda en Sabina Ingenieria.

Equipo	Capacidad/longitud	Precio ($)
Elevador de cangilones de banda.	2.5ton/3mts	3400

Figura 10.7. Elevador de cangilones.

B. 7. Requerimiento energético de los equipos.

Tabla 10.24. Requerimiento de energía eléctrica.

Equipos	Cantidad	kW (unidad)	Uso (h/día)	kW-h/día	kW-h/año
Máquina para separar granos	1	7	8	56	16,912.00
Máquina para tamizar harinas	1	7	8	56	16,912.00
Molino de martillo	1	37	8	296	89,392.00
Máquina de envasado	1	2.5	8	20	6,040.00
Máquina para limpiar granos	1	5	8	40	12,080.00
Elevador de cangilones	1	7.5	8	60	18,120.00
Elevador de cangilones tipo Z con tolva	1	5	8	40	12,080.00
Banda transportadora para granos	1	1.5	8	12	3,624.00
Banda transportadora tubular para harina	2	2.2	8	35.2	10,630.40
Banda transportadora	1	0.4	8	3.2	966.40
	Total	75.1		618.4	**186,756.80**

B. 8. Distribución de la línea de producción de la harina de arroz.

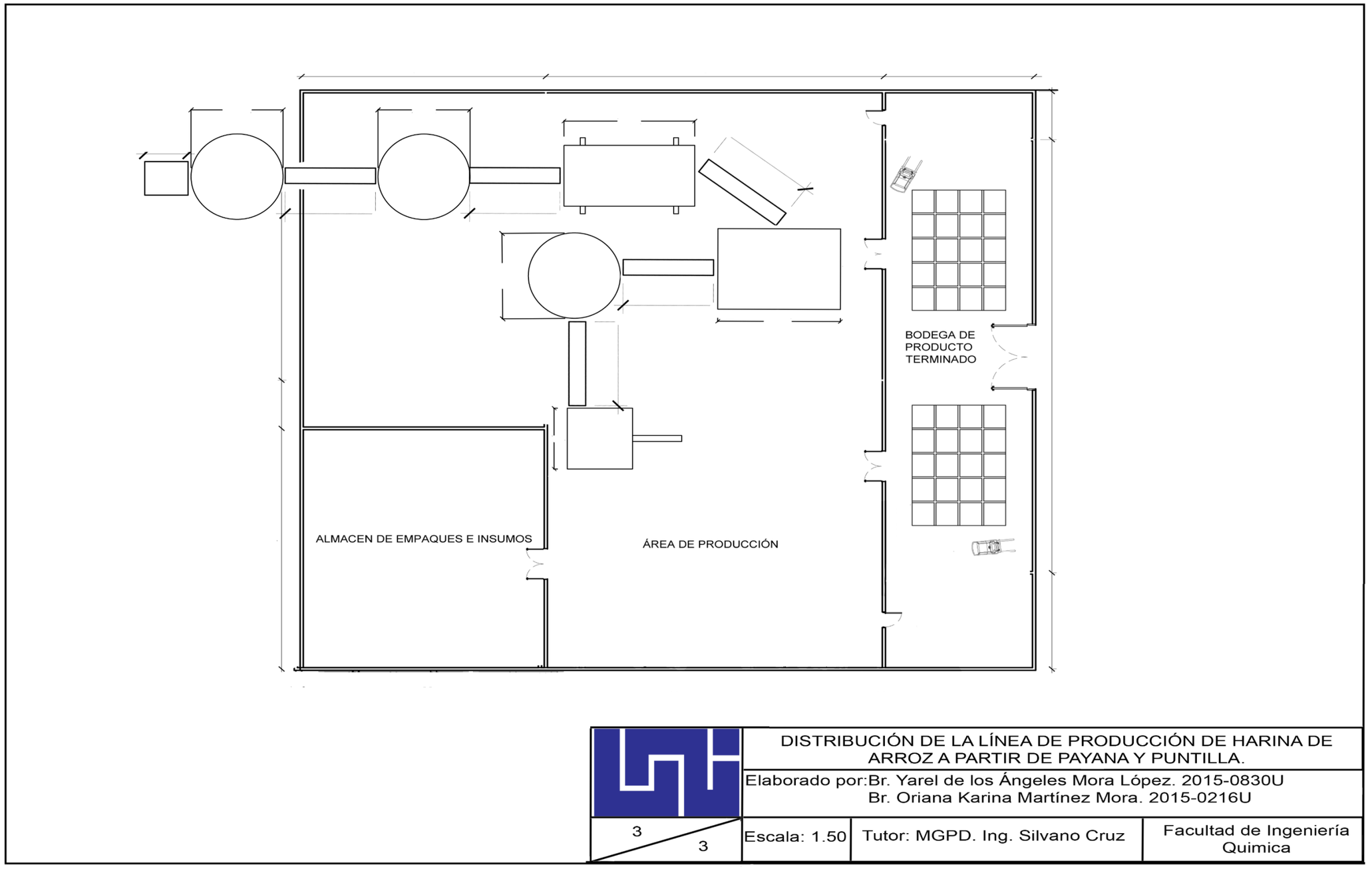


Figura 10.8. Distribución de la línea de producción de harina de arroz.

C. 1. Costos de mano de obra.

Tabla 10.25. Costos de mano de obra.

No.	Clasificación (MO)	Cargo	Salario mensual bruto (US$)	Salario anual bruto (US$)	Deducciones de INSS anual (21.5%)	Salario neto anual (US$)	INACTEC (2%)	Treceavo mes (US$)	Salario total anual con deducciones (US$)
1	Calificada	Supervisor	275.00	3,300.00	709.50	2,590.50	66.00	275.00	2,799.50
1		Jefe de producción	300.00	3,600.00	774.00	2,826.00	72.00	300.00	3,054.00
1		Analista de calidad	250.00	3,000.00	645.00	2,355.00	60.00	250.00	2,545.00
6	No calificada	Operarios	188.50	2,262.00	486.33	1,775.67	45.24	188.50	1,918.93
1		Bodeguero	188.50	2,262.00	486.33	1,775.67	45.24	188.50	1,918.93
								Total	12,236.36

C. 2. Costos de materia prima, insumos y paquetes.

Tabla 10.26. Costos de insumos y paquetes.

Nombre del material	Precio unitario (US$)	Producción anual (kg/año) (US$)	Costo total (US$)
Bolsas de empaque	0.04	2,638,272.00	105,530.88
Cajas	0.19	100,000.00	19,000.00
		Total	**124,530.88**

C. 3. Tarifa eléctrica para industria mediana.

Tabla 10.27. tarifa para industria mediana.

Media tensión (Voltaje primario en 13.8 y 24.9 kV)				
Tipo de tarifa	Aplicación	Código	Tarifa	Cargo por
			Descripción	Energía (C$/kWh)
Industria mediana	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200kW para uso Industrial.	T-4D	Tarifa sin medición horaria estacional	
			Todos los kWh	5.0330

C. 4. Costos de utilidades.

Tabla 10.28. Costos de utilidades

Utilidades	Costo unitario ($)	Unidades del Costo unitario	Requerimiento anual de servicios públicos, en unidades apropiadas	Unidades predeterminadas de requisito de utilidad	Costo anual de utilidades. $/y
Electricidad					
Compra promedio, U.S.	0.14	$/kWh	186,756.80	kWh/año	26,145.95
Autogenerado	0				
Gasolina					
Gasolina Diesel (montacarga)	0.845	$/l*año	14496	l*h/año	12249.12
				Total	**38,395.07**

C. 5. Costo de depreciación.

Tabla 10.29. Costos de depreciación.

Concepto	Precio de compra (US$)	Año 1 (US$)	Año 2 (US$)	Año 3 (US$)	Año 4 (US$)	Año 5 (US$)
Equipos	93,041.05	9,304.11	9,304.11	9,304.11	9,304.11	9,304.11
	Costo de depreciación anual	**9,304.11**	**9,304.11**	**9,304.11**	**9,304.11**	**9,304.11**