

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
HARINA DE MAÍZ (ZEA MAYS) NIXTAMALIZADA,
PARA LA COOPERATIVA GLORIA QUINTANILLA
DEL MUNICIPIO EL CRUCERO, MANAGUA.**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Bra. MARTA ROSA GARCÍA

Bra. MARÍA MARGARITA ROMERO PÉREZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

MPa. Ing. Denis Escorcía Morales

MANAGUA, NICARAGUA, 2023

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios en primer lugar por darnos la fuerza para concluir nuestra monografía.

A todo el personal docente de la Facultad de Ingeniería Química, especialmente a nuestro tutor, MPa. Ing. Denis Escorcía Morales, por su apoyo incondicional en la realización de nuestra Monografía, su dedicación y transmisión de sus valiosas experiencias y conocimientos.

A la Estimada MPA. Profesora Ing. Maritza Sánchez Christoffle (Q.E.P.D), tutora honoraria, a quien agradecemos su invaluable aporte, en sus funciones como secretaria académica.

Al profesor Ing. Aníbal Hernández Díaz, (Q.E.P.D), en sus funciones como responsable de formación de culminación de estudio y a su sucesor MSc. Rolando Guevara Arróliga por sus oportunas sugerencias.

No podemos obviar el interés del MGPD. Ing. Silvano Cruz y del MSc. Ing. José León Canales Mairena, en este proyecto académico. Al Ing. Arnoldo Hidalgo, por darnos facilidades en el laboratorio para realizar los análisis químicos correspondientes.

También a los profesores: MSc. Ing. Sergio Álvarez, MEng. Ing. Sergio Luis García por sus sugerencias y animarnos a continuar y al Ing. Francisco Canelo por sus aportes en los inicios del protocolo.

Agradecemos a los trabajadores en el área de Biblioteca, especialmente a su directora Erenia Robleto, por su eficiente servicio.

A la Unión Nacional Agropecuaria de Productores Asociados (UNAPA), por apoyarnos en este proyecto y a la Cooperativa Gloria Quintanilla.

A nuestros amigos y compañeros de estudio por estar siempre pendiente de la culminación de nuestra tesis. Gracias a todos, que Dios los bendiga.

María Margarita Romero Pérez

Marta Rosa García

DEDICATORIA

A nuestras estimadas Familias a quienes amamos, especialmente a nuestros padres, quienes nos guiaron por el camino correcto y nos dieron lo mejor de ellos mismos, para que pudiéramos cumplir con este importante proyecto de culminación de estudios.

María Margarita Romero Pérez

Marta Rosa García.

RESUMEN

El maíz es un cereal básico en la alimentación de los nicaragüenses, por ello el presente estudio destaca los aspectos fundamentales para diseñar el proceso de producción de harina de Maíz nixtamalizado. Se desarrollaron las operaciones unitarias establecidas en el flujograma: Limpieza, nixtamalización, enfriado-reposo, lavado, secado, molienda, tamizado, envasado y etiquetado. Se usó la variedad de maíz NB-6, producido por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.

Para la selección de la harina, se consideraron los resultados del análisis proximal realizado a las 6 muestras obtenidas de acuerdo a la tabla de experimentos definida. Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería, utilizando los métodos de análisis de la Asociación de Químicos analíticos oficiales, para determinar: humedad, proteínas totales, grasa, fibra cruda, ceniza y carbohidratos.

Para el diseño tecnológico del proceso de producción de harina de maíz blanco nixtamalizado, se utilizó la muestra número 6 (15 horas de reposo y 3% de cal de acuerdo al peso del maíz). Se obtuvo un tamizado óptimo de 82%, según parámetros de eficiencia establecidos internacionalmente entre 75 y 90 % en tamices de 60 Mesh. Se constató que los parámetros organolépticos de color, olor y sabor son característicos.

Se determinó una producción diaria de 500 kg de Maíz para un total mensual de 11 toneladas, laborando 22 días. Este dato fue considerado para la selección de los equipos, así como para el estudio económico y la evaluación financiera del proyecto, cuyos resultados son satisfactorios con un Valor Presente Neto positivo y una Tasa Interna de Rendimiento de 150%. También se obtuvo una Relación Beneficio Costo de 1.74 y la recuperación de la inversión se da en menos de un año: 8 meses.

Se concluye que es posible obtener harina de maíz de buena calidad con la variedad NB-6, sus porcentajes de proteína con secado a baja temperatura (80°C), son cercanos al valor de referencia Indicado en la tabla de composición de alimentos para Centroamérica, por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

Palabras claves: Maíz blanco, nixtamalización, harina de maíz, diseño tecnológico.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 Generalidades del Maíz	3
3.1.1 Origen e importancia nutricional del maíz.....	3
3.1.2 Variedades de maíz.....	3
3.1.3 Estructura y composición del maíz	4
3.2 Características de la harina de maíz nixtamalizado	5
3.2.1 Propiedades físicas	5
3.2.2 Propiedades químicas	6
3.2.3 Características microbiológicas	6
3.3 Formulación de harina de maíz nixtamalizada.....	7
3.4 Producción de harina de maíz.....	8
3.4.1 Parámetros de operación del proceso productivo.....	8
3.4.2 Equipos para el proceso de producción.....	12
3.5 Costos pre operativos del proceso de producción de harina de maíz.....	27
3.5.1 Costos de producción	27
3.5.2 Costos de administración	28
3.5.3 Costos de venta.....	28
3.5.4 Costos financieros	28
3.5.5 Depreciaciones y amortizaciones	28
3.5.6 Inversión total: fija y diferida	29
3.5.7 Capital de trabajo.....	29
3.5.8 Punto de equilibrio	29
3.5.9 Cronograma de inversiones.....	30
3.5.10 Valor presente neto (VPN).....	30

3.5.11 Tasa interna de rendimiento	30
IV. METODOLOGÍA	31
4.1. Aspectos Generales.....	31
4.2 Estudio de ingeniería del proyecto	31
4.2.1 Descripción del proceso de producción	31
4.2.2 Selección y dimensionamiento de equipos.....	31
4.3 Metodología para el diseño del producto	32
4.3.1. Diseño Experimental.....	32
4.3.2 Nixtamalización.....	32
4.3.3 Materiales a utilizarse	33
4.3.4 Operaciones unitarias a nivel de laboratorio.....	35
4.4 Viabilidad económica-financiera.....	36
4.4.1 Estudio económico	36
4.4.2 Evaluación financiera.....	37
4.4.3 Análisis de Sensibilidad	37
V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
5.1. Resultados de humedad del maíz y harina nixtamalizada	39
5.2 Resultados del Análisis Proximal	41
5.2.1 Análisis de humedad de la harina nixtamalizada en 60 mesh.	41
5.2.2 Tabla de cenizas de la harina nixtamalizada en 60 Mesh.	42
5.2.3 tabla de grasa de la harina nixtamalizada en 60 Mesh.....	43
5.2.4 tabla de fibra de la harina nixtamalizada en 60 mesh.....	44
5.2.5 Tabla de proteína de la harina nixtamalizada en 60 mesh	45
5.2.6 Tabla de carbohidrato de la harina nixtamalizada en 60 mesh.....	46
5.3 Resultados de análisis de parámetros de minerales.....	46
5.3.1 Resultados de hierro.....	46
5.3.2 Resultados de dureza total y cálcica (DTyC).....	47
5.4 Selección de la muestra de harina nixtamalizada	48
5.5- El proceso de producción de harina de maíz a nivel de laboratorio.....	50
5.5.1 Cocción.....	50
5.5.2 Enfriado –Reposo del Nixtamal	51
5.5.3 Lavado y escurrido	51
5.5.4 Secado	52

5.5.5 Molienda	53
5.5.6 Tamizado	53
5.5.7 Envasado y etiquetado	55
5.6 Diseño del proceso tecnológico de la producción de harina de maíz.....	58
5.6.1 Obtención de Materia Prima	58
5.6.2 Selección de los equipos a utilizar.....	58
5.6.3 Distribución de áreas principales de la Planta de producción	67
5.6.4 El proceso tecnológico de la harina de maíz blanco nixtamalizado	68
5.7 Resultados evaluación financiera.....	69
5.7.1 Evaluación Financiera	69
5.7.2 Análisis de Sensibilidad	69
5.7.3 Estudio económico y evaluación financiera	70
VI. CONCLUSIONES	100
VII. RECOMENDACIONES.....	101
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	102
IX. ANEXOS.....	107
9.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO.....	107
9.1.1 Análisis proximal.....	107
9.1.2 Proceso de nixtamalización	108
9.2 BALANCE DE MATERIA A ESCALA DE LABORATORIO.	110
9.3 FLUJOGRAMA DE PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO.....	119
9.4 FICHA TÉCNICA PARA EQUIPOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	120
9.5 LA COOPERATIVA GLORIA QUINTANILLA.	121
9.6 PRECIOS DE HARINA DE MAIZ DE LAS MARCAS COMPETIDORAS	123
9.7 EMPRESAS CONSULTADAS SOBRE LOS PRECIOS DE LOS EQUIPOS .	124

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Maíz Blanco NB-6 Semi-dentado.....	3
Figura 2 Estructura del grano de maíz (partes principales).....	4
Figura 3 Cribadora de maíz tipo vibratoria.....	14
Figura 4 Cocedor de maíz	15
Figura 5 Reposador de nixtamal.....	16
Figura 6 Lavadora de maíz nixtamalizado	17
Figura 7 Molino de Discos	19
Figura 8 Molino de Piedra	19
Figura 9 Esquema de secador rotatorio.....	21
Figura 10 Secador de Rodillos	23
Figura 11 Secador por arrastre neumático	24
Figura 12 Presentación de Harina de Maíz (1lb.).....	26
Figura 13 Bases para costos de producción.....	28
Figura 14. Diferentes niveles del experimento de Nixtamalización	33
Figura 15 Humedad promedio de las muestras de harina de maíz.	42
Figura 16 – Resultados de grasa de las muestras.....	44
Figura 17 muestra No. 1 y muestra No. 2 de dureza total y cálcica.	48
Figura 18 muestra No 3 y muestra No. 4 de dureza total y cálcica	48
Figura 19 muestra No. 5 y muestra No.6 de dureza total y cálcica.	48
Figura 20 Peso de la harina	50
Figura 21 Peso del beaker y peso del maíz seco en el beaker.	50
Figura 22 Proceso nixtamalización y medición de temperatura	51
Figura 23 Maíz nixtamalizado en la etapa de enfriado y reposo	51
Figura 24 Maíz lavado y escurrido.....	52
Figura 25.Pesado del maíz deshidratado y Pesado de bandeja Plana vacía	52
Figura 26 Secador de bandejas.....	53
Figura 27 Molienda de maíz nixtamalizado.....	53
Figura 28 Tamiz individual (60 Mesh) y equipo de tamices del laboratorio	54
Figura 29 Tamizado muestra 1 y resultados del tamizado muestra 2	54
Figura 30 Tamizado muestra 3 y resultados del tamizado muestra 4	54
Figura 31 Tamizado muestra 5 y resultados del tamizado muestra 6	55
Figura 32 Etiqueta de la bolsa de harina de maíz. (1 libra).....	56
Figura 33 Flujograma de proceso a escala de cooperativa.....	57
Figura 34 Modelo de Silo.....	58
Figura 35 Malla de perforación redonda	59
Figura 36 Zaranda Modelo CIMMYT y esquema de zaranda	59
Figura 37 Planta de Nixtamal	60
Figura 38 Elevador de maíz	60
Figura 39 Cocedor, reposador de nixtamal.....	61
Figura 40. Secador de bandejas.....	62
Figura 41. Molino Pulverizador	63
Figura 42- Cajón Metálico	63
Figura 43 Bolsa de Polipropileno	64
Figura 44 Selladora de impulso de pedal	65

Figura 45 Balanza digital	66
Figura 46 Carro de transporte	66
Figura 47 –Logotipo del Banco de Fomento a la producción	75
Figura 48 Equipo para Determinación de Ceniza	107
Figura 49 Desecador	107
Figura 50 – Espátulas	107
Figura 51 Bandeja honda	108
Figura 52 Bandeja plana	108
Figura 53 Beakers de 2000 ml.....	108
Figura 54 Termómetro de Vidrio	108
Figura 55 Medidor de pH.....	109
Figura 56 Balanza Comercial	109
Figura 57 Planchas metálicas.....	109
Figura 58 Flujograma de proceso a escala de Laboratorio.	119
Figura 59 Asamblea comunidad Santa Julia, 2022.....	121
Figura 60 Dolores Esquivel	121
Figura 61 Ubicación comunidades Daniel Teller y Santa Julia, El crucero.....	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química en porcentaje –Valores en base seca	5
Tabla 2 Contenido de aminoácidos en el maíz	5
Tabla 3 Parámetros de calidad para la harina de maíz nixtamalizado	7
Tabla 4 Diferentes tratamientos del maíz a nivel de laboratorio para su nixtamalización.....	8
Tabla 5 Tipos de secadores	21
Tabla 6 Concentraciones y tiempo de reposo de cada experimento.....	33
Tabla 7 Insumos del experimento nixtamalización.....	33
Tabla 8 Equipos, materiales y utensilios.....	34
Tabla 9 Dimensiones de los agujeros de prueba (ASTM).....	36
Tabla 10 Análisis de humedad del maíz deshidratado.....	39
Tabla 11 Análisis de humedad de la harina de maíz nixtamalizado	40
Tabla 12 Promedios de humedad de las muestras de harina	41
Tabla 13 Determinación de porcentaje de ceniza en cada muestra.....	43
Tabla 14 Determinación de porcentaje de Grasa.....	44
Tabla 15 Determinación de porcentaje de fibra	45
Tabla 16 Cálculo de proteína.....	45
Tabla 17 Determinación de Carbohidratos totales.....	46
Tabla 18 Determinación de hierro	47
Tabla 19 Resumen de análisis proximal de cada muestra de maíz	49
Tabla 20 Datos de muestra seleccionada en relación a parámetros INCAP	49
Tabla 21 Especificaciones de la Criba Tipo Zaranda	59
Tabla 22 Especificaciones del elevador de maíz.	60
Tabla 23 especificaciones del cocedor	61
Tabla 24 Especificaciones del lavador automático	61
Tabla 25 Especificaciones del secador de bandejas	62
Tabla 26 Especificaciones del Molino Pulverizador,	63
Tabla 27 Especificaciones de la bolsa de prolipropileno.....	64
Tabla 28 Especificaciones de la selladora.....	65
Tabla 29 Resultados de Evaluación financiera	69
Tabla 30 Resultados del análisis de sensibilidad.....	69
Tabla 31 Costo del terreno	70
Tabla 32 Costo de obras civiles.....	71
Tabla 33 Costo de los equipos mayores del proceso productivo	72
Tabla 34 Costo de equipos menores.....	72
Tabla 35 Costo de vehículo.....	73
Tabla 36 Mobiliario y equipo de oficina.....	73
Tabla 37 Inversiones totales del proyecto.....	74
Tabla 38 Inversionistas del proyecto	74
Tabla 39 Amortización de la Deuda.....	75
Tabla 40 Anualidad	75
Tabla 41 Amortización de inversión diferida	76
Tabla 42 Costo de contrato de Internet y telefonía	76

Tabla 43 Depreciación de activos fijos tangibles	78
Tabla 44 Descripción de cargos y salarios administrativos	79
Tabla 45 Gastos administrativos	80
Tabla 46 Cargos y salarios del área de producción	80
Tabla 47 Materia prima e insumos	81
Tabla 48 Costos de empaque.....	81
Tabla 49 Costos por consumo energético	82
Tabla 50 Materiales para buenas prácticas de manufactura.....	82
Tabla 51 Costos mensuales y anuales de producción	82
Tabla 52 Costos fijos mensuales.....	83
Tabla 53 Costo Unitario.....	83
Tabla 54 Punto de equilibrio.....	85
Tabla 55 Presupuesto de Egresos	86
Tabla 56 Costos Variables	87
Tabla 57 Costos fijos.....	87
Tabla 58 Estado de Resultado	89
Tabla 59 Inflación anual precio al consumidor.....	90
Tabla 60 Flujo neto de efectivo con financiamiento	91
Tabla 61 Cálculo de valor presente Neto y de la TIR.....	92
Tabla 62 Costos totales para cálculo del VAN EGRESOS	93
Tabla 63 VAN EGRESOS	93
Tabla 64 VAN INGRESOS	93
Tabla 65 Relación Beneficio -Costo.....	93
Tabla 66 Datos para calcular período de recuperación.....	94
Tabla 67 Flujo neto de efectivo sin financiamiento	95
Tabla 68 Flujo neto de efectivo sin financiamiento	95
Tabla 69 indicadores financieros del proyecto puro.....	96
Tabla 70 Datos para cálculo del período de recuperación	96
Tabla 71 Disminución del volumen de producción en un 10%.....	97
Tabla 72 Anualidades del préstamo con tasa de interés al 15%.....	98
Tabla 73 Datos para cálculo de anualidades en Excel	98
Tabla 74 Flujo neto de efectivo con variaciones en los costos financieros.....	99
Tabla 75 Porcentaje de flujo de entrada y salida de maíz en el secador.	112
Tabla 76 Masa H ₂ O evaporada – balance en el secador.....	117
Tabla 77 precios de harina de maíz de las marcas competidoras	123
Tabla 78 Empresas consultadas sobre los precios de los equipos	124

INTRODUCCIÓN

Es importante señalar que la producción Nacional de Maíz está en manos de pequeños y medianos productores, quienes siembran 520.000 manzanas de maíz blanco en todas las épocas de siembra y en las regiones Pacífica, Central, Caribe Norte y Sur según cifras de Ministerio Agropecuario Forestal. (Ministerio Agropecuario Forestal - MAGFOR, 2009). El maíz, *Zea Mays*, grano perteneciente a la familia de las gramíneas, fue domesticado por los pueblos indígenas en el centro de México. Ellos desarrollaron el proceso de nixtamalización para producir tortillas y otros productos.

México tiene un consumo per cápita de 120.5 kg/año (Ortiz Rosales, 2017) y Nicaragua consume 76.4 kg/año. (IICA, 2007).

A la fecha, los nicaragüenses se han ido acostumbrando a consumir, generalmente por facilidad, diferentes tipos de tortilla en los que cada vez es más frecuente el empleo de la harina de maíz nixtamalizado (HMN). Consumimos (HMN) de diferentes marcas como: MASECA, procedente de México y otras marcas procedentes de honduras y de Costa Rica, las cuales están invadiendo el mercado nacional. El alto consumo se refleja en la importación de 96,655 toneladas de harina para todo Centroamérica provenientes de México en el año 1999, (Grupo MASECA). (Turner & Tirado, 2003)

Los principales lugares donde se cultiva el maíz son la RAAS (17.45%), Jinotega (15.26%), RAAN (14.40) y Matagalpa (13.52%), los cuales suman el 61% de la producción nacional. El 39% restante está disperso en todo el país. A futuro se ven mejores perspectivas en la productividad, con el aporte tecnológico del INTA que ha desarrollado nuevas variedades que logran rendimientos entre 70 y 90 quintales por manzana, lo que propiciará mayores volúmenes de producción.

La alternativa de industrialización que se desarrolle a pequeña escala permitirá el aprovechamiento de este rubro en la creación de productos que generan cadenas de valor, específicamente para la producción de harina de maíz nixtamalizado; también mejorará la economía de los productores de maíz, ahorro de divisas al país al disminuir la importación de harina y por ende favorecerá la seguridad alimentaria y disminuirá los riesgos de desabastecimiento debido a cierres de frontera por pandemia u otras situaciones en países exportadores de harina. Por lo tanto, se decide llevar a cabo el proyecto de investigación de la producción de harina nixtamalizado de maíz blanco, variedad NB-6.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Diseñar el proceso de producción de harina de maíz (Zea Mays) nixtamalizada, para la cooperativa Gloria Quintanilla, del municipio El Crucero, Managua.

2.2 Objetivos específicos

- Establecer la formulación adecuada (maíz- cal- agua) para la harina de maíz blanco nixtamalizado, enfatizando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas.
- Diseñar el proceso tecnológico de la producción de harina de maíz, en función de la disponibilidad de materia prima de la cooperativa Gloria Quintanilla.
- Estimar los costos pre-operativos del proceso de producción de harina de maíz, determinando su viabilidad económica-financiera.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades del Maíz

3.1.1 Origen e importancia nutricional del maíz

El maíz originario específicamente de México, se estima que apareció hace más de diez mil años, siendo los Aztecas quienes desarrollaron el proceso de nixtamalización. De este proceso se obtiene la masa que es utilizada para producir tortillas, las cuales son fuente de calorías, proteínas y calcio para la población de bajos recursos (Bello, Osorio, Agama , Paredes, & Núñez, 2002).

El maíz cumple una función importante en la alimentación de más de 400 millones de personas. Entre los usos principales están: la extracción de aceites y combustibles, para consumo forrajero y la obtención de fructosa, habiéndose distinguido más de 600 derivados de dicho producto (MIFIC., 2007). En el caso del continente americano, todas las comunidades indígenas desde Canadá hasta la Patagonia, utilizan el maíz como uno de los principales alimentos. (Cuellar, 2008).

3.1.2 Variedades de maíz

Existen variedades de maíz clasificados de acuerdo al uso como las siguientes: maíz dulce, alto contenido de azúcar destinado para la alimentación humana, se utiliza para comer como verdura cuando es joven.; el popcorn o palomita de maíz, se caracteriza por la capacidad explosiva de la cubierta al ser sometida al calor y el maíz para harina, es una variedad que posee el contenido de almidón muy blando y se le denomina Maíz amiláceo (*Zea Mays Amilácea* Sturt). (Cuellar, 2008).

Una de las principales variedades utilizadas en los diferentes departamentos del país es la NB-6. La textura del grano es semi-dentado, proviene del cuarto ciclo de selección recurrente de la población 73 del centro internacional del maíz y el trigo (CIMMYT). Esta variedad es resistente al gorgojo *Sitophilus* y al achaparramiento; presenta excelentes características fenotípicas y buenos rendimientos, produce de 60 a 70 quintales por manzana (qq/mz).

En la figura1, se muestra el grano de maíz blanco NB-6 semidentado, es una variedad liberada por el Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA).



Figura 1 Maíz Blanco NB-6 Semi-dentado
Fuente: INTA (2014)

La variedad es sintética, técnicamente significa que es una población mejorada de maíz y se puede obtener usando más de un método de mejoramiento genético. (Márquez -Sánchez, 2013). Cuando se habla de términos sintéticos es hablar de una población de plantas que se producen artificialmente por el fitomejorador (Poehlman & Allen, 2005).

La variedad NB-6, tiene aspectos nutricionales normales. Las principales épocas de siembra son: primera y postrera. Posee una excelente adaptación, puede sembrarse desde 60 a 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm), las temperaturas apropiadas oscilan desde 25° a 32°C y requiere precipitación pluvial de 800 a 1600 mm/ciclo. Los días de cosecha de la variedad oscilan de 110 a 115 días. (INTA, 2014). Entre otros elementos importantes que señala el informe del INTA, sobre la variedad NB-6 sobresalen: Altura de la planta (230-235 cm), altura de mazorca (110-115 cm), longitud de mazorca (16-20 cm) y su cobertura de mazorca que es buena (5-7 cm).

La variedad NB-9043 es resistente a la pudrición de la mazorca por humedad y tiene alto potencial de rendimiento. NUTRADER es una variedad mejorada, biofortificada, con alta calidad de proteínas, contiene el doble de los aminoácidos lisina y triptófano; es una excelente variedad para obtener subproductos y fue introducida a nuestro país por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). La variedad NB-S es para las zonas secas, porque tiene rendimientos aceptables en condiciones de sequía, rinde de 40 a 50 qq/mz (quintales/manzana), susceptible al achaparramiento. Por último, las variedades H INTA 991 y la H INTA ORO DOBLE se pueden sembrar en alturas desde 60 a 1600 msnm, son semillas de alto rendimiento: 70 a 95 qq/mz (INTA, 2014).

3.1.3 Estructura y composición del maíz

En la figura 2 se muestra la estructura del grano de maíz y sus partes principales, las cuales son: pericarpio, endospermo y germen.

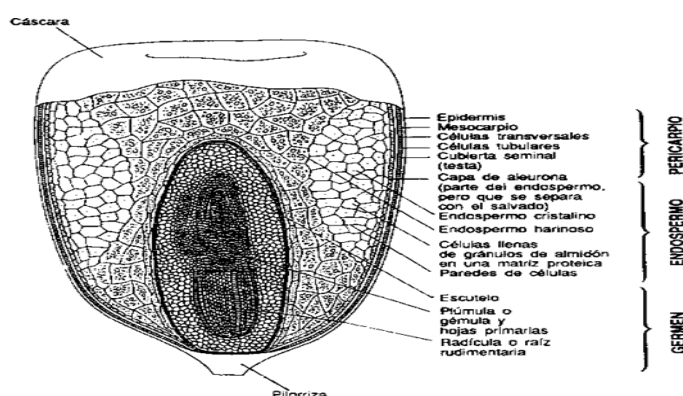


Figura 2 Estructura del grano de maíz (partes principales)

Fuente: Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964.

Tabla 1 Composición química en porcentaje –Valores en base seca

Componentes químicos	Grano Entero	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas		3.7	8.0	18.4
Germen	11.1			
Fibra cruda	5.3	83.6	3.2	14.0
Almidón	82.9	7.3	87.6	8.0
Grasa		1.0	0.8	33.2
Punta	0.8			
Otros		4.4	0.4	26.4

Fuente: González (2014) El maíz y los productos de su industrialización.

Tabla 2 Contenido de aminoácidos en el maíz

Aminoácidos	Maíz %	Patrón de referencia
Lisina	2.90	4.2
Triptófano	0.70	1.4
Isoleusina	4.00	4.2
Leusina	12.50	4.8
Metionina	4.00	
Fenilamina	8.60	2.8
Valina	5.00	4.2
Treonina	3.80	2.8

Fuente:(Koziol, 1992) experto consultor FAO, Roma. (FAO, 2013)

3.2 Características de la harina de maíz nixtamalizado

3.2.1 Propiedades físicas

La harina de maíz es un polvo fino, seco, de color blanco o blanco amarillento, en dependencia de la variedad de grano empleado. La harina de maíz de mayor consumo es blanca, por lo que el grano ha sido despojado de sus envolturas externas y del germen (González F. et al., 2016).

En relación al olor, debe ser similar al de masa de maíz, y no debe presentar signos de rancidez ni de olores extraños. El sabor debe ser característico del producto y su aspecto debe ser granuloso con una finura tal que el 75% como mínimo pase a través de un tamiz de 0.250 mm de abertura y malla N° 60 (ASTM). (González F. et al., 2016).

La calidad de las harinas está relacionada con la capacidad de retención de agua (CRA), la cual es una forma de medir su funcionalidad. El secado es un factor crítico para producirlas con una CRA adecuada, un tiempo de secado largo rompe

las cadenas del almidón y genera cadenas cortas que retienen mayor número de moléculas de agua. (Bello et al., 2002).

3.2.2 Propiedades químicas

Un factor de calidad específico es el contenido de humedad de la harina. En Nicaragua es aceptable el 14% m/m. Este porcentaje de humedad % (m/m) se expresa como la pérdida de masa de la muestra en unidades porcentuales, según la NTON 0396-11(2012). Aunque en Investigaciones realizadas por el Colegio de Postgraduados de México, indican que la humedad de las harinas industriales de maíz nixtamalizado está entre 8 y 11.7%, debe contener un 0.2% de fibra y el contenido de almidón debe ser un 81% (Bello et al., 2002).

En relación a diversos contaminantes como metales pesados y plaguicidas, la norma técnica obligatoria nicaragüense (NTON 93 096-11, 2000) señala que la harina debe estar exenta de metales pesados que pueden representar un peligro para la salud humana. Se señalan el plomo (Pb) que debe tener un límite máximo de residuo (LMR) de 0.20 mg/kg y el Cadmio (Cd) con un LMR de 0.20 mg/kg. De los plaguicidas los principales son: El Paraquat y el Forato ambos con (LMR 0.05 mg/kg), el Fluoruro de sulfurilo (LMR 0.1 mg/kg) y Propargita (LMR 0.2 mg/kg).

3.2.3 Características microbiológicas

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para Harina de maíz y Sémola de maíz sin germen, señala que la harina debe ser inocua y apropiada para el consumo humano; además debe estar exenta de microorganismos que causen daño a la salud como: mohos y levaduras cuyo límite mínimo aceptable es de 10 unidades formadoras de colonia/gramo (UFC/g), la harina debe estar libre de Salmonelas. (NTON 0396-11, 2012).

La Norma Oficial Mexicana referida a Productos y servicios. Masa, Tortillas, Tostada y harina preparada para su elaboración, establece que la elaboración de harina de maíz debe someterse a un control higiénico durante el proceso de manufactura, este control es con el fin de eliminar la probabilidad de presencia de la bacteria *Escherichia Coli*, cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella* que se encuentran en las coliformes fecales. (NOM-187, 2002).

Es importante mencionar que los aerobios mesófilos son el grupo más grande de indicadores de calidad de los alimentos. Se definen como un grupo heterogéneo de bacterias con capacidad de crecer en un rango de temperatura entre 15 y 45°C, hasta llegar al nivel óptimo de 35 a 37°C.

Los Aerobius Totales (UFC/g) deben tener un máximo de 9000. Aunque un recuento bajo de aerobios mesófilos no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas (Calle Siguencia, 2016).

Otra bacteria a vigilar en los estudios microbiológicos es la *Staphylococcus Aureus* Coagulasa (+). En cuanto a las Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 deben estar

ausentes en la harina. La micotoxina más tóxica es la aflatoxina B1. El límite máximo de Aflatoxinas es de 12 µg/g. (NOM-187, 2002).

Tabla 3 Parámetros de calidad para la harina de maíz nixtamalizado

Parámetros	Especificaciones
Organolépticos	
Color	Blanco amarillento o característico de la variedad del grano usado.
Olor	Característico, libre de rancidez u otro olor extraño
Sabor	Característico, libre de sabor extraño
Físicos y químicos	
Humedad (11%)	≤ 11.0
Proteína (%)	≤ 8.0
Ceniza (%)	≤ 1.5
Extracto etéreo (%)	≤ 4.0
Fibra Cruda (%)	≤ 2.0
Aspecto	Granulosos; 75% como mínimo debe pasar un tamiz de 0.250 mm de abertura (Malla – 60 U.S.)
Microbiológicos	
Microorganismos patógenos	Libre
Hongos (colonias/g)	≤1000
Contaminantes químicos	
Plaguicidas	Libre de residuos de pesticidas en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.
Arsénico (ppm)	0.3 máximo
Aflatoxinas (ppm)	≤ 20
Ingredientes básicos	Maíz, agua y cal
Otros	Libre de aditivos, conservadores y colorantes
Materia extraña objetable	Libre de fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, fuera de los límites permitidos por la secretaría de salud

Fuente: González A. (2014) tomado de Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, México.

3.3 Formulación de harina de maíz nixtamalizada.

Se toman en cuenta los datos de investigaciones realizadas en países que tienen experiencia en producción industrial, de harina de maíz nixtamalizada, como México y algunos países de Suramérica. Estas experiencias analizan diferentes parámetros del proceso de nixtamalización, como operación fundamental en la elaboración de harina.

La formulación que se considera de mayor interés para el desarrollo de este proceso de producción y que se puede utilizar al realizar los experimentos a nivel de laboratorio, es la propuesta de (Sinibaldi y Bressani, 2001), a la que se le han hecho algunos ajustes. Se consideran las siguientes proporciones: 3% de cal y 2

veces la cantidad de agua en relación a la cantidad de maíz que se tenga de base, de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4 *Diferentes tratamientos del maíz a nivel de laboratorio para su nixtamalización.*

Maíz	Cal (3%)	Agua (el doble del peso de maíz a utilizar)
3000 g. (3 Kg)	90.00 g.	6 litros (6,000 ml)
2000 g. (2 kg)	60.00 g.	4 litros (4,000 ml)
1,000 g. (1 kg)	30.00 g	2 litros (2,000ml)
500 g (0.5 kg)	15.00 g	1 litro (1,000 ml)
454 g (0.45 kg)	13.62 g	908 mililitros
100 g (0.1 kg)	3.00 g	200 mililitros
50 g (0.05 kg)	1.50 g	100 mililitros

Fuente: Adaptado

Existen otras propuestas que incluyen 1%, 1.2%,1.5% 2% y 3.3% de concentración de cal con tiempos de remojo de 10,12, 14 16 y 22 horas. Temperaturas de 85, 90, 92, 96 y 100°C. Tiempos de cocción de 20, 30, 45, 60, 90, 120 minutos. La humedad del grano para cocción es en promedio del 13%. El reposo entre 10 y 15 horas

En el experimento realizado por (Núñez Mayta & Coapaza Sucari, 2016), el pH resultante fue de 13 en el nejayote, con 16 horas de reposo. La preparación de nixtamal con una concentración de 3% de cal, dio como resultado una humedad óptima de 51% del grano y un contenido de calcio de 254.64 mg/100g. El pH de algunas masas comerciales tienen promedio de 6.10, lo normal es entre 7 y 8.

Con la información anterior, se observa que la variación en la concentración de óxido de calcio (CaO), tiene una alta incidencia en el pH. La importancia del pH es su capacidad de influir en la estabilidad de la harina durante el almacenamiento, el control de la actividad microbiana y el aporte de calcio que es vital para el fortalecimiento de los huesos. El pH no depende de la variedad de maíz, pero sí de la concentración de cal durante el cocimiento o al reducir el número de lavadas del nixtamal. (García y Vázquez, 2016)

3.4 Producción de harina de maíz

3.4.1 Parámetros de operación del proceso productivo

En términos generales los parámetros de operación son los rangos máximos y mínimos bajo los cuales una máquina o equipo funciona. Los parámetros de operación van a depender del tipo de máquina o equipo que se use (Ulrich, 1988).

Se considera que todo proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas, orientadas a la transformación de ciertos elementos “entrados”, denominados factores de producción, en ciertos elementos

“salidos”, denominados productos, con el objetivo primario de incrementar su valor (Valiente, 1986).

El flujo de proceso para producir la harina de maíz es el siguiente: limpieza, nixtamalizado, reposo, lavado, molienda húmeda, deshidratado, molienda seca (pulverizado) y tamizado. (Zurita Vargas, 2000).

A continuación se detallan las etapas y cada uno de los parámetros del proceso de producción.

3.4.1.1 Limpieza y selección

Determinar el porcentaje de suciedad de la materia prima, es un parámetro importante que incide en la calidad de la harina que se obtendrá. El grano proveniente de los silos se pesa y la suciedad obtenida del proceso también. La suciedad está constituida por los metales extraídos por los imanes; las impurezas como olotes, piedras, basura vegetal, maíz quebrado etc. Por último, existe un sistema de aspiración que retira el polvillo o tamo (González Arguinzones, 2014)

En cuanto a la selección, aquellos granos con mayor peso son los que poseen un valor estable en cuanto a buenas características y porcentaje de fibra; por ende, permitirán la obtención de una buena calidad en la harina.

La ecuación para calcular el porcentaje de suciedad se presenta a continuación:

$$\% \text{ suciedad del maíz} = \frac{\text{Total de suciedad en Kilogramos}}{\text{total de maíz que entra al proceso en Kg}} * 100 \quad (3.1)$$

3.4.1.2 Nixtamalizado

El nixtamalizado se refiere al remojo y cocimiento del maíz en solución de cal. En esta etapa se requiere poner atención a varios parámetros: el tiempo de cocción, la temperatura, la concentración de cal, la cantidad de agua y la dureza del grano. (Roque-Maciel y otros, 2016). El tiempo de cocción óptimo en experiencias mexicanas se calcula entre 45 y 60 minutos y la temperatura del agua es de 95°C, (González Arguinzones, 2014).

Otras experiencias señalan que la temperatura máxima sugerida ha sido de 90°C, pues a mayor temperatura el almidón del grano no se gelatiniza, quedando demasiado suave, obteniéndose una masa flácida y chiclosa que no permite la elaboración de tortillas. (Vanegas Valdivia & Vargas Paiz, 2007).

Una adecuada temperatura, en el proceso de cocción, permitirá que la viscosidad de la masa para la preparación de tortillas sea entre 200 y 240 unidades Brabender (BU). (Ortega, Morales, Hernández-Román, & Ruiz-Tórrez, 2011).

La nixtamalización es una manera efectiva para mejorar la calidad nutricional del maíz para el consumo humano, ya que este proceso causa en el grano de maíz cambios físicos, químicos y reológicos en la masa y la tortilla. (Roque-Maciel, y otros, 2016).

3.4.1.3 Reposo del maíz nixtamalizado

La hidratación del maíz nixtamalizado es el proceso más importante que afecta la calidad de la harina, ya que a mayor humedad, mejor cocimiento. Usualmente fluctúa entre 40 a 45% la humedad final (González Arguinzones, 2014).

El reposo puede ser de varias maneras: caliente-húmedo, significa que se reposa el maíz nixtamalizado en el agua de cocimiento llamada nejayote (del náhuatl: nextli, ceniza y ayotl, líquido) (RAE, 2020). Otra forma de reposo es caliente-seca, se reposa después de haber drenado el nejayote, pero sin lavar; está también el reposo frío-húmedo, en este caso se reposa con agua fría y por último frío-seco, se reposa el maíz nixtamalizado después de haberlo drenado y lavado. (González Arguinzones, 2014).

3.4.1.4 Lavado

Los granos se lavan completamente con agua fría para limpiarlos de los restos de nejayote, el cual dará al producto un sabor desagradable. El nejayote es considerado un contaminante por el pH alcalino y la gran carga de materia orgánica en solución y en suspensión. En el nejayote se solubilizan minerales, grasas, vitaminas y algunas proteínas como las albúminas y las globulinas.

El pH de las masas para producir harinas de maíz se perfila en el rango de (6.6 a 7.3). Este pH alto se puede obtener reduciendo el número de lavadas del maíz nixtamalizado o incrementando la concentración de cal durante el cocimiento. (Bello et al., 2002).

3.4.1.5 Molienda húmeda

Gómez y Rooney (1990) describen la molienda húmeda de la siguiente manera: el maíz nixtamalizado y limpio baja por una banda y pasa hacia un molino especial de martillos o de piedras, ambos métodos actúan como un triturador que moltura al grano en masa de pedazos gruesos. (Zurita Vargas, 2000).

3.4.1.6 Deshidratado

Existen diferentes denominaciones de este proceso: desecación, secado y deshidratación. (Casp & Requena, 2003).

El secado se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia. En lo que respecta a la masa de maíz, que es un fluido viscoelástico, se trata de reducir su humedad a un nivel donde los microorganismos se inactiven y lograr la textura requerida de harina de maíz para su comercialización. (Treybal, 1988).

La actividad del agua (a_w) junto con la temperatura, se consideran los parámetros más importantes que influyen en las reacciones de deterioro de los alimentos. La eliminación del agua presenta dos problemas importantes: el riesgo de alteración de la calidad nutricional y sobre todo organoléptica del producto tratado. El otro problema es el consumo notable de energía. En cuanto al consumo energético,

unas técnicas de eliminación de agua son menos costosas, pero éstas son las que alteran la calidad del producto. (Casp & Requena, 2003).

Los parámetros que gobiernan la deshidratación incluyen: la masa del material, su calor específico, geometría, propiedades dieléctricas, mecanismos de pérdida de calor y la eficiencia acoplada, es decir la relación entre la potencia aplicada y la potencia absorbida por el material. (Fito, Andrés, Barat, & Albors, 2016).

Es importante señalar que el método escogido para el secado depende sobre todo del tipo de alimento que se va a secar, el nivel de calidad que hay que alcanzar y el costo que se puede justificar. (Potter, 1978).

En relación a los mecanismos de transferencia de calor, en un secado por conducción, la velocidad de secado disminuye a medida que el material se seca. En el caso del secado por convección es distinto. El coeficiente de transferencia de calor suele ser grande y no varía mayormente durante el transcurso del secado. (Nonhebel & Moss, 2002).

También se afirma que en todos los casos de transferencia convectiva de calor, el intercambio de energía ocurre entre una superficie y un fluido adyacente, por ello debe comprenderse y describirse adecuadamente, la naturaleza del flujo de fluido. (Welty, 1981). Generalmente se utiliza el aire como medio secador debido a su abundancia, su conveniencia y a que puede ser controlado el sobrecalentamiento del alimento. (Desrossier, 1991)

Otro elemento a considerar es la uniformidad del secado, para evitar que una parte se seque excesivamente y otra parte no. Los primeros pierden gran parte de sus buenas propiedades y los segundos pueden causar problemas posteriores de conservación. El proceso de secado de sólidos es de considerable importancia práctica y económica en todas las industrias. (Nonhebel & Moss, 2002).

En esta operación unitaria hay 3 variables que afectan la velocidad de secado: temperatura, humedad y velocidad del aire de secado. En cuanto a la temperatura del aire, mientras mayor sea ésta mayor será la velocidad de secado. Durante el proceso de secado se origina un gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad. La velocidad de la corriente de secado afectará a los coeficientes de transferencia de calor. (Martínez & Lira, 2010).

Procedimiento para determinar humedad en base seca

El porcentaje de humedad en base seca, es el cociente entre la masa de agua (kg humedad) en el material y su masa seca (kg sólido seco). (Treybal, 1988).

$$\%H_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_s} \times 100 \quad (3.2)$$

Dónde: H_{bs} = Humedad en base seca

M_{H_2O} = Masa de agua M_s = Masa seca

Masa de H_2O evaporada = (Masa inicial – Masa seca)

Cuando el material está constituido de materia seca y muy poca masa de agua, se espera que el contenido de valor de humedad se aproxime a cero (0% base seca). (Martínez & Lira, 2010).

3.4.1.7 Molienda seca

La molienda seca es un punto de control porque debe permitir la obtención de una partícula fina que pueda pasar por una abertura de 0.250 mm (60 Mesh) en tamices de prueba (ASTM). (Rosabal Vega & Valle Matus, 1996).

Después de la operación de secado, nos explica Serna (1996), que las partículas se remuelen en un molino de martillos y se envían a un clasificador de partículas (tamices) para sacar varios flujos del producto seco nixtamalizado.

3.4.1.8 Tamizado

Los tamices son un medio familiar para la separación de sólidos de acuerdo al tamaño de las partículas que se requieran. Las eficiencias de cribado observadas en la industria oscilan entre un 40 y 90%, aunque la eficiencia de una clase dada del producto puede ser en particular del orden del 100%. En el análisis por tamizado, el conocimiento de la composición granulométrica de los materiales es indispensable para los procesos donde intervienen sólidos finamente divididos. Entre los propósitos principales del tamizado están: obtener el tamaño óptimo de la partícula y minimizar el gasto de energía. (Rosabal y Valle, 1989).

3.4.1.9 Envasado

Un envase es todo producto fabricado con materiales de diversa naturaleza que se utiliza para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. (Govea Garcerant, 2014).

Se debe determinar el tipo de bolsas plásticas a utilizar que pueden ser de polipropileno o de polietileno; de igual manera, verificar la resistencia y el grado de toxicidad que puedan tener en relación al empaque de la harina. (Coles et al., 2004).

3.4.2 Equipos para el proceso de producción

Ulrich (1988) Señala que una vez preparado el diagrama de flujo, el paso siguiente es especificar el equipo que aparece en él y además indica que se debe aplicar principios generales para el diseño de equipos, los cuales son:

- ✓ La identificación de parámetros de los equipos.

- ✓ La aplicación de las ecuaciones o conceptos de los fundamentos teóricos en donde corresponda.
- ✓ Empleo de la eficiencia o de un factor de corrección no ideales.
- ✓ Enumeración de otros factores que deben tomarse en cuenta para las especificaciones adecuadas.

Lo anterior permitirá identificar de manera competente los detalles de los equipos y estimar su costo. También incluye definición de materiales de fabricación específicos (metales, cerámica, polímeros, etc.).

Los servicios auxiliares representan un gasto sustancial de los recursos de ingeniería. A continuación se enuncian los principales:

- ✓ Sistemas de Agua Potable
- ✓ Suministro de energía eléctrica
- ✓ Sistemas de tratamiento de efluentes
- ✓ Control de contaminación y disposición de desechos
- ✓ Sistemas de energía de emergencia
- ✓ Tuberías
- ✓ Sistemas de protección contra incendios
- ✓ Almacenamiento

El paso posterior será dimensionarlos y establecer sus especificaciones técnicas de acuerdo al tamaño del proyecto. Uno de los equipos de mayor costo y esenciales en todo el proceso de producción es el secador, porque implica el control de las condiciones de proceso dentro de una cámara.

En los secadores tipo túnel se necesitan 250 pies³ de aire por minuto por pie² de superficie secadora para obtener buenos resultados. (Desrossier, 1991).

Para la producción de harina nixtamalizada de maíz, en el mercado de equipos industriales existen diferentes variedades y diseños; los más importantes se citan a continuación:

3.4.2.1 Equipos de limpieza de granos

- **Limpieza del maíz**

Cuando el maíz es entregado en buenas condiciones, se pasa directamente a la etapa de limpieza, utilizando para ello la máquina más común que es la cribadora-ventiladora. Su funcionamiento se basa en el movimiento oscilatorio de cribas o zarandas con corrientes de aire originadas por ventiladores, en ubicaciones adecuadas para el propósito requerido (González F. et al., 2016).

También se utiliza la separación magnética para eliminar las partículas metálicas; en este proceso se hace uso de imanes o electroimanes.

- **Selección de especies gramíneas**

La función de la selección es separar la materia prima en categorías, en dependencia de características físicas (tamaño, forma, color, peso, etc.). Estas

labores se efectúan con ayuda de maquinarias densimétricas y volumétricas, las cuales separan las materias primas o productos.

En la figura 3 se muestra una cribadora especializada para el cribado de maíz y frijol, ideal para espacios reducidos y volúmenes pequeños de cribado de 1.5-2 Ton/h.



Figura 3 Cribadora de maíz tipo vibratoria
Fuente: Hegamex (2020)

3.4.2.2 Cocedor

Un elemento a considerar en la nixtamalización es la forma geométrica del cocedor, porque el maíz a utilizar tiene forma semi-dentada. La forma geométrica rectangular empleada para el cocedor es idónea. Esta configuración contribuye al proceso con un menor tiempo de cocción, debido a que tanto la entrada como la salida son iguales y no existen cambios de presiones o velocidades internas. (Ortega et al., 2011).

A escala industrial, se realiza en equipos rectangulares con fuente de energía a partir de resistencia eléctrica. El cocimiento permite eliminar todos los posibles microorganismos dañinos al ser humano. El uso de acero inoxidable en la industria alimentaria asegura inocuidad en el alimento a procesar y mayor tiempo de vida útil del equipo.

En la figura 4, se observa el cocedor de maíz, de acero inoxidable, de 500 kg de capacidad.



Figura 4 Cocedor de maíz
Fuente: Navatex, (2020)

En la actualidad, existen equipos más eficientes en el ahorro de energía en el desarrollo de la nixtamalización, que es un proceso térmico y requiere de una combinación de energía y tiempo para lograr los cambios adecuados en los granos de maíz y así obtener un producto aceptable con las características requeridas por el consumidor. (Roque-Maciel, y otros, 2016).

Durante la cocción es necesario determinar el calor requerido, considerando la nixtamalización, desde que el grano se vertió a la solución alcalina hasta que se desprendió el pericarpio. (Roque-Maciel, y otros, 2016).

El cálculo del calor sensible usado en el sistema se realiza con la ecuación:

$$Q = mC_p\Delta T \quad (3.3)$$

Donde:

Q= Cantidad de calor cedida o recibida (en Joules) o Kcal

M= Masa del material (kg)

C_p = Calor específico del material (Kj mol kg⁻¹ K⁻¹) ó (kcal/kg°C)

ΔT = Diferencia de la temperatura

C_p del maíz = 2.27 kj mol kg⁻¹ K⁻¹ valores promedios reportados por ASABE (1999).

3.4.2.3 Tanque de reposo

La capacidad del reposador es similar al que se utiliza en cocción. Este equipo ayuda a vaciar el cocedor para poner un nixtamal más a cocer y facilita el paso a la lavadora. El material utilizado en la construcción de este equipo es acero inoxidable. También se fabrican diferentes modelos y tamaños de reposadores automáticos que vienen equipados con transportador de gusano o compuertas para realizar descargas por gravedad sin maltratar el grano.

En la figura 5 se tiene un reposador de nixtamal cuya única función es enfriar el nixtamal y darle su tiempo de reposo



Figura 5 Reposador de nixtamal

Fuente: Navatex, (2020)

Zinnot y Towler, (2012), señalan que el diseño de recipientes, es un tema especializado y se lleva a cabo por ingenieros mecánicos, los cuales consideran los siguientes datos básicos para su construcción: La función del recipiente, los materiales del proceso y servicios, temperatura de diseño y operación, materiales de construcción, aberturas y conexiones requeridas, especificaciones de los accesorios internos y las dimensiones del recipiente y su orientación.

3.4.2.4 Lavadora

Estas máquinas lavan el nixtamal, Se fabrican en acero inoxidable. Puede ser estacionaria o montada sobre una fuerte estructura con ruedas. Existen máquinas que lavan a fondo el nixtamal, retirando todo el pericarpio del maíz. Hay modelos que solo enjuagan suavemente y escurren el nixtamal en forma continua, conservando la mayor parte del pericarpio; (Navatex, 2020).

La figura 6, es una lavadora automática que cuenta con un transportador de sinfín que permite arrastrar el maíz por un conducto con coladera. El motor puede ser reversible para fácil lavado del transportador. El equipo está disponible en acero inoxidable.



Figura 6 Lavadora de maíz nixtamalizado

Fuente: Industrias Verduzco, 2020.

3.4.2.5 Equipos para Molienda

Ulrich (1988), describe los principales equipos que son especiales para la trituración y molienda. Señala como los más importantes: el molino de bolas con variante del molino de piedras, los molinos de martillos y el molino de disco o de atrición. Los principales mecanismos de reducción de tamaño caen dentro de cuatro categorías: compresión, impacto, atrición o frotamiento y corte.

Rosabal y Valle (1996) señalan que para el cálculo de la potencia de molienda N , cuando se conoce el trabajo específico calculado por las ecuaciones 3 y 4 se debe usar la expresión:

$$N = Q_m w \quad (3.4)$$

Dónde:

- N = Cálculo de potencia de molienda
- Q_m = Gasto másico del material sólido
- W = Energía total específica

El cálculo de $W = \frac{10w_i\sqrt{Dp_a}-\sqrt{Dp_f}}{\sqrt{Dp_a+Dp_f}} \quad (3.5)$

Donde:

W_i = índice de trabajo de Bond, en (kW.h)/t

$$W_i = K\left(\frac{1}{\sqrt{100}}\right) \quad (3.6)$$

D_{pa} y D_{pf} = diámetros para $x= 0.8$ del alimentado y producto de la molienda respectivamente, en micrones.

$K = \sqrt{100w}$ constante

Los valores del índice del trabajo de Bond (W_i) se obtuvieron en instalaciones de quebrantamiento y pulverización de laboratorio e industriales y pueden ser usados directamente para la estimación del trabajo específico de molienda para quebrantamiento y pulverización en seco, en circuito cerrado y para pulverización húmeda. (Rosabal y Valle, 1989).

- **Molinos de martillos**

En cuanto a los molinos de martillos, éstos son trituradores que tienen martillos sujetos por pernos que pivotean a la periferia de un disco o cilindro giratorio de alta velocidad. El espacio entre las hojas fijas de la carcasa y los martillos móviles puede ajustarse para proporcionar la finura deseada de las partículas. (Ulrich, 1988).

Se puede evaluar el consumo de potencia de un molino de martillos, durante el procesamiento de la materia prima utilizando una pinza voltiamperimétrica que grava la información de corriente, voltaje y ángulo de desfase durante un período de tiempo, simultáneamente se agregan cargas controladas a intervalos regulares. El experimento demuestra que existe relación entre la carga y el consumo de potencia. (Gil & Espinoza, 2019).

La ecuación para calcular la potencia del molino de Martillos es:

$$P = V * I * (\cos \emptyset) \quad (3.7)$$

Donde:

P: Potencia eléctrica del molino de martillos

V: Voltaje del molino de martillos

I: Corriente eléctrica de la misma máquina y

Cos (\emptyset): coseno del ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente.

- **Molino de Disco**

Contraparte del molino de piedras usado para moler granos. Aun cuando su eficiencia es relativamente baja, son excelentes para reducir partículas tenaces e impermeables como: cuero, hule, trapos, semillas y granos. (Ulrich, 1988). El diseño similar se puede utilizar para pulverizar productos secos.

La figura 7, es un molino de discos de fabricación nacional, utilizado para pulverizar los granos secos de maíz.



Figura 7 Molino de Discos

Fuente: Taller de Molinos de Masaya, 2020

- **Molino de bolas**

Se utiliza para la tritución fina y extrafina. Los molinos de bolas son los mejores; pueden operarse en estado húmedo y seco. En este último produce un polvo más fino. En cuanto a costo, son relativamente baratos; sin embargo, el consumo de energía específica es grande. (Ulrich, 1988).

- **Molino de piedra.**

Estos molinos pueden usar piedras de 12, 13 y 14 pulgadas y motor de 20 a 30 HP. Produce de 700 a 1000 Kg. de masa por hora. Cuentan con un alimentador especial que está equipado con control de velocidad, modelo SP-4, para regular fácilmente la textura de la masa. Se construyen en varios modelos con distintas características.

En la figura 8, se tiene un molino de piedras, de gran capacidad de molienda, el diseño ocupa el menor espacio posible en el taller de trabajo. Ayuda a ganar un 5-10% de espacio en el área de trabajo. El motor eléctrico permite obtener un ahorro del 10-30% de consumo eléctrico.

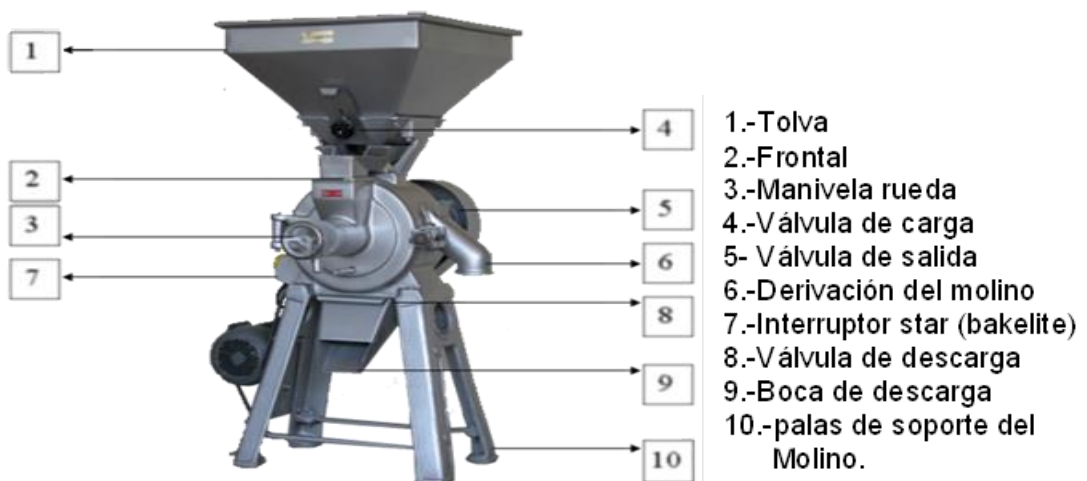


Figura 8 Molino de Piedra

Fuente: Toper (2020)

3.4.2.6 Equipos de Secado

Los equipos para la deshidratación de alimentos se conocen como secadores. Existen diversos tipos de secadores tanto para el régimen de operación continuo como para el intermitente. El estado físico del material por deshidratar y las características del producto deshidratado son determinantes para elegir el tipo de secador adecuado para cada caso particular (Patino Olivares, 2000).

Los parámetros del deshidratador están relacionados con los intercambiadores de calor, las especificaciones preliminares requieren el conocimiento de las áreas, presiones, temperaturas y materiales de construcción. (Ulrich, 1988).

McCabe, Smith & Harriot (1998), expresan que la primera consideración en la selección de un equipo de secado es su facilidad de operación, por encima de cualquier otra consideración, el equipo ha de ser capaz de obtener el producto deseado en la forma especificada.

La elección final se decide sobre la base de los costos de inversión y operación. Los costos de operación no han de ser excesivos; la contaminación debe controlarse y el consumo de energía minimizarse (McCabe et al., 1998).

En relación a los deshidratadores, los de tambor o de rodillos son los más eficientes; la deshidratación se produce antes que el tambor complete un giro entre 20 segundos y 3 minutos. El alimento es despegado mediante una cuchilla. (Fellows, 2000).

En los cálculos de secado se aplica la ecuación básica de la tasa de transferencia de calor.

$$q_t = UA \Delta T \quad (3.8)$$

Donde:

U= Coeficiente global

A= Área de transferencia de calor

ΔT = Diferencia media de temperatura

García y Vázquez (2016), indican que el proceso de secado es la operación más crítica durante la elaboración de harina nixtamalizada. El Secado rápido ocasiona gelatinización parcial, retrogradación y reducción en la cristalinidad del almidón, de tal manera que afecta las características reológicas de rehidratación de la harina, disminuye la cohesividad, la plasticidad y la vida de anaquel de la tortilla. En el caso contrario, un tiempo de secado largo, rompe las cadenas de almidón y genera cadenas cortas que retienen mayor número de moléculas de agua.

En la tabla 6, se señalan diferentes tipos de secadores que de manera general se clasifican de acuerdo al mecanismo de transferencia de calor y otros métodos de secado.

Tabla 5 Tipos de secadores

Secado Solar Radiación	Secado por gases calientes (convección)	Secado por conducción	por	Otros métodos de secado
Secadores solares naturales	-S. de Horno -S. de bandeja o armario	Secador de bandeja al vacío		Secador Foam Mat.
Secadores solares semi-artificiales	-Secador de túnel -S. de cinta transportadora	Secador de tornillo sin fin.		Secado por explosión (Puffing)
Secadores solares asistidos.	-Secador Rotatorio -Secador de lecho fluidizado -S. por arrastre Neumático -Secado por Atomización	Secador de rodillos		Secado por microondas Secado por deshidratación Osmótica

Fuente: Casp y Requena (2003)

De Los principales secadores para el proceso de conversión de la masa húmeda en harina de maíz podemos señalar los siguientes:

- **Secador rotatorio**

Consiste en una carcasa cilíndrica giratoria dispuesta de forma horizontal o ligeramente inclinada hacia la salida. La alimentación húmeda entra por un extremo del cilindro; el producto se descarga por el otro. Al girar la carcasa, unas pestañas internas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. (McCabe, et al., 1998).

La figura 9 muestra el esquema del secador rotatorio calentado con aire en contracorriente.

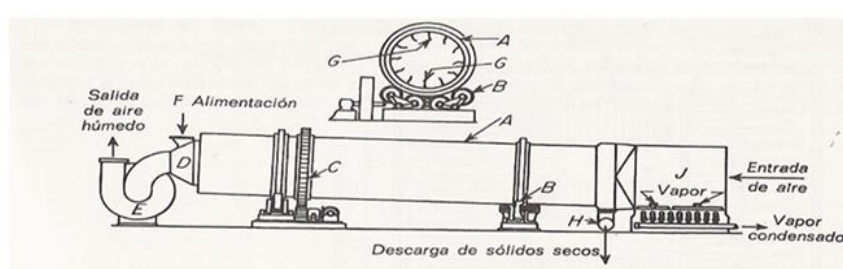


Figura 9 Esquema de secador rotatorio

Fuente: Warren McCabe et al. (1998)

La velocidad másica permitida para el gas en un secador rotatorio de contacto directo varía entre 1950 y 24,000 kg/m² -h (400 y 5000 lb/ft².h) para partículas

gruesas. Temperaturas típicas del gas a la entrada oscilan entre 120 a 175°C (250 y 350°F) para aire calentado con vapor y entre 550 a 800°C (1000 y 1500°F) para gases de combustión procedentes de un horno.

Los diámetros de los secadores están entre 1 y 3m (3 y 10ft). La velocidad periférica de la carcasa en general varía entre 20 y 25 m/min (60 y 75 ft/min) (McCabe et al., 1998).

Ulrich, (1988) menciona que, en todos los equipos rotatorios, el flujo de gas, puede ser a favor o en contra de la corriente, dependiendo de las condiciones de posición deseadas. Una forma común de equipo de contacto rotatorio indirecto es el secador rotatorio de tubos de vapor, el cual consiste en un cilindro que contiene filas de tubos longitudinales adyacentes a la parte interior que giran con él. Dentro de los tubos se hace circular vapor o agua fría para secar o enfriar los sólidos.

Los equipos rotatorios se pueden emplear para procesar la mayoría de los sólidos convencionales, con algunas modificaciones adecuadas. Tiene un gran costo de capital (Ulrich, 1988).

Los secadores rotatorios se diseñan basándose en la transmisión de calor. Una ecuación empírica dimensional para el coeficiente volumétrico de transmisión de calor Ua es:

$$Ua = \frac{0.5 G^{0.67}}{D} \quad (3.9)$$

Donde

G = Velocidad másica del gas en lb/pié²

D = Diámetro del secadero en pies.

Secadores indirectos o de contacto

Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto. Se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica. Brennan, Butters, & Cowell (2020), le llaman desecación por contacto con una superficie caliente y en este caso se aporta por conducción el calor sensible y el calor latente.

- **Secador de rodillos**

La deshidratación en el secador de rodillos, se basa en la aplicación del alimento, líquido o semilíquido sobre la superficie exterior de un cilindro horizontal que gira lentamente y en la eliminación del agua en el curso de 300 grados de una revolución. El cilindro está calentado interiormente con vapor del agua a presión y con agua caliente u otro líquido transmisor a elevada temperatura. El producto

seco se separa en forma de película continua mediante una cuchilla que rasca longitudinalmente la superficie del cilindro (Fito et al., 2016).

En la figura 10, se presenta el Secador de Rodillos o de tambor, que es efectivo para secar alimentos en forma de puré. También es uno de los más eficientes en términos de consumo de energía.



Figura 10 Secador de Rodillos
Fuente: Quiminet (2009)

- **Secador por arrastre neumático**

Los elementos básicos de un deshidratador neumático según Fito et al. (2016), son: generador de aire caliente, alimentador de producto húmedo, ventilador, conducto de secado y transporte simultáneos, incluyendo ciclones. También utilizan un medio de secado de aire caliente para suministrar el calor necesario para evaporar el agua, los tiempos de operación son cortos, debido al uso de aire a elevadas temperaturas.

Los productos que son granulares o muy divididos como forrajes, almidones, harinas, entre otros; son adecuados para el secador por arrastre neumático. Los alimentos pierden rápidamente humedad y soportan la erosión a la que son sometidos (Fito et al., 2016).

Sus dos componentes principales: ciclón que separa los gases y la materia deshidratada y el extractor cuya función es la de medio de expulsión del gas limpio (Fito et al, 2016).

Las ventajas de este tipo de secadores son: transporte simultáneo del producto, posibilidad de clasificación por tamaño de partículas, coste inicial de inversión bajo, simplicidad mecánica y no utiliza mucho espacio.

La figura 11, es un secador por arrastre neumático, especialmente adecuado para tratar grandes cantidades de producto y es por lo general económico, teniendo una capacidad de evaporar 100 kg de agua por hora.



Figura 11 Secador por arrastre neumático
Fuente: Alibaba (2020)

3.4.2.7 Equipo de tamizado

Según Rosabal y Valle (1989), en la industria química y de alimentos se usan principalmente 2 métodos: el tamizado o cribado y la separación hidráulica o neumática.

Los tamices industriales se construyen con tela metálica, telas de seda o plástico, barras metálicas, placas metálicas perforadas, o alambres de sección transversal triangular. Se utilizan diferentes metales, siendo el acero al carbono y el acero inoxidable los más frecuentes. (McCabe, Smith, & Harriot, 1998).

Los tamaños de los tamices normalizados están comprendidos entre 4 pulg. Y 400 mallas, y se dispone de tamices comerciales de tela metálica con aberturas tan pequeñas como 1 micrómetro (μm). En la mayoría de los tamices las partículas pasan a través de las aberturas por gravedad, pero en algunos casos éstas son forzadas a través del tamiz por medio de un cepillo o mediante fuerza centrífuga. (McCabe et al., 1998).

La capacidad de un tamiz se mide por la masa de material que puede recibir como alimentación por unidad de tiempo y unidad de superficie. Esta capacidad se controla simplemente variando la velocidad de alimentación de la unidad (Perry, 1998).

Existen diferentes escalas para pruebas, que nos permiten obtener la granulometría deseada de la harina de maíz. Rosabal (1989), menciona que las

más utilizadas son: escala Tyler (Gran Bretaña), escala ASTM (Estados Unidos) y escala Gost (Federación Rusa).

Los criterios para la selección de tamices de prueba ASTM que es el organismo internacional de Normalización de Estados Unidos, están relacionadas a la eficiencia, la selección del tamaño de agujeros de acuerdo con el tamaño de la fracción deseada, que en este caso la abertura seleccionada es de 0.250 mm (60 mesh), También es importante señalar que la superficie del tamizado tenga suficiente robustez y rigidez para soportar las cargas mecánicas y de preferencia que las mallas tengan orificios circulares, porque los orificios cuadrados y poligonales son menos efectivos. (Rosabal y Valle, 1989).

Para el cernido de partículas pequeñas que no difieren mucho en tamaño de las aberturas del tamiz, se utilizan equipos en que los tamices están dotados de movimientos especiales para desalojar las partículas obstructoras y para mantener el flujo continuo de material. Por ello la tendencia actual es el uso de las cribas vibratorias debido a su mayor capacidad y menor gasto de energía.

La capacidad de un tamiz de una criba vibratoria en t/h puede estimarse de acuerdo con la ecuación:

$$Q_m = kq (\delta_a)A \quad (3.10)$$

Donde:

Q_m = Capacidad del tamiz de criba vibratoria

K = Constante que puede tomarse como igual $0.88 \cdot 10^{-3}$ t/kg

q = Capacidad específica media del tamiz en $m^3/h.m^2$

δ_a = Densidad aparente (kg/m^3)

A = Área (m^2)

La Ecuación 5.9, también puede usarse para estimar los valores necesarios de área de tamizado al seleccionar cribas estándares de los catálogos. La eficiencia de una operación simple de tamizado puede determinarse por medio de análisis granulométrico del alimentado y el rechazo. (Rosabal y Valle, 1989)

3.4.2.8 Empaque para harina de maíz.

Para empacar el producto harina se utiliza material plástico porque ofrece las siguientes ventajas: El costo es adecuado para las necesidades del mercado y son ligeros de peso, contribuyen a la transparencia del producto y a las bolsas se les puede realizar sellado por calor. Las bolsas plásticas fluyen y se moldean bien bajo determinadas condiciones para conseguir todo tipo de formas. (Coles, McDowell , & Kirwan, 2004).

En la figura 12, se muestra el empaque en bolsa plástica de una libra que se utilizará. El nombre que se le pondrá será: Harina de maíz “Pinolera”.



Figura 12 Presentación de Harina de Maíz (1lb.)

Fuente: Gruma, (2021)

Otras Características que debe tener la bolsa plástica es buena inercia química, no ser reactiva con químicos orgánicos, incluyendo ácidos, álcalis y solventes orgánicos, así como a muchos tipos de compuestos. Un elemento importante para mercadeo es su facilidad de impresión y decoración. (Govea Garcerant, 2014).

Los plásticos se utilizan en el envasado de alimentos porque ofrecen una gran cantidad de posibilidades. Por ejemplo, Los microorganismos no pueden crecer sobre materiales plásticos. (Coles, McDowell , & Kirwan, 2004).

Entre las principales desventajas de los plásticos se tienen problemas con el medio ambiente, debido a su poca biodegradabilidad, en un momento en el cual el consumidor tiende a generar mecanismos de conservación del ambiente. Sin embargo actualmente se desarrollan y comercializan películas flexibles con materiales biodegradables como el maíz. También se tienen problemas de reciclabilidad, porque en las tecnologías de fabricación sólo se permite hasta un 20% de producto reciclable. Se agrega a las desventajas, el hecho de que los materiales poliméricos tienen un grado de permeabilidad a los gases, aromas y radiaciones que afectan la estabilidad organoléptica de los alimentos. (Govea, 2014).

Los polímeros que sobresalen en el sector de envases y embalajes son: El polietileno (PE), polipropileno (pp), poliéster (PS), polietileno tereftalato (PET) y policloruro de vinilo (PVC). De todos los mencionados, el polietileno es el que más se utiliza en el mundo moderno por su uso en envases para alimentos. (Govea, 2014).

De este último polímero se encuentran diversos tipos: Polietileno de baja densidad (LDPE), su uso principal es para envase de alimentos congelados; Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), posee mejores propiedades mecánicas, es de buena barrera a los químicos y tiene una gran fuerza de sellado; por último el polietileno de alta densidad (HDPE). Este material es resistente a las temperaturas de ebullición, su punto de fusión es de 135°C, es ideal para ácidos, bases y alcoholes. (Govea, 2014).

3.5 Costos pre operativos del proceso de producción de harina de maíz.

Costo es un procedimiento para calcular lo que cuesta hacer algo, es la suma de esfuerzos (mano de obra) y recursos (materiales y otros de la fábrica) que se han invertido para producir un bien o prestar un servicio. (Vásquez, 2021).

También señala que el costo es un desembolso o su equivalente que reportará un beneficio futuro, por consiguiente es capitalizable. Se puede afirmar que es una cadena de valor que se gesta desde el momento cuando se buscan las materias primas, se realiza la función de compra, se transforma la materia prima, se almacena como producto terminado y se realiza la entrega al cliente.

3.5.1 Costos de producción

Los elementos del costo de producción según Vásquez (2021), son: Materiales Directos (MD), estos son los que se identifican con el bien o servicio que se produce. Su costo puede cargarse directamente, ya que la observación física permite medir la cantidad consumida por producto. El segundo elemento es la Mano de Obra Directa (MOD) que constituye el salario básico, las prestaciones sociales, y aportes parafiscales de quienes transforman directamente el producto. Por último los Costos Generales de Fabricación (CGF) que se requieren para producir y no pertenecen a las categorías anteriores.

Sapag Chain (2011), expresa que el costo de mano de obra constituye uno de los principales ítems de los costos de operación de un proyecto. La importancia relativa que tenga dependerá del grado de automatización del proceso productivo, de la especialización del personal requerido, de la situación del mercado laboral, de las leyes laborales y del número de turnos requeridos.

En la figura13 se menciona que en los costos de producción se anotan y determinan como bases principales: Los costos de depreciación y amortización, combustibles, mantenimiento y control de calidad, costos de agua, costos de mano de obra y materia prima, costos de energía eléctrica, envases y otros costos.



Figura 13 Bases para costos de producción
Fuente: (Baca, 2016)

3.5.2 Costos de administración

Son los costos que provienen de realizar la función de administración de la empresa. Esto implica que fuera de las 2 grandes áreas: producción y ventas, se incluyen todos los demás departamentos y áreas que pudieran existir en una empresa (Baca, 2016).

3.5.3 Costos de venta

Estos costos se generan en el proceso de llevar el producto desde la empresa hasta el último consumidor, por ejemplo publicidad, comisiones, fletes entre otros. (Vásquez, 2021).

3.5.4 Costos financieros

Son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamos (Baca, 2016), lo que significa que se relacionan con la obtención de fondos para la operación de la empresa. (Vásquez, 2021).

3.5.5 Depreciaciones y amortizaciones

Las depreciaciones se aplican a los activos fijos, ya que con el uso estos bienes valen menos, se utiliza para referirse a la pérdida contable (Sapag Chain, 2011). En cuanto al concepto de amortización, se considera un cargo anual que se hace para recuperar la inversión. Sólo se realiza a los activos diferidos o intangibles. (Baca, 2016).

Los cálculos de depreciación y amortización deben basarse en lo estipulado por la ley tributaria de Nicaragua, que es donde están los porcentajes autorizados para

cada bien. Estos reducen el costo de los impuestos, la recuperación de la inversión por el mecanismo fiscal. Se utiliza para calcular la depreciación, el método de línea recta. (Baca, 2016).

Sapag Chain (2011), establece que la depreciación no constituye un egreso de caja y el método empleado tiene nada más que un efecto marginal en el resultado de la evaluación, ya que afecta de manera indirecta únicamente al momento en que se registran los impuestos y no a su cuantía.

3.5.6 Inversión total: fija y diferida

Comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones del proceso de producción. El activo tangible son bienes propiedad de la empresa que se pueden tocar (terreno, maquinaria, equipos, transporte, etc. (Baca, 2016).

Los activos diferidos o intangibles es el conjunto de bienes propiedad de la empresa, necesarios para su funcionamiento y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, etc. (Baca, 2016).

Sapag Chain (2011), agrega que la cantidad de máquinas y equipos deben estar respaldadas con un anexo técnico, donde se justifique con esa configuración de máquinas en tipo y cantidad, que puede producirse en cantidad y calidad el bien o servicio que elaboraría el proyecto.

3.5.7 Capital de trabajo

Una inversión fundamental para el éxito o el fracaso de un negocio es la que se debe hacer en capital de trabajo. Si el proyecto no contempla la inversión en el capital necesario para financiar los desfases de caja durante su operación, probablemente fracase. (Sapag Chain, 2011).

Desde el punto de vista práctico está representado por el capital adicional (distinto de la inversión en activo fijo y diferido) con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa; esto es, hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos. (Baca, 2016).

3.5.8 Punto de equilibrio

Nivel de producción en el que los ingresos por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables. (No es una herramienta de evaluación económica, pero sí es una herramienta importante de referencia a tomar en cuenta).

La utilidad general que se le da al punto de equilibrio, es que es posible calcular con mucha facilidad el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas. (Baca, 2016).

En las ecuaciones (5.10) y (5.11) se establecen las fórmulas para el cálculo del punto de equilibrio de dos formas: en unidades y en dinero.

$$\text{En unidades } Q = \frac{CF}{P-CV} \quad (3.11)$$

$$\text{En dinero } Q = \frac{CF}{1-\frac{CV}{P}} \quad (3.12)$$

Dónde: CF: Costos Fijos CV: Costo Variable P: precio unitario

3.5.9 Cronograma de inversiones

La mayoría de las inversiones de un proyecto se concentra en aquellas que se deben realizar antes del inicio de la operación. Éstas constituyen lo que los textos denominan calendario de inversiones previas a la puesta en marcha. Todos Los desembolsos catalogados como gastos, si se realizan antes del inicio de la operación del proyecto, deben incluirse en el calendario de inversiones o calendario de egresos. (Sapag Chain, 2011).

El Cronograma se refleja en un diagrama de Gantt, tomando en cuenta plazo ofrecido por proveedores, los tiempos de instalación y puesta en marcha de los equipos. (Baca, 2016).

Como no existen dos proyectos iguales, es muy difícil generalizar lo que debe contener este calendario. Sin embargo en él deben señalarse la magnitud y el momento del tiempo en que ocurre cada desembolso. (Sapag Chain, 2011).

3.5.10 Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto (VPN) es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. (Baca, 2016).

Es claro que si el VPN = 0 sólo se estará ganando la tasa de descuento aplicada, o sea la TMAR, y un proyecto debería aceptarse con este criterio, ya que se está ganando lo mínimo fijado como rendimiento. (Baca, 2016)

El valor presente neto- VPN, es un indicador importante en la evaluación financiera pues con él se cuantifica la generación o la destrucción de riqueza. Al igual que la Tasa Interna de rendimiento (TIR), que matemáticamente es la tasa de interés que iguala a Cero el Valor Presente Neto, también indica la rentabilidad de un proyecto de inversión. (Ramírez Díaz, 2011).

3.5.11 Tasa interna de rendimiento

La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. (Baca, 2016)

IV. METODOLOGÍA

4.1. Aspectos Generales

Considerando el instructivo para realizar el trabajo monográfico orientado por la decanatura de la facultad de Ingeniería Química, el tipo de investigación se denomina diseño tecnológico.

El enfoque es cuantitativo, se medirán magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación; en tanto el proceso es secuencial y probatorio. (Hernández Sampieri, Baptista Lucio, & Fernández Collado, 2014).

El universo de estudio es la planta de producción de harina de maíz nixtamalizado. La secuencia de actividades inicia con el diseño del producto a través de la formulación de la mezcla de harina (maíz, cal y agua). El diseño del producto se llevará a cabo en el laboratorio de ingeniería de procesos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) con el propósito de producir harina de maíz nixtamalizado. El maíz a utilizar es la variedad NB-6, producida por el INTA.

4.2 Estudio de ingeniería del proyecto

4.2.1 Descripción del proceso de producción

La descripción del proceso productivo hará posible conocer las materias primas y los restantes insumos que demandará. También determinará los requerimientos de equipos de fábrica para la operación y el monto de la inversión (Sapag N. & Sapag R., 1995). Para lo anterior se requiere de diagrama de bloques y diagrama de flujo de procesos.

La norma a utilizar para elaborar los diagramas es la Norma Internacional ISO 10628:1997. Estos diagramas se utilizan especialmente en las industrias químicas, petroquímicas, petroleras, farmacéuticas, alimentarias y del medio ambiente. Se establecen en ella las reglas generales del proceso, entendiéndose como tal, la secuencia de operaciones químicas, físicas o biológicas que son necesarias para la transformación, el transporte y el almacenamiento de materiales o energía. (AENOR, 2001).

4.2.2 Selección y dimensionamiento de equipos

Del análisis de las características y especificaciones técnicas de las máquinas se establecerá su disposición en planta, lo que a su vez permitirá dimensionar las necesidades de espacio físico para su normal operación, en consideración de las normas y principios de la administración de la producción (Sapag N. y Sapag R., 1995). Para lograr una buena selección de equipos se debe considerar: Los factores relevantes para el dimensionamiento y el balance de materia y energía.

4.3 Metodología para el diseño del producto

4.3.1. Diseño Experimental

Se realizarán experimentos considerando las variables concentración de óxido de calcio y tiempos de reposo del maíz. Al iniciar la cocción se medirá el pH de la mezcla óxido de calcio más agua, en tres niveles de concentración: 1%, 2% y 3%. Estos a su vez tendrán tiempos de remojo de 10 y 15 horas, para un total de 6 formulaciones.

Se considerará la evaluación de los porcentajes de óxido de calcio porque una buena proporción de calcio se queda en el pericarpio, pero cantidades altas penetran en la estructura del endospermo y esto está asociado a la cantidad de cal utilizada, la cual influye sobre el pH. (Billeb de Sinibaldi & Bressani, 2001).

4.3.2 Nixtamalización

Para el proceso de Nixtamalizado se llevará a cocción el maíz, variedad NB-6 a una temperatura de 92°C, por un tiempo de 45 minutos. Se usará mezcla de agua 1 vez el peso de la cantidad de maíz. Cada porcentaje de concentración de cal en el proceso de cocción del maíz, tendrá dos tiempos de remojo. De estas condiciones se desprenden los tratamientos a desarrollar. Se debe entender como tratamiento al conjunto particular de condiciones, cuyos efectos van a ser medidos y comparados en el desarrollo del experimento que se ha diseñado. (Guerra, et al., 2003).

Las Variables del experimento son:

C1: Concentración al 1% de CaO

C2: Concentración al 2% de Cao

C3: Concentración al 3% de Cao

t1: Tiempo de remojo – 10 horas

t2: Tiempo de remojo- 15 horas

Controles

- pH
- Humedad del nixtamal
- Contenido de calcio (mg/100 g)

En la figura 14, se pueden observar los diferentes niveles del proceso de nixtamalización en donde, C1, C2, C3 representan las diferentes concentraciones de CaO. En tanto, TR1 y TR2 los tiempos de reposo.

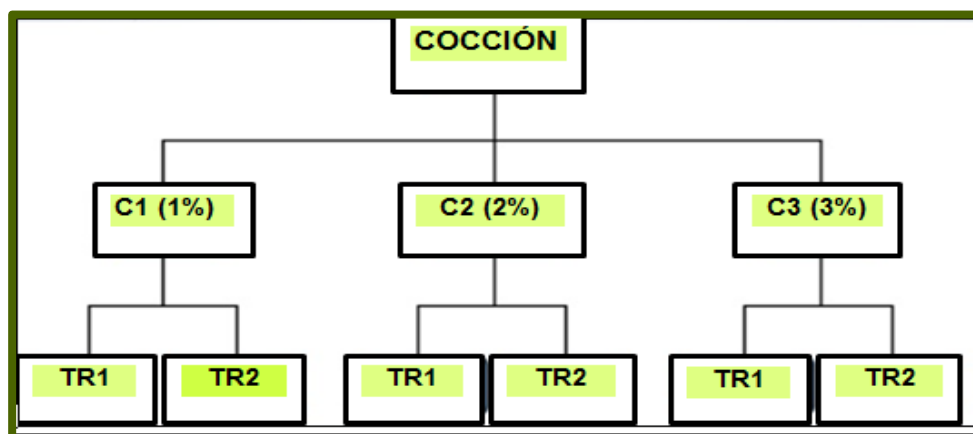


Figura 14. Diferentes niveles del experimento de Nixtamalización

Se presentará un análisis estadístico para un diseño factorial completamente al azar (3x2) con 2 factores. Los resultados, se evaluarán con un análisis de varianza, que se basa en el procesamiento de la información obtenida a partir de la observación repetida del hecho que se investiga. (Guerra, et al., 2003).

Tabla 6 Concentraciones y tiempo de reposo de cada experimento

No. Experimento	Concentraciones	Tiempo de Reposo
1. H1	1% de Oxido de Calcio	10 horas
2. H2	1% de Óxido de Calcio	15 horas
3. H3	2% de Oxido de Calcio	10 horas
4. H4	2% de Oxido de Calcio	15 horas
5. H5	3% de Oxido de Calcio	10 horas
6. H6	3% de Oxido de Calcio	15 horas

H (1-6): para obtener harina de maíz nixtamalizada

4.3.3 Materiales a utilizarse

4.3.3.1. Insumos

Se requerirá principalmente óxido de calcio, agua y maíz variedad NB-6.

Tabla 7 Insumos del experimento nixtamalización

Materia (Insumos)	Prima	Cantidad total
Maíz Blanco NB-6	12	Kg
Agua	12	Kg
Óxido de Calcio	0.24	Kg

Los cálculos del óxido de calcio están basados en las concentraciones del 1%, 2% y 3% que se utilizarán.

4.3.3.2 Equipos, Materiales y utensilios

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), facilitará los principales equipos que se utilizarán en el desarrollo experimental de la formulación de la harina de maíz, que se detallan en la tabla 9, tales equipos se utilizarán previa autorización y programación de las autoridades correspondientes. En este proceso no se utilizarán preservantes.

Tabla 8 Equipos, materiales y utensilios

N°	Equipos, materiales y utensilios	Cantidad	Uso
01	Horno de bandeja	1	Secar maíz húmedo a 80°
02	Balanza de humedad	1	Medir Humedad de masa al entrar al secador y al salir.
03	Secador de vacío	1	Ubicar muestras después de retiradas del secador
04	Balanza analítica	1	Para pesar las muestras de masa húmeda y seca.
05	Molino manual	1	Molienda de maíz y de masa seca
06	Zaranda para limpiar maíz	1	Quitar impurezas, suciedad
07	Tamiz 0.250 mm (60 Mesh)	1	Obtener granulometría deseada
08	Termómetro industrial 150°	1	Medir temperatura de cocción del maíz.
09	pHmetro digital	1	Medir grado de alcalinidad de la mezcla de agua y cal.
10	Bandejas	1	Poner masa laminada de unos 2 mm de espesor.
11	Bolsas selladas	6	Para almacenar muestras
12	Guantes termoprotectores	2	Para retirar la bandeja del secador.
13	Espátula	1	Recoger sólidos
14	Probeta de 1000 ml	1	Para medir volumen de agua.
15	Olla de aluminio	1	Para cocción del maíz
16	Tina plástica de 6 litros	1	Lavar maíz,
17	Cuchara de madera	1	Mover maíz durante la cocción.
18	Papel Toalla	1	Secar utensilios.
19	recipiente acero inoxidable	1	Poner masa nixtamalizada
20	Lavaplatos (pasta)	1	Lavado de utensilios
21	Paste	1	Lavado de utensilios
22	Gas propano 25 libras	1	Para cocer maíz
23	Marmita de cocción	1	Acero inoxidable 304
24	Cronómetro	1	medir tiempo de cocción y otros

4.3.4 Operaciones unitarias a nivel de laboratorio

4.3.4.1 Limpieza y selección

Se iniciará con la limpieza del maíz utilizando un tamiz pequeño de uso manual para retirar piedras, tierra y otros materiales que contenga el producto y a continuación se procederá al lavado del grano en forma manual para quitar polvo, tierra, entre otros. Una vez lavado se continuará con la selección del maíz. Aquí se saca el maíz podrido y quebrado.

4.3.4.2 Cocción del maíz (nixtamalizado)

Antes de depositar el maíz, con el medidor de pH se determinará el grado de acidez o alcalinidad de la mezcla, luego se colocará el recipiente de cocción en la cocina de gas. Se medirá la hora de inicio, así como la hora de finalización.

En el proceso de cocción también se mide la temperatura de inicio y la final que debe ser de 92 °C. Esta medición se hace con un termómetro industrial, cuando el maíz ya desprende el pericarpio con facilidad.

4.3.4.3 Reposo

Después de la cocción, el maíz se dejará en reposo, utilizando el método caliente-húmedo, con el fin de ahorrar agua, no se decantará el líquido sobrenadante (nejayote). La atención en el cumplimiento del variable tiempo de reposo se mide con un cronómetro.

4.3.4.4 Lavado

Esta operación se realizará manualmente, se agregará agua hasta que el maíz esté limpio, libre del pericarpio. Se medirá el consumo de agua en el lavado.

4.3.4.5 Deshidratado

La masa húmeda obtenida de la operación de molienda se secará en un horno de bandejas, la humedad final será de un 11 % a una temperatura de secado de 80°C. Se utilizará una balanza medidora de humedad.

El tiempo de secado de la masa de maíz nixtamalizado se calculará durante el desarrollo del proceso de deshidratación.

4.3.4.6 Molienda Seca

Una vez obtenido el maíz deshidratado, se pasará por el molino de discos para obtener la harina en forma de polvo fino.

4.3.4.7 Tamizado

Con la finalidad de obtener la granulometría establecida por la norma Americana ASTM: American Society for testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) la harina de maíz se pasará por un tamiz de 0.250 mm (60 Mesh).

En la tabla 9 vemos la abertura en milímetros y el número de mallas de los tamices de prueba.

Tabla 9 Dimensiones de los agujeros de prueba (ASTM)

Abertura (mm)	Mallas o No. de hilos/pulg.
1.700	12
0.710	25
0.600	30
0.500	35
0.425	40
0.250	60
0.212	70
0.180	80
0.150	100

Fuente: Rosabal (1989)

Las partículas de harina de maíz, mayores a las medidas necesarias, se pasan nuevamente por el molino hasta obtener la granulación prevista.

4.3.4.8 Envasado y etiquetado

Se diseñará el empaque y la correspondiente etiqueta.

4.4 Viabilidad económica-financiera.

El instructivo básico entregado por la decanatura de la facultad de ingeniería química (2020), indica que la información básica para realizar el estudio económico-financiero debe considerar lo siguiente: Inversión fija y diferida, capital de trabajo, costos de operación, ingresos, tablas de Estado de Resultado, Valor presente Neto, Tasa Interna de Retorno, período de Recuperación y el análisis de Sensibilidad.

4.4.1 Estudio económico

La parte del estudio económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, que servirán de base para la parte final y definitiva que es la evaluación financiera. (Baca, 2016)

Para mostrar los costos del proyecto, se utilizarán una serie de tablas que muestran los costos totales de producción y sus respectivos anexos, los gastos de administración, los gastos de ventas, la síntesis de los costos totales de operación y otros costos como los de materia prima e insumos. También se incluyen las inversiones en equipamiento.

El cálculo de materia prima e insumos se realiza a partir de un programa de producción que define en primer término el tipo, calidad y cantidad requeridas, para operar en los niveles de producción esperados. (Sapag Chain, 2011).

4.4.2 Evaluación financiera.

Es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Esto implica que el método de análisis empleado deberá tomar en cuenta este cambio real del dinero a través del tiempo. Se utilizarán los métodos de análisis que toman en cuenta este hecho. (Baca, 2016)

Para determinar la rentabilidad del proyecto se utilizarán los indicadores de Valor Presente Neto y la Tasa interna de Retorno. Su cálculo se realizará conforme a lo establecido por el autor Gabriel Baca Urbina.

La ecuación (4.1) nos permite realizar el Cálculo del valor presente neto (VPN)

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5+VS}{(1+i)^5} \quad (4.1)$$

Dónde:

VPN = Valor presente neto

-P = Inversión inicial

i = Tasa de descuento o tasa de interés de oportunidad

FNE = Flujo Neto de Efectivo o ganancia neta anual después de impuestos

VS = Valor de Salvamento

La ecuación (4.2) muestra el cálculo de la tasa interna de rendimiento (TIR) que es la tasa de descuento (i) que hace el VPN = 0, de la ecuación del cálculo del VPN, basta con igualar su valor a cero de la siguiente forma:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} \quad (4.2)$$

Donde: i = tasa de descuento (se calcula por prueba y error hasta que el lado derecho de la ecuación se haga cero).

4.4.3 Análisis de Sensibilidad

Este análisis se realiza por la incertidumbre de algunas variables económicas en su comportamiento a futuro. Se eligen los parámetros más inciertos, que pueden ser por ejemplo: incremento en los costos de producción o reducciones en los precios de venta. Se determina hasta qué porcentaje de reducción o incremento se puede tolerar en el proyecto, de tal manera que la TIR no se iguale con la TREMA (Tasa de rendimiento mínima aceptable) o el VAN = 0. (Coss Bu, 1996).

El análisis de sensibilidad permite identificar las áreas fuertes y débiles de la planificación de un proyecto, a su vez que mide su posible impacto en los resultados. Esto contribuye positivamente en las empresas para dirigir los recursos a las variables que más apoyo necesitan. También se utiliza para conocer cuán sensible es la evaluación realizada a variaciones en uno o más parámetros decisivos. Aunque todos los modelos presentados son de carácter

económico, la sensibilización, puede aplicarse al análisis de cualquier variable del proyecto, como la localización, el tamaño o la demanda. (Sapag & Sapag, 1995)

Dependiendo del número de variables que se sensibilicen en forma simultánea, el análisis puede clasificarse como unidimensional o multidimensional. En el análisis unidimensional, la sensibilización se aplica a una sola variable, mientras que en el multidimensional se examinan los efectos de dos o más variables relevantes. (Sapag & Sapag, 1995).

En el modelo multidimensional de la sensibilización del VAN, cuando el flujo es constante, la fórmula de actualización puede expresarse como la suma de una serie a través de la siguiente ecuación:

$$VA = F \frac{1-(1+i)^{-n}}{i} \quad (4.3)$$

Donde:

VA= Valor actual

F = Flujo de caja dado como serie uniforme

i = Tasa de descuento

n = Períodos de evaluación.

Se trabajará con valores actuales y no con valores actuales netos, vale decir, excluyendo la inversión inicial, porque esta pasa a ser irrelevante en la comparación al ser similar para ambas estimaciones, salvo que sea la variable por sensibilizar. (Sapag & Sapag, 1995).

V. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La información de los resultados experimentales fueron obtenidos, en las prácticas de laboratorio, considerando la metodología que indica la tabla 6, la cual hace referencia a las concentraciones de Oxido de Calcio (1, 2 y 3 por ciento) y el tiempo de reposo (10 y 15 horas) de cada experimento. En la mayoría de los análisis se utilizaron los métodos de la A.O.A.C (Asociación de químicos analíticos oficiales) y el método de la Superintendencia Nacional de servicio de saneamiento (SUNASS) para calcular la dureza total, dureza cálcica y dureza magnesiana.

5.1. Resultados de humedad del maíz y harina nixtamalizada

Para cuantificar el contenido de humedad del maíz y la harina nixtamalizada se utilizó el método gravimétrico, que es la técnica por excelencia. Para su aplicación requirió de 15 horas de secado debido a la utilización de una temperatura de 80 grados centígrados (°C), en un secador de bandeja.

Tabla 10 Análisis de humedad del maíz deshidratado

ITEM	MUESTRA	BANDEJA	MAÍZ NIXTAMALIZADO.	BANDEJA + (MAÍZ NIXTAMALIZADO.)	BANDEJA + (MAÍZ DESHIDRATADO)	MUESTRA MAÍZ DESHIDRATADO	% HUMEDAD
Muestra de análisis de humedad H1: 1% de óxido de calcio							
1	Muestra H1-10 horas de reposo	342.80	2984.70	3327.50	2448.10	2105.30	29.46
Muestra de análisis de humedad H2: 1% de óxido de calcio							
2	Muestra H2-15 horas de reposo	344.70	2920.50	3265.20	2550.00	2205.30	24.49
Muestra de análisis de humedad. H3 :2% de óxido de calcio							
3	Muestra H3-10 horas de reposo	342.80	2978.30	3321.10	2542.00	2199.20	26.16
Muestra de análisis de humedad. H4: 2% de óxido de calcio							
4	Muestra H4-15 horas de reposo	448.70	2808.70	3257.40	2283.40	1834.70	34.68
Muestra de análisis de humedad. H5: 3% de óxido de calcio							
5	Muestra H5-10 horas de reposo	442.50	2711.60	3154.10	2268.30	1825.80	32.67
Muestra de análisis de humedad. H6:3% de óxido de calcio							
6	Muestra H6-15 horas de reposo	438.10	2710.00	3148.10	2249.60	1811.50	33.15

Fuente: Propia

Se realizó el nixtamalizado por muestras de 1,000 gramos, después se unieron las dos muestras para obtener los 2 kilogramos de maíz correspondientes que debía tener cada uno de los experimentos, El total de materia prima fue de 12 kilogramos de acuerdo al diseño. Al pasar su reposo correspondiente (10 o 15 horas). Se lavaron y se prepararon las muestras en bandejas metálicas para su deshidratación.

En la tabla 11, se observan los resultados de humedad de la harina, en donde las muestras presentan rangos de humedad desde 7.16 % a 22.56%.

Tabla 11 *Análisis de humedad de la harina de maíz nixtamalizado*

ITEM	MUESTRA Y HORAS DE REPOSO	MASA DESHIDRATADA	BANDEJA +MASA DESHIDRATADA	BANDEJA MAS HARINA	BANDEJA	HARINA	% HUMEDAD
Muestra de análisis de humedad H1: 1% de óxido de calcio							
1	H1-10 HORAS	2105,10	2448,10	2114,00	343,00	1.771,00	15,87
Muestra de análisis de humedad H2: 1% de óxido de calcio							
2	H2-15 HORAS	2207,00	2550,00	2052,00	343,00	1709,00	22,56
Muestra de análisis de humedad. H3 :2% de óxido de calcio							
3	Muestra H3-10 HORAS	2199,20	2542,00	2236,50	343,00	1893,50	13,89
Muestra de análisis de humedad. H4: 2% de óxido de calcio							
4	Muestra H4-15 HORAS	1834.70	2220,90	1994,40	343,00	1651,40	12,06
Muestra de análisis de humedad. H5: 3% de óxido de calcio							
5	Muestra H5-10 HORAS	1825,80	2268,30	2093,60	343,00	1750,60	9,07
Muestra de análisis de humedad. H6:3% de óxido de calcio							
6	Muestra H6-15 HORAS	1811.50	2249,60	2113,10	343,00	1770,10	7,16

Fuente: Propia

Las altas diferencias de humedad de la harina se debe a que utilizamos bandejas hondas y bandejas planas, ingresándolas todas al horno de bandejas, provocando que en el lapso de 15 horas a una temperatura de 80 grados centígrados (°C), el maíz de las bandejas hondas mostraba mayor humedad que en las bandejas planas.

5.2 Resultados del Análisis Proximal

5.2.1 Análisis de humedad de la harina nixtamalizada en 60 mesh.

En la tabla 12 se observan los promedios de humedad de la harina nixtamalizada, Las muestras se obtuvieron al pasar por molienda el maíz deshidratado y seguidamente la harina de maíz, por tamiz de 60 mesh. Se utilizó el método indirecto A.O.A, C, 925.10, 1990.

Tabla 12 Promedios de humedad de las muestras de harina

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS DE HARINA. (EN GRAMOS)						
Nº DE MUESTRA	CÁPSULA VACIA	PESO HARINA	CAPSULA + HARINA DESHID.	PESO HARINA DESHID.	% HUMEDAD	PROMEDIO
1.1	2.6	1.6	4.1	1.5	6.25	
1.2	2.6	2.1	4.6	2.0	4.76	3.67
1.3	2.6	2.9	5.5	2.9	0.00	
2.1	2.5	2.0	4.5	2.9	0.00	
2.2	2.6	1.6	4.1	1.5	6.25	5.59
2.3	2.6	1.9	4.3	1.7	10.52	
3.1	2.6	2.2	4.8	2.2	0.00	
3.2	2.6	1.5	4.1	1.5	6.25	5.27
3.3	2.6	2.2	4.7	2.1	4.55	
4.1	2.6	2.0	4.5	1.9	5.00	
4.2	2.5	1.6	4.1	1.6	0.00	3.33
4.3	2.6	2.0	4.5	1.9	5.00	
5.1	2.6	1.7	4.2	1.6	5.88	
5.2	2.6	2.3	4.7	2.1	8.70	4.86
5.3	2.6	2.4	5.0	2.4	0.00	
6.1	2.6	2.2	4.7	2.1	4.55	
6.2	2.5	1.6	4.3	1.8	0.00	3.18
6.3	2.6	2.0	4.5	1.9	5.00	

Fuente: propia.

Durante la aplicación del método, se pesaron alrededor de 2 gramos por cada muestra, haciendo tres repeticiones por cada una. Se pusieron en cápsulas de porcelana a una temperatura de 110° C y un tiempo de 3 horas de secado. El período de secado inició cuando la temperatura estaba realmente a 110 °C, después se dejó en temperatura ambiente en desecador y se pesó.

Se puede observar que en la figura 15, los promedios de humedad más bajos están en las muestras 1, 4 y 6 con porcentajes de 3.67, 3.33 y 3.18 respectivamente. Los promedios más altos por lo tanto están en las muestras 2, 3 y 5 con porcentajes de 5.59, 5.27 y 4.86 respectivamente.

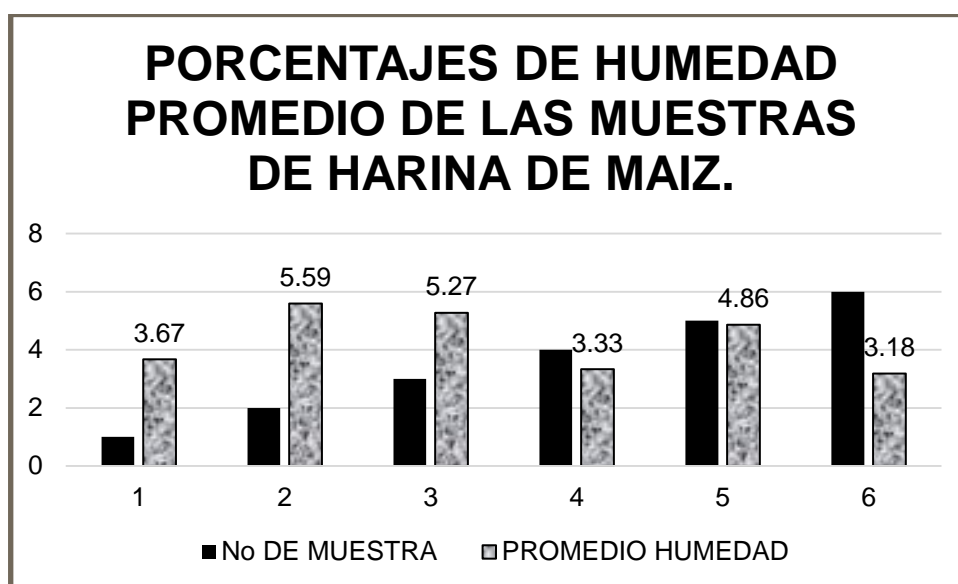


Figura 15 Humedad promedio de las muestras de harina de maíz.

Se seleccionó la muestra 6 para el desarrollo del balance de Materia, porque es la que mejores condiciones reúne en cuanto a calidad, humedad y tamizado. También se tomó en cuenta el resumen de resultados del análisis proximal que más adelante se detallan.

5.2.2 Tabla de cenizas de la harina nixtamalizada en 60 Mesh.

Para la determinación del porcentaje de ceniza se utilizó el método A.O.A.C., 923.03, 1990. Las muestras se pusieron en la mufla a una temperatura de 551 °C, por un período de tiempo de una hora, posteriormente las muestras se enfriaron en el desecador por 20 minutos, alcanzando la temperatura ambiente. Finalmente se pesaron y se realizó el cálculo de ceniza. El resultado se expresó en porcentaje de sustancia seca.

Los pasos utilizados para el cálculo de ceniza fueron los siguientes: primero se calcularon los gramos de ceniza que se obtuvieron restando al peso de crisol con ceniza el peso del crisol vacío y seguidamente se calculó el porcentaje de ceniza con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{gramos de ceniza}}{\text{gramos de muestra}} * 100 \quad (4.1)$$

En la tabla 13 podemos observar los porcentajes de ceniza de cada una de las 6 muestras analizadas.

Tabla 13 Determinación de porcentaje de ceniza en cada muestra

NÚMERO DE MUESTRA	CAPSULA VACIA (g)	PESO HARINA (MUESTRA)	PESO CRISOL CON CENIZA	GRAMOS DE CENIZA	% DE CENIZA
1	26.00	1.67	26.035	0.035	2.09
2	22.00	1.50	22.040	0.004	2.66
3	22.71	1.12	22.732	0.022	1.96
4	22.71	1.183	22.732	0.022	1.86
5	26.20	2.43	26.243	0.043	1.769
6	22.41	2.27	22.430	0.029	1.277

5.2.3 tabla de grasa de la harina nixtamalizada en 60 Mesh.

Para la determinación de grasa cruda se utilizó el Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th edition, U.S.A. (1990). (Método de Extracción Soxhlet). Los principales reactivos utilizados fueron: Éter etílico P.E. 40 -60% y Eter de petróleo P.E. 40-60%. Para el cálculo del porcentaje de grasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100 \quad (4.2)$$

Donde:

m : peso de la muestra

m₁ : Tara del matraz solo

m₂ : Peso del matraz con grasa

A continuación se presenta la tabla 14 en donde observamos que la muestra No. 3, tuvo el porcentaje más alto de grasa con 17.86% y la muestra No.2 con el porcentaje más bajo con el 6.67%.

Tabla 14 Determinación de porcentaje de Grasa

NÚMERO DE MUESTRA	CAPSULA VACÍA (g)	PESO HARINA (MUESTRA)	PESO CAPSULA MAS GRASA	PESO GRASA	% DE GRASA
1	2.6	1.670	2.8	0.2	11.98
2	2.6	1.500	2.7	0.1	6.67
3	2.6	1.120	2.8	0.2	17.86
4	2.6	1.183	2.8	0.2	16.91
5	2.6	2.430	2.8	0.2	8.23
6	2.6	2.270	2.8	0.2	8.81

La figura 16 Presenta la bandeja con las 6 muestras en cápsulas metálicas conteniendo las cantidades de grasa obtenida.



Figura 16 – Resultados de grasa de las muestras

5.2.4 tabla de fibra de la harina nixtamalizada en 60 mesh

Para la determinación del porcentaje de fibra cruda, se utilizó el método A.O.A.C., 926.09, 1990. Se obtuvo la fibra cruda, al efectuar una extracción con éter igual a la descrita en grasa cruda. El peso de fibra cruda es la diferencia de peso entre el filtrado seco y el calcinado, a continuación se multiplica por 100 para el cálculo del porcentaje.

$$\%FC = \frac{\text{peso de fibra cruda}}{\text{peso de muestra}} * 100 \quad (4.3)$$

En la tabla 15 se observa que la muestra No.1 obtuvo el mayor porcentaje de fibra y la muestra No. 6, el menor, con 10.71 y 0.434% respectivamente.

Tabla 15 *Determinación de porcentaje de fibra*

NUMERO DE MUESTRA	PESO DEL CRISOL VACIO	PESO DEL CRISOL CON MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA SECA	PESO CRISOL CON CENIZA	% FIBRA
# 1	26.3	34.8	3.3	27.5	10.71
# 2	22.4	24.9	1.2	23.7	4.81
# 3	22.4	24.5	1.0	23.5	4.08
# 4	22.7	24.7	0.9	23.8	3.64
# 5	26.2	28.6	1.3	27.3	4.54
# 6	22.7	23.0	0.1	22.9	0.434

5.2.5 Tabla de proteína de la harina nixtamalizada en 60 mesh

Para la determinación de proteínas totales, se utilizó el método de Kjeldahl – Arnold –Gunning, A.O.A.C., 928.8, 1990. Este tipo de análisis químico sirve en primera instancia para determinar el contenido de nitrógeno de una muestra. Su resultado se utiliza para determinar el contenido de proteínas en los alimentos. En el laboratorio utilizamos el equipo Hach (colorímetro).

Los principales reactivos utilizados fueron: Hidróxido de Potasio (KOH 1N), Reactivo Nesler, Mineral estabilizador, polivinyl alcohol dispersing Agent. El factor utilizado para la conversión de Nitrógeno a Proteína fue de 6.25 N (%).

En la tabla 16 observamos que la muestra No 1 es la que mayor cantidad de proteínas tiene versus, la muestra No. 4 que tiene la cantidad más baja, se muestran 13 mg/l y 4 mg/l respectivamente.

Tabla 16 *Cálculo de proteína*

NUMERO DE MUESTRA	CANTIDAD DE PROTEINA mg/L
1	13
2	5
3	6
4	4
5	6
6	7

Fuente: Propia

5.2.6 Tabla de carbohidrato de la harina nixtamalizada en 60 mesh

Se determinó utilizando el método de la A.O.A.C (Asociación de químicos analíticos oficiales), y su cálculo se hace por diferencia de acuerdo a los otros análisis considerando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de carbohidratos} = 100 - \% \text{proteína} - \% \text{fibra cruda} - \% \text{cenizas} - \% \text{humedad} - \% \text{grasa cruda}.$$

En la tabla 17, contemplamos que la muestra que tiene más cantidad de carbohidratos es la No. 6 con 75.32% y la que tiene menos es la No.1 con 46.36%.

Tabla 17 Determinación de Carbohidratos totales

DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES	
No DE MUESTRA	CANTIDAD (%) CARBOHIDRATOS
1	46.36
2	63.30
3	56.22
4	61.54
5	70.39
6	75.32

5.3 Resultados de análisis de parámetros de minerales

Para el análisis de minerales se utilizó el método SUNASS, para entender su aplicación se parte de que la dureza en el agua se debe principalmente a la presencia de iones Ca^{+2} y Mg^{+2} . Otros cationes polivalentes, (Ejem. Fe^{+3} , Cu^{+2} , etc.), pueden estar presentes en pequeñas concentraciones, pero casi siempre son insignificantes.

5.3.1 Resultados de hierro

En la tabla 18 se observa que el rango de los resultados de este mineral varía de 10 mg/L en la muestra No. 2 hasta 68 mg/L en la muestra No. 4. Para realizar este análisis tomamos 1 g de la muestra de harina y se diluyó en 100 mL de agua Destilada y a continuación se prepararon dos viales con dos muestras: una de harina y la otra de agua destilada (blanco). Se pusieron en el colorímetro para obtener los resultados. Primero colocamos el blanco y después el vial con la muestra de harina más el indicador correspondiente. El resultado lo multiplicamos por 100 para obtener los mg/L.

Los viales conteniendo la muestra de harina deben ser agitados de manera adecuada y suficiente.

Tabla 18 Determinación de hierro

NUMERO DE MUESTRA	CANTIDAD DE HIERRO mg/L
1	19
2	10
3	38
4	68
5	61
6	64

5.3.2 Resultados de dureza total y cálcica (DTyC)

Se Utilizó El Método Volumétrico de la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS). Con la aplicación de este método, al momento que se realizó el proceso de obtención de minerales no se logró determinar las cantidades de dureza total y Dureza Cálcica en las muestras. En éstas no se observó cambio significativo de color, al aplicar los indicadores correspondientes como el Negro de Eriocromo (NET) para la dureza total y el Purpurato de Amonio (Murexida) para la dureza cálcica. Se utilizó agente quelante el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como titulador. Las cantidades de calcio no se pudieron determinar con el método SUNASS. A continuación se presentan las figuras del número 17 a la 19 en donde se ven los resultados de las muestras en el laboratorio.



Figura 17 Muestra No. 1 y muestra No. 2 de dureza total y dureza cálcica.



Figura 18 muestra No 3 y muestra No. 4 de dureza total y dureza cálcica



Figura 19 muestra No. 5 y muestra No.6 de dureza total y dureza cálcica.

Se pudo haber obtenido mejor resultado usando el equipo Hasch (colorimetría), pero no se realizó el procedimiento porque no teníamos el indicador o reactivo para hacerlo. Es importante señalar que el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), indica que la cantidad de Calcio para la harina de maíz nixtamalizado es de 141 mg/100 g.

5.4 Selección de la muestra de harina nixtamalizada

Para la selección de la muestra utilizamos parámetros internacionales como la reflejada en la tabla de composición de alimentos por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial de México, que tienen mucha experiencia en este rubro. Nicaragua no

tiene normativa al respecto relacionada con la harina nixtamalizada con grano entero.

La tabla 19 refleja los datos finales obtenidos en el laboratorio. En cada una de las muestras de harina de maíz se detallan los componentes principales del análisis proximal, agregando la determinación de hierro en dichos resultados.

Tabla 19 Resumen de análisis proximal de cada muestra de maíz

MUESTRAS DE HARINA DE MAIZ						
CONCEPTO	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
PROTEINA mg/L	13.00	5.00	6.00	4.00	6.00	7.00
CARBOHIDRATOS (%)	46.36	63.30	56.22	61.54	70.38	75.32
FIBRA (%)	10.71	4.81	4.80	3.64	4.35	0.43
GRASA(%)	11.97	6.67	17.85	16.90	8.23	8.81
HUMEDAD (%)	15.87	22.56	13.89	12.06	9.07	7.16
CENIZA (%)	2.09	2.66	1.96	1.86	1.77	1.28
HIERRO (mg/L)	19.00	10.00	38.00	68.00	61.00	64.00

La tabla 20 refleja la muestra No. 6 que fue seleccionada por ser la que más reúne los criterios de cumplimiento con las normas internacionales, agregando además la eficiencia en el tamizado con un 82% (60 Mesh), superando a la harina El Comal que tiene un 78% de eficiencia en tamizado, de acuerdo a las pruebas realizadas en el laboratorio.

Tabla 20 Datos de muestra seleccionada en relación a parámetros INCAP

CONCEPTO	MUESTRA # 6	DATOS INCAP*
PROTEINA (%)	7.00	9.34
CARBOHIDRATOS (%)	75.32	76.27
FIBRA CRUDA (%)	0.43	9.6**
GRASA (%)	8.81	3.78
HUMEDAD (%)	7.16	9.03
CENIZA (%)	1.28	1.57
HIERRO (mg/L)	64.00	7.21

*Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá

** Es fibra dietética

Se aclara que el resultado de fibra cruda cumple con el requisito que debe ser menos o igual al 2%, de acuerdo con lo estipulado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial de México. En la figura 20 la muestra No.6 pesó 1.770.10g



Figura 20 Peso de la harina

5.5- El proceso de producción de harina de maíz a nivel de laboratorio.

El maíz comprado venía limpio por lo que se procedió a realizar el peso de los dos kilogramos a utilizar por muestra.

La figura 21 muestra el peso del beaker y el peso del maíz seco respectivamente. Esta actividad se efectuó 12 veces para asegurar la siguiente operación de cocción y completar las cantidades de las 6 muestras requeridas.



Figura 21 Peso del beaker y peso del maíz seco en el beaker.

5.5.1 Cocción

En esta actividad se utilizaron 2 kilogramos de maíz, 2 litros de agua y el porcentaje de cal correspondiente (1%, 2%, 3%) de acuerdo al número de la muestra. Se usaron dos planchas de calentamiento, donde colocamos beakers de 2 litros c/u. El proceso de nixtamalización del maíz se repitió por 6 veces, utilizando un total de 12 kilogramos.

La temperatura inicial fue de 25°C hasta estabilizarse en 92°C., con rangos de tiempos de cocción de 31 a 44 minutos.



Figura 22 Proceso nixtamalización y medición de temperatura

5.5.2 Enfriado –Reposo del Nixtamal

En la figura 23 se observa el maíz nixtamalizado, que una vez terminado el proceso de cocción, se colocó en bandejas metálicas para su enfriamiento y reposo. Las muestras número 1, 3 y 5 tuvieron 10 horas de reposo y las muestras 2, 4 y 6 permanecieron 15 horas de reposo cumpliendo con los experimentos planificados.



Figura 23 Maíz nixtamalizado en la etapa de enfriado y reposo

5.5.3 Lavado y escurrido

Concluido el tiempo de reposo de cada muestra se procedió al lavado del maíz, al momento del lavado se gastaron 53 litros de agua en total. Las muestras en reposo de 10 horas gastaron de 8 a 9 litros y las de 15 horas 9 y 10 litros de agua. Se gastó un promedio aproximado de 9 litros de agua por muestra.

En la figura 24, se presenta una muestra de maíz lavado. A pesar de los diferentes porcentajes de cal que tenían las muestras, todo el maíz quedó de color blanco, toda la cal y el pericarpio del maíz, quedó en el nejayote (agua residual del lavado del maíz). El agua de nejayote tuvo un pH 11.50 hasta 12.30. Se observó que a mayor porcentaje de cal, más alto el pH del agua residual.



Figura 24 Maíz lavado y escurrido

5.5.4 Secado

Para el secado del maíz utilizamos 6 bandejas, 3 planas y 3 hondas, cada una con los dos kilogramos de maíz lavados. Debido a la forma de las bandejas el secado no fue uniforme, también influyó la cantidad de maíz introducida en el horno (un poco más de un cuarto de quintal de maíz). El grano de las bandejas hondas al momento de sacarlas del horno, mostraron mayor contenido de humedad que las bandejas planas.



Figura 25. Pesado del maíz deshidratado y Pesado de bandeja Plana vacía

En la figura 26 se observa el horno de bandejas donde se pusieron las muestras a una temperatura de 80° C, por un período de tiempo de 15 horas.



Figura 26 Secador de bandejas

5.5.5 Molienda

El maíz con un nivel de humedad aceptable para molienda fue llevado al molino del barrio Casimiro Sotelo (Distrito I, Managua). Se llevó en dos ocasiones, debido a que la primera molienda no reunía las especificaciones mínimas que por lo general se sitúa en el rango de 60 y 90 Mesh.

La figura 27 muestra el momento de la obtención de la harina de maíz.



Figura 27 Molienda de maíz nixtamalizado

5.5.6 Tamizado

Los resultados finales del tamizado fueron satisfactorios, permitió seleccionar la muestra No. 6, cuya granulometría fue de 82%, porcentaje que supera al tamizado de la harina El Comal, producida en el salvador con un 78%.

En la figura 28 se muestran los equipos utilizados para el tamizado de la harina de maíz para lograr una granulometría de 0.250 mm (60 Mesh).



Figura 28 Tamiz individual (60 Mesh) y equipo de tamices del laboratorio

Las muestras de 100 gramos de tamizado se presentan en las figuras, 29, 30 y 31 con sus respectivos residuos. El rango de la harina de maíz tamizada fue de 62% a 82% con tamaño de partícula de 0.250mm (60 Mesh).

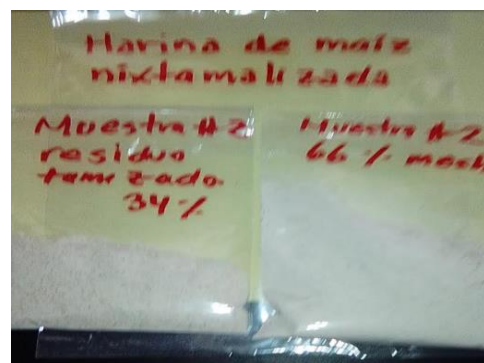
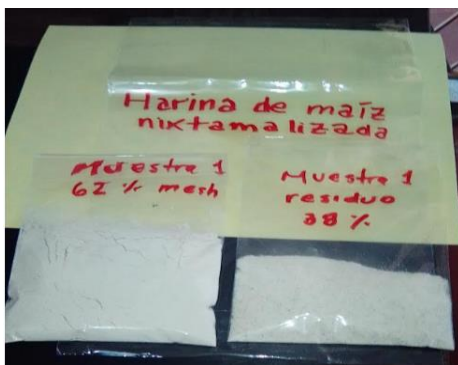


Figura 29 Tamizado muestra 1 y resultados del tamizado muestra 2

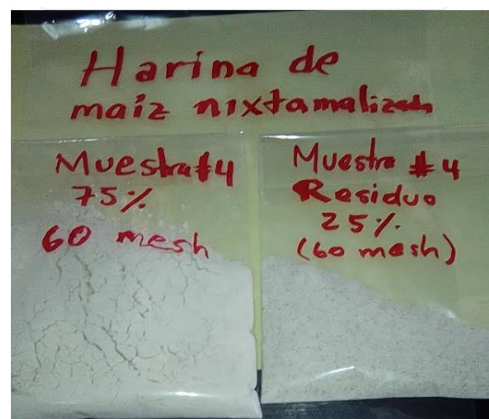
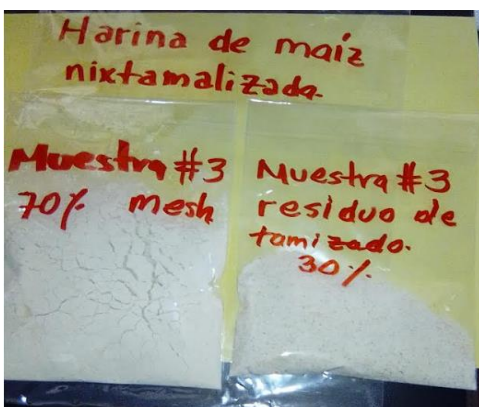


Figura 30 Tamizado muestra 3 y resultados del tamizado muestra 4

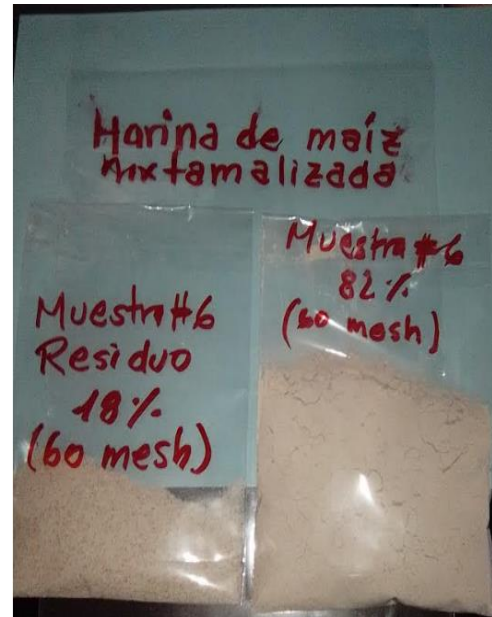
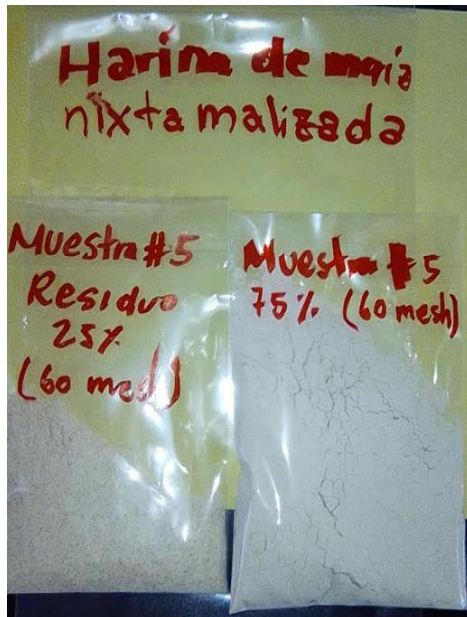


Figura 31 Tamizado muestra 5 y resultados del tamizado muestra 6

5.5.7 Envasado y etiquetado

La harina de maíz se descargó en una mesa especial para su enfriamiento y se procedió al envasado que se realizó en bolsas de plástico de polipropileno, en presentación de una libra (454g.) que es una de las más demandadas en el mercado. Es importante que el cliente tenga visibilidad del producto y observe sus características principales: Color, granulometría, calidad, cantidad y olor característico de la harina de maíz.

La etiqueta se elaboró considerando la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03021-99 “Norma de **etiquetado** de alimentos preenvasados para consumo humano.”

El diseño de la etiqueta alude al uso de maíz blanco y sin uso de preservantes, ni colorantes. Se envía el mensaje que es un producto que retoma la experiencia local y usa materia prima nacional.

La figura 32 presenta la etiqueta con el nombre Harina de Maíz “PINOLERA”, porque esta palabra se encuentra arraigada en el inconsciente colectivo de los nicaragüenses, nuestras raíces como hijos del maíz.



Figura 32 Etiqueta de la bolsa de harina de maíz. (1 libra)

La figura 33 muestra el flujograma de proceso a escala de cooperativa. El resultado final fue la obtención de 442.12 kg de harina de maíz, con un rendimiento del 88.50%. Para la obtención de estos resultados se utilizó la siguiente:

Formulación
para obtener
Harina de maíz.

- **Un kilogramo de maíz** variedad NB-6
- **3% de óxido de calcio** considerando el peso del maíz
- **Un kilogramo de agua** por kilogramo de maíz.
- **15 horas de reposo**

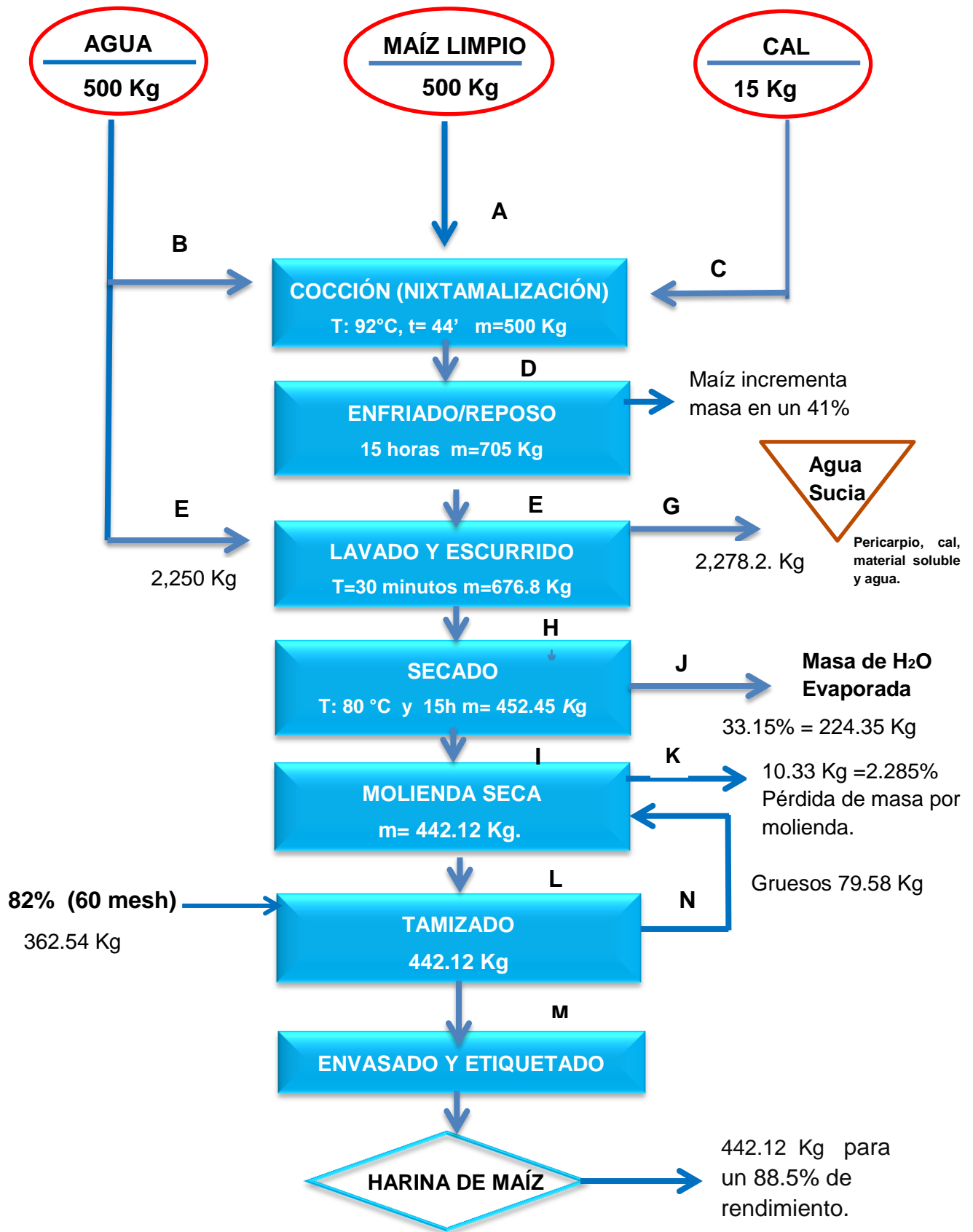


Figura 33 Flujograma de proceso a escala de cooperativa

5.6 Diseño del proceso tecnológico de la producción de harina de maíz

Se considera el resultado final del balance de materia para diseñar el proceso tecnológico y así determinar las especificaciones técnicas de los equipos que permitirán producir 4,283 libras de harina de maíz mensualmente, trabajando 22 días. A los 2,200 Kg utilizados en el mes de trabajo, le aplicamos el rendimiento de 88.50 % obtenido durante el proceso de producción a nivel de Laboratorio

5.6.1 Obtención de Materia Prima

La cantidad total de materia prima mensual es de 2,200 kg. Estos resultan de multiplicar los 100 Kg diarios de maíz a producir por los 22 días laborales. El maíz se obtendrá en primer lugar de lo que produce la cooperativa Gloria Quintanilla, ubicada en la comunidad de Santa Julia en el Municipio de El crucero que tiene 20 socias y entre todas cosechan unos 400 quintales. Esta siembra las mujeres la realizan en 34 lotes de 17 unidades de producción, en donde además de maíz, también cultivan café y frijol. La materia prima que requieren por mes en el proceso de producción son 48 quintales. Si les hiciera falta, el resto de materia prima, lo consiguen con los demás productores de la zona.

Almacenamiento del grano de maíz

Se contempla en el proyecto la construcción de 1 silo de 200 qq de maíz, que permita asegurar la materia prima para 4 meses, como se muestra en la figura 34.



Figura 34 Modelo de Silo

5.6.2 Selección de los equipos a utilizar

Limpieza

Se escogió el método de limpieza de Criba tipo zaranda, es el más utilizado por los pequeños agricultores. Esta operación se realizará de forma manual y permanente por parte de la cooperativa, con el fin de no tener atrasos en asegurar la materia prima para el proceso de producción. Dos mujeres socias de la cooperativa estarán a cargo de la limpieza del grano, con esta actividad se

reducirán gastos de energía eléctrica durante el proceso, debido a que las cribas industriales son muy caras y la cooperativa sólo producirá 100 Kg diarios.

La capacidad de limpieza con las zarandas manuales es del orden de 120 a 180 kg por hora de trabajo. Se considera que este tipo de zaranda es adecuada para las necesidades del proceso de producción aquí definido.

Las zarandas de malla para limpieza de maíz tienen perforación redonda. Se especifican tomando en cuenta el número de aberturas contenidas en una pulgada cuadrada.

La figura 35, muestra la malla que se utilizará para la construcción de la zaranda.



Figura 35 Malla de perforación redonda

La figura 36 muestra el modelo de zaranda, propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT), para los productores, porque es fundamental la limpieza del grano antes del almacenamiento. En el caso del proyecto se realizará la construcción de una zaranda de 0.15 x 1.0 x 1.5 m con agarraderas de 0.25 cm a cada lado. Se presenta esquema en la figura 4

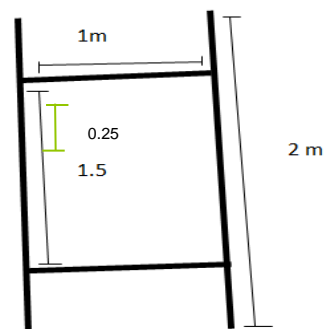


Figura 36 Zaranda Modelo CIMMYT y esquema de zaranda .

Tabla 21 Especificaciones de la Criba Tipo Zaranda

Modelo	Material	Dimensiones			Capacidad limpieza	Malla de agujero redondo
		Alto	ancho	largo		
CIMMYT	Madera y metal	0.15	1 m	1.5	120 a 180 Kg/hora	4.75 mm de Diámetro.

Planta de Nixtamalización

Considerando que la cooperativa es de mujeres, se prefiere cotizar la planta de nixtamal que incluye elevador de maíz, mediante tornillo sin fin, hasta el cocedor que al mismo tiempo sirve de reposador. Concluido el tiempo de reposo, inmediatamente pasa a la lavadora del nixtamal. Una vez lavado el maíz nixtamalizado se traslada al horno de bandejas que tiene una capacidad de 100 Kg/batch. El traslado se realiza en carritos transportadores.



Figura 37 Planta de Nixtamal

Principales equipos que componen la planta de Nixtamal

La figura 38 muestra el elevador de Maíz mediante sin fin. El material es acero inoxidable, con motor y receptor de maíz. Este equipo evita que se maltrate el grano. Aumenta la productividad y control hacia los otros procesos de nixtamalizado.



Figura 38 Elevador de maíz

Tabla 22 Especificaciones del elevador de maíz.

Equipo	Material	Capacidad	Diámetro De Tubería	Voltaje	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
Elevador de maíz	Acero inoxidable	1500 Kg/h	0.16 m	220 V	3m 0.16 0.16

Cocedor –reposador de nixtamal

La figura 39 muestra el cocedor que tiene capacidad para 500 Kilogramos de maíz, es de fácil limpieza y bajos costos de mantenimiento, cuenta con desagüe y filtro para evitar que el nixtamal se tire.



Figura 39 Cocedor, reposador de nixtamal

Tabla 23 especificaciones del cocedor

Equipo	Material	Capacidad	Consumo de gas.	Peso	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
cocedor de maíz	Acero inoxidable	500 Kg con 3 quemadores atmosféricos	6 lt/h Consumo De luz y potencia N/A	60 kg 132.37 Lbs.	85 100 136cm

Fuente: Adaptada

Escurreidor, lavador automático.

Este equipo es muy importante, porque cuenta con desagüe lateral o central, lo que facilita la recolección de las aguas residuales (nejayote). En la figura 37 planta de nixtamal, se señala la ubicación de esta lavadora de nixtamal y en la cual se puede observar su estructura y dimensión. El material de construcción es de acero inoxidable, 304 L grado alimenticio.

Tabla 24 Especificaciones del lavador automático

Equipo	potencia	Instalación eléctrica	Consumo energía.	Peso	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
Lavador automático de maíz	1 HP	Monofásica o trifásica	0.4 Kw/h	110 kg	214 92 297cm

Secador de Bandejas

En este tipo de horno modelo WSHG series, constituido por un carro, que contiene 24 bandejas, los materiales pueden ser secados de manera uniforme, tiene un campo de aplicación muy variado en la industria alimenticia que incluye granos. De Procedencia China (Zhengzhou).

Todo el sistema de circulación está totalmente cerrado para hacer que el calor y la eficiencia de la máquina de secado aumente desde los tradicionales 3%-7% al 35%-45%.



Figura 40. Secador de bandejas

Tabla 25 Especificaciones del secador de bandejas

Equipo	productividad	motor	Fuente de calor	Área de las bandejas	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
Secador WSHG-1	50 Kg/lote (Batch)	9 Kw	Electricidad Kw/h	5.76 m ² Temperatura de 50 a 150°C	1.55 0.8 2.2m

Molino pulverizador

En la figura 41, se presente El Molino a utilizar en la operación de molienda. Este equipo junto con el secador, son dos de los equipos más importantes del proceso. La capacidad de trabajo es de 18 quintales al día.

En la figura 42, se muestra un cajón metálico que se construye en el área de los discos con el propósito de evitar que el polvo de la harina se disperse y lograr un buen rendimiento en el proceso de molienda.



Figura 41 Molino Pulverizador
Fuente: Fábrica de Molinos “Téllez M.”



Figura 42- Cajón Metálico

Tabla 26 Especificaciones del Molino Pulverizador,

Equipo	Productividad	Motor Marca Baldor	Fuente de calor	Peso del molino	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
Molino Pulver- Zador.	2 quintales por hora. (2 qq/h)	5HP 3450 RPM 220V	Electricidad Kw/h	42 kg Con estructura de hierro	1.55 0.63 1.m

Empaque y máquina selladora.

Empaque.

El empaque lo constituyen bolsas de Polipropileno, compuestas de un polímero plástico, el cual es más ligero y presenta menor densidad que el polietileno, esto permite mayor vida al producto.

La figura 43, muestra las principales características de la bolsa de cereal utilizada como modelo: buen brillo, alta transparencia, barrera protectora y resistencia. Puede ser utilizada para variedad de alimentos.



Figura 43 Bolsa de Polipropileno
Fuente: Fábrica AGEPSA

Tabla 27 Especificaciones de la bolsa de prolipropileno

objeto	Capacidad	tipo	Material	Peso de La bolsa	Dimensiones Alto/Ancho/Largo		
Bolsa de plástico	1 libra	Auto-sostenible	Polipropileno	0.75 g	8"	1.5"	5.25"

Fuente: AGEPSA

Selladora de impulso de pedal con calor constante.

En la figura 44 se muestra la selladora de impulso de pedal con calor constante, ésta realiza un sellado de resistencia y un empaque profesional porque da buena presentación al producto.

En este tipo de selladoras se mantienen las manos libres para trabajar con mayor rapidez. El temporizador variable le permite sellar todo tipo de películas plásticas de hasta 18" de ancho y 8 mil. de grosor. Cuenta con cortadora integrada disponible y el equipo es de metal. Las temperaturas del equipo son de 230°C a 240°C.



Figura 44 Selladora de impulso de pedal
Fuente: PREMET.

Tabla 28 Especificaciones de la selladora

Equipo	voltaje	tipo	Sellado Largo x ancho	Peso	Dimensiones Alto/Ancho/Largo
Selladora Modelo H-89	110 v.	De impulso de pedal	18" x 1/16 "	54 libras (24.5 kg)	34" 9" 18"

Fuente: PREMET

Otros Equipos

Balanza digital de plataforma

La figura 45 es una balanza digital de plataforma de 30x 40cm. Tiene capacidad de pesar un máximo de 150 kg. Cuenta con indicador HAUXI y batería recargable.

(kgs/ lbs/ oz.)



Figura 45 Balanza digital
Fuente: PREMET

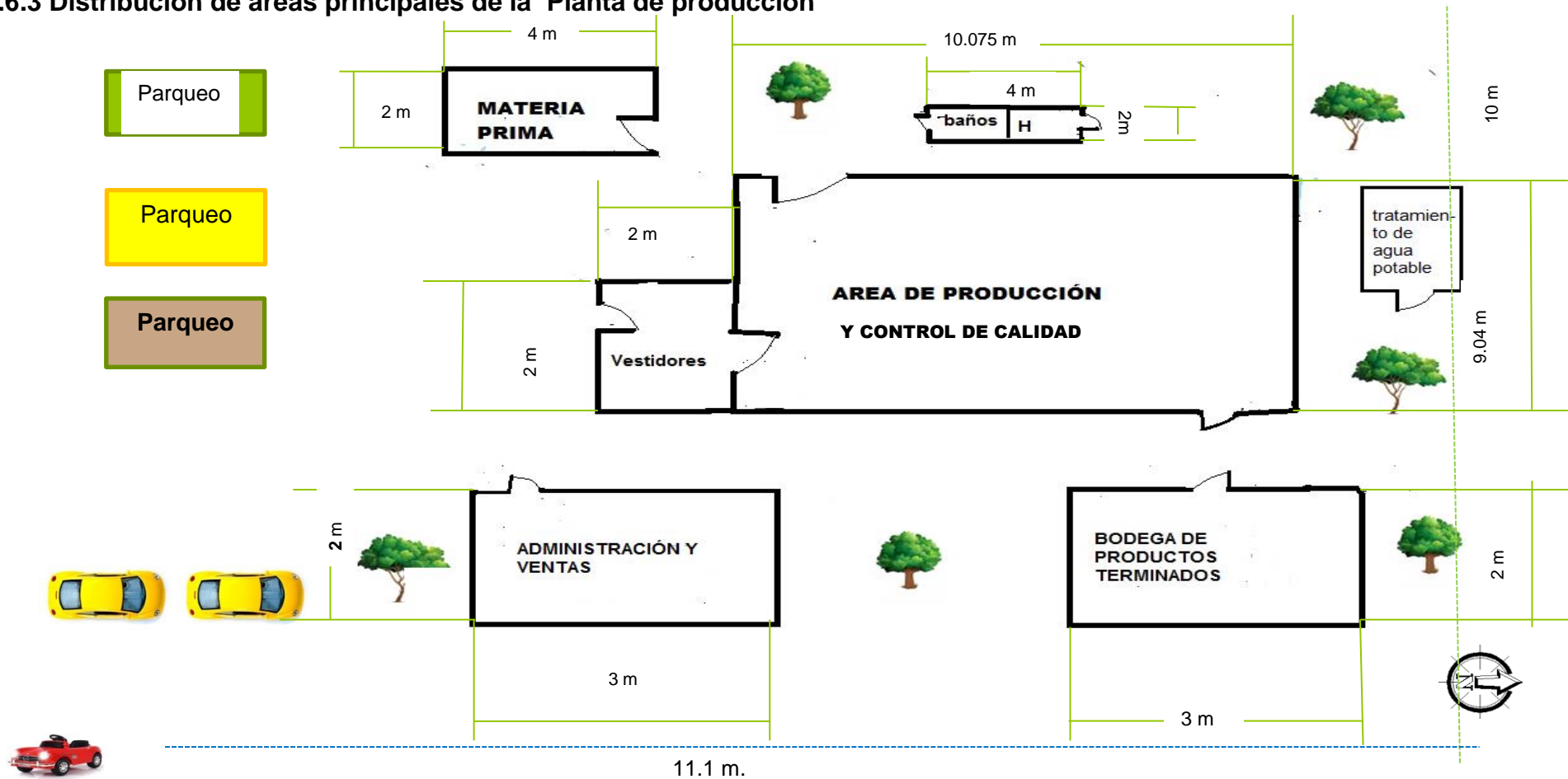
Carro de transporte para 10 bandejas

La figura 46 presenta carro para transportar el maíz nixtamalizado hacia el secador, también puede trasladar producto terminado hacia el almacén. Estructura realizada en tubo cuadrado de 20 x 20 mm. y la base en tubo rectangular de 100 x 40 mm. Está construido de Inox más Polipropileno (inox + pp). Sus dimensiones son: 500 x 620 x 1,500 mm.



Figura 46 Carro de transporte

5.6.3 Distribución de áreas principales de la Planta de producción



Estudiantes	GARCÍA – ROMERO PÉREZ	Firmas: García - Romero Pérez	UNI -FIQ
Fecha	30/3 - 30/4		Plano No. 1
s/Escala	PLANO GENERAL UNITARIO – PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA –VARIEDAD NB-6		2023

5.6.4 El proceso tecnológico de la harina de maíz blanco nixtamalizado considerando los equipos a utilizar.



5.7 Resultados evaluación financiera.

5.7.1 Evaluación Financiera

Proyecto puro y la opción financiada por el BANCO DE FOMENTO A LA PRODUCCIÓN (BFP) 80% de la inversión inicial. EL BFP es un Banco que promueve nuevos emprendimientos. En la Opción 1 se valora el estado de resultado sin financiamiento y en la Opción 2, el estado de resultado con el financiamiento del 80%.

Tabla 29 Resultados de Evaluación financiera

OPCION	VAN	TIR	B/C	PR
1 –Sin F.	12,677.93	44%	1.45	2 años, 7 días
2- Con 80% F.*	48,355.20	150%	1.74	8 meses y 5 días.

*F: Financiamiento

Fuente: Adaptada

Como se puede observar el proyecto es rentable con cualquiera de las dos opciones, aunque resulta con mayor beneficio la opción 2, con un financiamiento del 80%, en el Banco de Fomento a la producción, que permite disminuir el período de recuperación de la inversión.

5.7.2 Análisis de Sensibilidad

Seleccionamos dos factores de riesgo que son los más comunes en este tipo de análisis: La disminución del volumen de producción y el incremento de la tasa de interés que por lo general afectan los resultados de diferentes proyectos de inversión.

Tabla 30 Resultados del análisis de sensibilidad

FACTORES MODIFICADOS	VAR	TIR
Disminución del volumen de producción en 10%	15,387.89	71%
Aumento de la tasa de interés en un 15%	46,641.18	134%

Se observa en los resultados, variaciones en el análisis de sensibilidad al afectar el volumen de producción que también afecta los ingresos. En tanto el incremento de la tasa de interés en el préstamo para producir la harina, sin variar el monto del financiamiento, no afecta de manera significativa los resultados de la evaluación, el proyecto continúa siendo atractivo para los inversionistas. Es importante mencionar que si la disminución del volumen de producción continúa creciendo porcentual y sostenidamente, por diversas razones en el tiempo, puede incidir en los resultados de los flujos netos de efectivo, lo que significa disminución en la rentabilidad del proyecto

5.7.3 Estudio económico y evaluación financiera

Para conocer el origen de los resultados antes mencionados, se presenta el estudio económico y la evaluación financiera del proyecto de producción de Harina de Maíz. Aquí se detallan los aspectos más importantes a considerar como: La inversión total principal, la proyección de los ingresos y los gastos, así como las fuentes de financiamiento disponibles en el mercado financiero que contribuyan a lograr una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).

El proceso de Evaluación permite determinar su viabilidad y tomar una decisión definitiva al respecto.

Inversión financiera

Comprende la adquisición de todos los activos fijos o diferidos necesarios para iniciar las operaciones de la empresa cooperativa, en el rubro harina de maíz. La ubicación de la planta en Santa Julia obedece a que las temperaturas oscilan entre los 18°C y los 27°C. Esto favorece el óptimo almacenamiento del maíz y del producto terminado Harina, evita que la calidad del producto disminuya

Tabla 31 *Costo del terreno*

Descripción del terreno	Área del terreno	Costo (U.S.\$)
Ubicado en La Comunidad de Santa Julia Km 26, carretera sur, (6 Km. al Oeste), con altitudes que van desde los 800 a 673 msnm	1/8 de manzana (881.25 metros cuadrados)	8,952.00
	Total	8,952.00

Fuente: Mapcarta, Encuentra 24

En la tabla 32 se detallan los Costos de Obras civiles. Estos se realizaron considerando el valor del metro cuadrado (m²) de construcción que incluye el actual salario mínimo de C\$11,628.95 aprobado por el Ministerio del Trabajo en febrero de 2023.

Es importante señalar que se trata de una pequeña planta y que por ello no hay demasiadas áreas construidas, más que las indispensables para realizar un proceso con las medidas higiénicas apropiadas para tener productos inocuos y con calidad.

Tabla 32 Costo de obras civiles

Área	Metros cuadrados (m2)	Costo (dólares)
Producción, control de calidad y oficina gerente	83	20,418.00
Almacén de Materia prima	8	1,968.00
Bodega producto terminado	6	1,476.00
Administración y venta	6	1,476.00
Vestidores	4	984.00
baño	4	984.00
Totales	111	27,306.00

Debido a que el proyecto de producción de Harina, en su ejecución es semi-artesanal, son pocos los equipos industriales importados. Los costos de los equipos fueron cotizados con empresas internacionales y empresas locales que se dedican a la venta del tipo de maquinaria que se requieren.

Se toman en cuenta los gastos de envío (flete), también los pagos de seguro por cualquier pérdida o no entrega. Estos costos se denominan CIF por sus siglas en inglés de Cost, Insurance and Freight (Costo, Seguro y Flete). Es un impuesto general de importación (IGI).

Nicaragua aplica un Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 15 por ciento sobre el suministro de bienes y servicios, incluida su importación. Esto está basado en el Sistema Arancelario Centroamericano que aplicamos en Nicaragua, así como los correspondientes derechos arancelarios a la importación (DAI) y tributos internos de acuerdo a lo establecido por la Dirección General de Aduanas (DGA).

Es importante mencionar que el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC), ha establecido como política, exonerar el 15% del Impuesto al Valor Agregado (IVA), a las Micros, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES).

El MIFIC, prioriza varios sectores de la industria Nacional, en especial al sector de alimentos. En este párrafo mencionamos al sector de agroindustria, vinculado al tema que se desarrolla en esta tesis y que está referido a la producción de Harina de maíz. El Beneficio lo recibe el propietario o la empresa cooperativa, por su compra, ya sea local o vía importación de maquinaria y equipo para el desarrollo de la industria alimentaria Nacional. Su actividad económica debe ser la misma en el Registro Único MIPYME.

Para poder gozar de éste beneficio, el empresario y empresaria debe elaborar un Plan Anual de compra.

En la Tabla 33, se detalla la lista y costo de los equipos mayores que requiere el proceso productivo. Se puede observar que los equipos más caros son la planta

de nixtamal, el secador y el molino. Se considera, por tanto, que son los indispensables para obtener el producto propuesto: harina de maíz. La planta de Nixtamal es de origen mexicano, el secador de China y el Molino de Nicaragua es producido en Masaya.

Tabla 33 Costo de los equipos mayores del proceso productivo

Equipo	Cantidad	Costo Unit. US\$	Seguro, fletes Y otros (10%)	Impuestos IVA 15%	Costo total US\$
Planta nixtamal	1	15,000.00	1500.00	2250.00	18,750.00
Secador	1	4,900.00	490.00	735.00	6,125.00
Molino de Discos*	1	1000.00	10.00	150.00	1160.00
TOTAL					26,035.00

Fuentes: Zhengzhou Runxiang Machinery Equipment Co. Ltd., Navatex, Molinos Téllez.

En la tabla No. 34 se detalla la lista de los equipos menores, los cuales en su totalidad son hechos o comprados a nivel local.

Tabla 34 Costo de equipos menores

Equipo	Cantidad	Costo Unitario US\$	Impuestos 15%	Costo total US\$
Tamiz de 250 µm	1	213.94	32.09	246.03
Medidor de pH	1	171.44	25.72	197.15
Termómetro digital con espiga 12"	1	63.00	9.45	72.45
Analizador de Humedad	1	742.73	111.41	854.14
Silos metálicos (30 quintales c/u)	10	206.27	30.94	2372.11
Tanque de agua (1100 litros)	2	146.00	21.90	335.80
Criba tipo zaranda- malla circular	1	75.00	11.25	86.25
Balanza digital de plataforma (100kg)	1	301.22	45.18	346.40
Selladora de impulso de pedal	1	464.18	69.63	533.81
Carro transporte – 10 bandejas	2	115.00	17.25	264.50
			Total.....	5308.64

En la tabla 36 se describe el vehículo que se utilizará para todas las actividades de la pequeña empresa cooperativa principalmente producción y comercialización del producto.

Tabla 35 Costo de vehículo

Descripción	Cantidad	Costo unitario	IVA - 15%	Costo Total
		U.S.\$	U.S. \$	U.S\$
Chevrolet APV 2015	1	5,100	765.00	5,865.00
Total				5,865.00

Fuente: Encuesta 24.

Tabla 36 Mobiliario y equipo de oficina

Descripción	Cantidad	Costo unitario	IVA 15%	Costo Total
		U.S.\$	U.S.\$	U.S.\$
Computadora de escritorio marca DELL	1	350.00	52.5	402.50
Sillas de espera apilables	6	9.00	1.35	62.10
Escritorio de Melamina	1	45.00	6.75	51.75
2 mesas de Madera de trabajo	2	15.00	2.25	34.50
Cafetera Black and Decker	1	43.71	6.56	50.27
			Total.....	601.12

La tabla 37 nos muestra las inversiones totales del proyecto. Distinguimos tres tipos de inversiones: inversión fija, diferida y capital de trabajo. También se le conoce a la inversión fija como tangible y a la diferida como intangible. La inversión fija se refiere a todos aquellos equipos o bienes dedicados a la transformación de insumos o apoyo a todas las operaciones del proceso de producción. En tanto, la diferida corresponde a servicios o derechos indispensables para la puesta en marcha del proyecto de la harina de maíz que incluye gastos pre-operativos, costos de instalación, contratos de servicios, estudios que tiendan a mejorar en el presente o en el futuro el funcionamiento de la empresa asociativa; también incluye capacitación del personal dentro y fuera de la Cooperativa.

El capital de trabajo se ha calculado, considerando 3 meses de aseguramiento de materia prima e insumos. Es apropiado mencionar que el capital de trabajo es parte de la inversión inicial y dada su naturaleza líquida no está sujeto a depreciación, ni amortización (Baca, 2016).

Tabla 37 Inversiones totales del proyecto

Inversión	Monto de la inversión (U.S.\$)
Inversión Fija	
Equipos mayores	26,035.00
Equipos menores	5308.64
Terreno	8,952.00
Obras civiles	27,306.00
Vehículo	5,865.00
Mobiliario y equipo de oficina	601.12
Total de la inversión fija	74,067.76
Inversión Diferida	
Patente	500.00
Estudios de preinversión	450.00
Capacitación socios cooperativa	400.00
Registro y Licencia sanitaria	58.00
Total de la inversión diferida	1,408.00
Capital de trabajo	
Total de capital de Trabajo	19,166.40
Total de Inversiones	94,642.16

El capital de trabajo se define como el gasto necesario para cumplir con la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo. Corresponde a los primeros desembolsos con los cuales se cancelarán los insumos iniciales para producir la cantidad de harina de maíz en el primer ciclo de trabajo. La cantidad prevista de materia prima para el arranque de la empresa es de U.S\$19,166.40 correspondiente a 3 meses de operación.

Financiamiento y aporte de socios.

La tabla 38 nos indica que el porcentaje de financiamiento que las mujeres productoras solicitarán ante el banco es alto: 80% del total de inversiones, que corresponden a US\$75,713.73 el préstamo tendrá un plazo de 5 años.

Tabla 38 Inversionistas del proyecto

Item	Porcentaje	Monto (USD)
Financiamiento	80	75,713.73
Aporte de Socios	20	18,928.43
Total.....		94,642.16

Amortizaciones.

El cálculo de las cuotas para pagar el préstamo se realizará a través de la siguiente fórmula:

$$Cuota = \frac{P}{(1-(1+i)^{-N})} \quad (\text{Cálculo de la anualidad}) \quad (9.1)$$

En la tabla 40 se especifican los pagos al principal y sus correspondientes intereses.

Tabla 39 Amortización de la Deuda

Año	Cuota anual USD \$	Pago al principal USD \$	Interés USD \$	Saldo USD\$
0.00				73,713.73
1	19,694.50	11,954.56	7739.94	61,759.17
2	19,694.50	13,209.79	6484.71	48,549.38
3	19,694.50	14,596.82	5097.68	33,952.56
4	19,694.50	16,129.48	3565.02	17,823.08
5	19,694.50	17,823.08	1871.42	0.00

Los datos de la tabla 41, señalan que la cooperativa tiene que pagar anualmente US\$ 19,694.50 dólares, por un período de 5 años y una tasa de interés del 11

Tabla 40 Anualidad

Concepto	Valores
Anualidad	19,694.50 Dólares
Interés	11%
Plazo	5 años

La figura 47, señala el logotipo del banco que permite las condiciones para desarrollar este tipo de financiamiento. El Banco de Fomento a la Producción (BFP), canaliza recursos hacia los pequeños y medianos productores a través de la cartera de 2do piso y fondos administrados en Fideicomiso, según la ley 640 y sus reformas, en Gaceta No. 146.



Figura 47 –Logotipo del Banco de Fomento a la producción

El BFP, maximiza su impacto en el fomento de la inversión, desarrollo y la competitividad en Nicaragua, promoviendo el crecimiento sostenible de la economía nacional.

La tabla 41 señala como algo muy importante en la inversión diferida, la capacitación de todas las socias de la cooperativa, especialmente en el conocimiento y práctica del funcionamiento de los equipos principales. También se incluye la capacitación en el uso y manejo de los silos, el secado del maíz para su almacenamiento.

Tabla 41 *Amortización de inversión diferida*

Tipo de activo diferido	Costo Total	1	2	3	4	5
Patente	500	100	100	100	100	100
Estudios de Preinversión	450	90	90	90	90	90
Capacitación de cooperativa	400	80	80	80	80	80
Registro y Licencia Sanitaria	58	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Total	1408	281.6	281.6	281.6	281.6	281.6

Tabla 42 *Costo de contrato de Internet y telefonía*

Servicio	Costo Anual (U.S.\$)
Internet y telefonía	444.00
Total	444.00

En la tabla 43, el detalle principal está en el caso de los terrenos. Éstos no se deprecian porque en la mayoría de los casos su valor tiende a aumentar, por lo tanto no se le puso valor de salvamento. Con el resto de los activos tangible se calculó un valor de Salvamento del 20%. El costo total de activos tangibles a depreciar es de US\$ 74,067.76.

Tabla 43 Depreciación de activos fijos tangibles

Activo	Valor - mercado	Valor de salvamento	1	2	3	4	5	Total	Valor en Libros
Terreno	8,952.00								8,952.00
Equipos mayores	26,035.00	5,207.00	4,165.60	4,165.60	4,165.60	4,165.60	4,165.60	20,828.00	5,207.00
Equipos menores	5308.64	1,061.73	849.38	849.38	849.38	849.38	849.38	4,246.90	1,061.73
Vehículo	5,865.00	1,173.00	938.40	938.40	938.40	938.40	938.40	4,692.00	1,173.00
Mobiliario y equipo de of.	601.12	120.22	96.18	96.18	96.18	96.18	96.18	480.90	120.22
obras civiles	27,306.00	5461.20	1,092.24	1,092.24	1,092.24	1,092.24	1,092.24	5461.20	21,844.80
Total (US\$)	74,067.76	13,023.15	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	35,709.00	38,358.75

Gastos de Administración

Tabla 44 Descripción de cargos y salarios administrativos

Cargo	N° de Puestos	Salario mes	Prestaciones sociales anuales			Total mes	Total Anual
			INSS Patronal	Vacaciones	Aguinaldo		
Gerente-jefe operaciones	1	400.00	76.00	33.33	33.33	542.66	6,511.92
	1	250.00	47.50	20.83	20.83	339.16	4,069.92
Contador/adm.	1	230.00	43.70	19.17	19.17	312.04	3,744.48
Jefe de ventas	1	175.00	33.25	14.58	14.58	237.41	2,848.92
Conserje Oficial de seguridad	1	200.00	38.00	16.67	16.67	271.34	3,256.08
Totales US\$		1,505.00	285.95	125.41	125.41	1,702.61	20,431.32

Costos fijos mensuales

Tabla 45 Gastos administrativos

Concepto	Mensual	Anual
Gastos de oficina	50.00	600.00
Gastos de Servicios públicos	200.00	2,400.00
Gastos de combustibles y lubricantes	125.00	1,500.00
Mantenimiento	100.00	1200
Depreciación	595.15	7,141.80
amortización diferida	23.47	281.64
Totales	1,159.88	13,918.56

Costos Variables

Se denominan costos variables de producción y comprenden los rubros de: Materias primas, Mano de Obra directa, Mano de Obra indirecta (salario del jefe de producción) y los materiales indirectos que intervienen en la presentación del producto terminado sin ser el producto en sí.

Costos de Producción

Representan todos los gastos que el empresario o empresa asociativa debe realizar para producir un servicio o un bien que es demandado por la población.

Tabla 46 Cargos y salarios del área de producción

Cargo	No de puestos	Salario mensual	Total mensual	Prestaciones sociales anuales			Total Mensual	Total anual
				INNS Patron.	vacaciones	Aguinaldo		
Jefe(a) de Producción	1	250.00	250.00	47.50	20.83	20.83	339.16	4,069.92
operarios(as)	2	200.00	400.00	76.00	33.33	33.33	542.66	6,511.92
Cargadores	2	175.00	350.00	66.50	29.17	29.17	474.84	5,698.08
Totales- US (Dólares)		625.00	1,000.00	190.00	83.33	83.33	1,356.66	16,279.92

Costos de materia prima e insumos

La tabla 48 muestra los datos de materia prima e insumos que están basados en 264 días efectivos de trabajo en el año y en el balance de materia obtenido a nivel de cooperativa

Tabla 47 Materia prima e insumos

Cantidad mensual	Unidad de Medida	Descripción	Costo Unitario	Costo mensual U.S\$	Costo Anual U.S.\$
242	quintales	Maíz blanco	28.00	6,655.00	79,860.00
7.26	quintales	CaO	15.36	111.51	1,338.16
Total US\$.....				6,766.51	81,198.16

Tabla 48 Costos de empaque

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo mensual	Costo Anual
Bolsas de 1 libra con etiqueta impresa	24,200	0.09	2,178.00	26,136.00
Bolsas de 25 libras para embalaje del producto	968	0.03	29.04	348.48
Totales.....			2,207.04	26,484.48

Costos de Energía

De acuerdo a datos establecidos en la GACETA No. 11 del 18 de Enero del 2021, El instituto Nicaragüense de Energía establece datos promedios para el consumo de energía de U.S\$0.1450 para la industria menor, en la que también se engloban las Pymes (Distribuidoras o cooperativas, pequeñas industrias, talleres, etc.). Es importante mencionar que un cliente industrial demanda 6, 371 Kwh mes

En la tabla 50, se presentan los costos mensuales y anuales. Destaca principalmente que el secador de bandejas es el que más Kwh consume en el mes y eleva los costos de producción, por lo que puede considerarse una combinación con secadores solares industriales debidamente protegidos.

Tabla 49 Costos por consumo energético

Equipo	Cantidad	Consumo kwh	Uso en horas	Kw x mes	Costo mes US\$/Kwh	Costo/año (US\$)
Planta						
Nixtamal	1	0.45	8	79.20	11.13	133.53
Secador	1	1	12	264.00	37.09	445.10
Molino	1	5	4	220.00	30.91	370.92
Total					79.13	949.56

Tabla 50 Materiales para buenas prácticas de manufactura

Material BPM	Cantidad Cajas	Costo unitario (U.S.\$)	IVA 15% (U.S.\$)	Costo Total (U.S.\$)
Gabacha	2	396.00	59.40	455.40
Guantes de Latex	3	13.20	1.98	15.18
Mascarillas desechables	3	27.50	4.13	31.63
Rejilla de Cabello	3	33.00	4.95	37.95
Jabón líquido antibacterial	3	33.00	4.95	37.95
Basurero color negro 32 Gl. Con ruedas (unidades)	4	33.65	5.05	38.70
			Total	616.80

Costos de Producción.

En la tabla 52, para obtener los cálculos abajo detallados, se han considerado los 264 días de trabajo efectivo que tendrá la Cooperativa "Gloria Quintanilla". El costo de producción diario resultó de **\$394.60**

Tabla 51 Costos mensuales y anuales de producción

Detalle costo de producción	Costo Mensual U.S\$	Costos Anuales (U.S\$)
Materia prima	6,766.51	81,198.16
Salarios del área de producción	1,356.66	16,279.92
Empaque	350.01	4,200.12
Costos por consumo energético	79.13	949.56
Mantenimiento	86.78	1,041.40
Total US\$	8,639.09	103,669.16

Costo variable unitario

Para calcular el costo necesario para producir una libra de maíz se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Variable Unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Cantidad de Unidades}}$$

$$C.V.U. = \frac{US\$359.96}{972.66 \text{ libras}} = 0.37$$

Tabla 52 Costos fijos mensuales

Descripción	Costo mensual
Gastos de administración	1,159.88
Salarios administrativos	1,702.00
Total U.S\$	2,861.00

$$\text{Costo fijo unitario} = \frac{\text{Costo fijo}}{\text{Número de unidades vendidas}}$$

$$CFU = \frac{2,861.00}{21,398} = 0.13$$

La tabla 54 nos presenta el resultado del costo unitario que es de 0.50 centavos dólar. Este resultado se obtiene a partir de la suma del costo variable unitario y el costo fijo unitario.

Tabla 53 Costo Unitario

Descripción	Valor U.S\$
Costo variable unitario	0.37
Costo Fijo Unitario	0.13
Costo Unitario	0.50

Precio de venta

Una vez que obtuvimos el costo unitario del producto, utilizando la fórmula ($CU = CFU + CVU$), el resultado lo dividimos entre $(1 - \text{porcentaje de ganancia esperada})$. El porcentaje de ganancia se establece en un 30%. La ecuación para determinar el precio de venta unitario lo hacemos a través de:

$$\text{Precio de venta} = \frac{C.U.}{1 - \text{margen de ganancia.}}$$

Considerando un margen de ganancia de 30% tenemos el siguiente valor:

$$\text{Precio de venta} = \frac{0.50}{(1 - 0.30)} = \frac{0.50}{0.70} = \text{US\$ } \mathbf{0.71}$$

Punto de Equilibrio. Método: cálculo por fórmula

Se calculó el punto de equilibrio en unidades producidas utilizando la ecuación (3.11). El resultado indica que la cooperativa debe vender mensualmente US\$5,984.41 o U.S\$71,692.96 al año. Este valor anual es equivalente en unidades a 100,976 libras de harina de maíz al año. En este punto el inversionista no gana, ni pierde, cubriendo solamente los costos fijos y los variables.

$$\text{En unidades QE} = \frac{CF}{PVu. - CVu}$$

En donde:

Dónde: CF: Costos Fijos (anuales)

CV: Costo Variable unitario

P: precio de Venta unitario

$$\text{En unidades QE} = \frac{34,332}{0.71 - 0.37} = \mathbf{100,976 \text{ libras de harina anual}}$$

Ingreso de equilibrio = QE * PV.u.

Ingreso de equilibrio (anual) = 100,976 x 0.71 = U.S\$ 71,692.96

Ingreso de equilibrio (mensual) = US\$ 5,974.41 Dólares Norteamericanos.

Método: Tabla en Excel (comprobación)

Tabla 54 Punto de equilibrio

Producto: Harina de maíz nixtamalizado (1 libra-454 gramos)					
Precio venta unitario (Pvu)		0.71			
Total Costo Fijo (CF)		\$34,332			
Total Costos Variables Unidad(Cvu)		0.37			
Costos					
Unidades Q	Ventas Q*Pvu	Fijos CF	Variables Q*Cvu	Total (CF+Q*Cvu)	Utilidad Ventas- costos
10,097.60	\$7,169	\$34,332	\$3,736	\$38,068	-\$30,899
20,195.20	\$14,339	\$34,332	\$7,472	\$41,804	-\$27,466
30,292.80	\$21,508	\$34,332	\$11,208	\$45,540	-\$24,032
40,390.40	\$28,677	\$34,332	\$14,944	\$49,276	-\$20,599
50,488.00	\$35,846	\$34,332	\$18,681	\$53,013	-\$17,166
60,585.60	\$43,016	\$34,332	\$22,417	\$56,749	-\$13,733
70,683.20	\$50,185	\$34,332	\$26,153	\$60,485	-\$10,300
80,780.80	\$57,354	\$34,332	\$29,889	\$64,221	-\$6,867
90,878.40	\$64,524	\$34,332	\$33,625	\$67,957	-\$3,433
100,976.00	\$71,693	\$34,332	\$37,361	\$71,693	\$0
111,073.60	\$78,862	\$34,332	\$41,097	\$75,429	\$3,433
121,171.20	\$86,032	\$34,332	\$44,833	\$79,165	\$6,866
131,268.80	\$93,201	\$34,332	\$48,569	\$82,901	\$10,299

Presupuesto de Egresos

El presupuesto de egresos está constituido por los costos y gastos. En este caso, de un proceso agroindustrial, los costos significan el conjunto de salidas de dinero en que se incurre para producir harina de maíz y obtener la materia prima, los insumos y la mano de obra directa que intervienen en el proceso de producción. En el caso de los gastos representan el conjunto de erogaciones destinadas a la distribución o venta del producto y a la administración.

Tabla 55 Presupuesto de Egresos

Costo de producción	1	2	3	4	5
Materia prima	81,198.16	81,198.16	81,198.16	81,198.16	81,198.16
Salarios- área de producción	16,279.92	16,279.92	16,279.92	16,279.92	16,279.92
Empaque	4,200.12	4,200.12	4,200.12	4,200.12	4,200.12
Consumo energético	949.56	949.56	949.56	949.56	949.56
Mantenimiento	1,041.40	1,041.40	1,041.40	1,041.40	1,041.40
Total costos de producción	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16
Gastos administrativos					
Gastos de oficina	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Gastos de Servicios públicos	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00
Gastos de combustibles	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Gerente-jefe operaciones	6,511.92	6,511.92	6,511.92	6,511.92	6,511.92
Contador-administrador	4,069.92	4,069.92	4,069.92	4,069.92	4,069.92
jefe de ventas	3,744.48	3,744.48	3,744.48	3,744.48	3,744.48
Conserje	2,848.92	2,848.92	2,848.92	2,848.92	2,848.92
Oficial de seguridad	3,256.08	3,256.08	3,256.08	3,256.08	3,256.08
Total Gastos Administrativos	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Gastos de operación					
Gastos de combustible	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Mantenimiento	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Amortización diferida	281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
depreciación	7,141.80	7,142.80	7,143.80	7,144.80	7,145.80
Intereses sobre préstamos	7739.94	6484.71	5097.68	3565.02	1871.42
Total Gastos Operativos	17,863.38	16,609.15	15,223.12	13,691.46	11,998.86
Costos Totales.	146,463.86	145,209.63	143,823.60	142,291.94	140,599.34

Tabla 56 Costos Variables

Descripción	1	2	3	4	5
Materia prima	81,198.16	81,198.16	81,198.16	81,198.16	81,198.16
Salarios- área de producción	16,279.92	16,279.92	16,279.92	16,279.92	16,279.92
Empaque	4,200.12	4,200.12	4,200.12	4,200.12	4,200.12
Consumo energético	949.56	949.56	949.56	949.56	949.56
Mantenimiento	1,041.40	1,041.40	1,041.40	1,041.40	1,041.40
Total costos variables.	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16

Tabla 57 Costos fijos

Descripción del costo	1	2	3	4	5
Costos fijos de inversión					
Depreciación	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80
Amortización diferida	281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Total Costos fijos de I.	7,423.44	7,423.44	7,423.44	7,423.44	7,423.44
Costos Generales					
Salario Personal Administrativo	20,431.32	20,431.32	20,431.32	20,431.32	20,431.32
Gastos de oficina	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
Servicios públicos	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00
Gastos combustibles	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Mantenimiento	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
Intereses s/ préstamo	7,739.94	6,484.71	5,097.68	3,565.02	1,871.42
Total Costos Generales	13,439.94	12,184.71	10,797.68	9,265.02	7,571.42
Total Costos fijos	20,863.38	19,608.15	18,221.12	16,688.46	14,994.86

Se presenta el Balance General que muestra una síntesis de la situación financiera de la empresa cooperativa “Gloria Quintanilla”, en un momento inicial. El pasivo a largo plazo es el préstamo al Banco Produzcamos que representa el 80% de la inversión total del proyecto para producir harina de maíz. El monto del capital social es el aporte de las socias de la cooperativa.

Balance General			
ACTIVO		PASIVO	
Activo circulante		Pasivo a Largo Plazo	
Banco	19,166.40	Préstamo Bancario(BFP)	75,713.73
Total activo circulante	19,166.40	Total pasivo a largo plazo	75,713.73
Activo Fijo		CAPITAL	
Equipos mayores	26,035.00	Capital social	18,928.43
Equipos menores	5308.64		
Terreno	8,952.00	Total capital	18,928.43
Obras civiles	27,306.00		
Vehículo	5,865.00		
Mobiliario y equipo de oficina	601.12	Total pasivo más capital social	94,642.16
Total de activo fijo	74,067.76		
Activo diferido			
Patente	500		
Estudios de preinversión	450		
Capacitación socias cooperativa	400		
Registro y Licencia sanitaria	58		
Total activo diferido	1,408.00		
TOTAL ACTIVO	94,642.16		

Estado de Resultado

En la tabla 58 que presenta el Estado de Resultado, se puede observar que las utilidades del proyecto serán crecientes durante el horizonte de planeación del

proyecto que es de 5 años. Se consideran factores externos o amenazas relacionada con terremotos, inundaciones o sequías, lo que puede incidir en un posible incremento en el precio del maíz como la materia prima principal del producto a fabricar: harina de maíz. El Estado de Resultado es un documento importante, porque nos presenta un resumen financiero de las operaciones del proyecto en períodos anuales.

Tabla 58 Estado de Resultado

Concepto	1	2	3	4	5
Ingresos	182,310.96	182,310.96	182,310.96	182,310.96	182,310.96
Costos de Producción	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16
Utilidad Bruta	78,641.80	78,641.80	78,641.80	78,641.80	78,641.80
Costo operativo					
Costos de administración	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costo operativo	10,123.44	10,124.44	10,125.44	10,126.44	10,127.44
Utilidad Operativa	43,587.04	43,586.04	43,585.04	43,584.04	43,583.04
Gastos financieros	7,739.94	6,484.71	5,097.68	3,565.02	1,871.42
Utilidad antes de impuestos	35,847.10	37,101.33	38,487.36	40,019.02	41,711.62
Impuestos 15%	5,377.07	5,565.20	5,773.10	6,002.85	6,256.74
Utilidad neta	30,470.04	31,536.13	32,714.26	34,016.17	35,454.88
Utilidad Acumulada	30,470.04	62,006.17	94,720.43	128,736.59	164,191.47

Tasa mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)

Es importante calcular nuestra TMAR, antes de realizar el flujo neto de efectivo y para ello se tomó en consideración, que Nicaragua es un país con alta propensión a desastres naturales y polarización política. Esto provoca que haya altibajos en la economía y el riesgo de inversión es en este caso, alto.

Consultando a Baca, G. (2016), se asume una tasa de 30% de premio al riesgo del inversionista y la tasa de inflación promedio de 5.698 % como se ve en la tabla N°61, (promedio de los últimos 5 años), según datos del Instituto Nicaragüense de Desarrollo (INIDE) y el Banco Mundial (BM).

Para el cálculo de la inflación se consideraron los últimos 5 años porque nos permite observar que tan estable está la economía y las alteraciones inflacionarias que pueden desarrollarse a futuro. Nos llama la atención que en el año 2022 la inflación quedó en el límite de los 2 dígitos, después de no tener variaciones significativas en los 4 años anteriores. Estos datos nos indican que el cálculo de la TMAR tiene un premio al riesgo bastante realista.

Tabla 59 Inflación anual precio al consumidor

Inflación índice de precios al c.	
Año	Inflación (%)
2018	4.950
2019	5.380
2020	3.680
2021	4.900
2022	9.580
Promedio	5.698
	5.700

Fuente: INIDE y BM (Banco Mundial)

Para el cálculo de la TMAR se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{TMAR} = i + f + (i * f) / 100 \quad \text{donde:}$$

i : premio al riesgo

f: inflación promedio

$$\text{TMAR} = 30\% + 5.698\% + (30\% * 5.698) / 100$$

$$\text{TMAR} = 37.41\%$$

Flujo neto de efectivo

En el flujo neto de efectivo se indican los costos desembolsados y los ingresos-beneficios recibidos durante el ciclo de vida del proyecto.

A continuación se muestran dos posibles escenarios considerando los dos tipos de flujos de fondos: el flujo con financiamiento o (flujo del proyecto financiado) y el flujo sin financiamiento o proyecto puro.

1) Flujo neto de efectivo con financiamiento.

Tabla 60 Flujo neto de efectivo con financiamiento.

Concepto	0	1	2	3	4	5
Ingresos		182,310.00	182,310.00	182,310.00	182,310.00	182,310.00
Costos fijos totales		24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costos variables totales		103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16
Depreciación		7,141.80	7,142.80	7,143.80	7,144.80	7,145.80
Amortización del diferido.		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costos financieros		7739.94	6484.71	5097.68	3565.02	1871.42
Utilidad gravable neta		38,546.14	39,800.37	41,186.40	42,718.06	44,410.66
Impuestos I.R. 15%		5,781.92	5,970.06	6,177.96	6,407.71	6,661.60
Valor de salvamento						38,358.75
Utilidad neta		32,764.22	33,830.31	35,008.44	36,310.35	76,107.81
Depreciación		7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80
Amortización del diferido		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costo de inversión	94,642.16					
Créditos recibidos	75,713.73					
Amortización del principal		11,954.56	13,209.79	14,596.82	16,129.48	17,823.08
Flujo neto de efectivo	18,928.43	28,233.10	28,043.96	27,835.06	27,604.311	65,708.171

CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN) y TIR

Retomamos la ecuación (4.1), para realizar el Cálculo del valor presente neto (VPN). También se utiliza el costo de capital o TMAR. Y para el cálculo de la TIR, retomamos la ecuación (4.2) en donde el VAN se iguala a cero.

La tabla 63, muestra los resultados positivos de los cálculos del VPN y de la TIR, los cuales indican que el proyecto se debe ejecutar, por las siguientes razones:

- 1) El VAN es positivo ($VAN > 0$) Con un valor de \$ 48,355.20. Esto significa que la rentabilidad está por encima de la tasa de descuento, en otras palabras, una vez recuperada la inversión y cubiertos los costos de producción, la utilidad obtenida es superior a la tasa de rendimiento esperada.

- 2) En el caso de la TIR, Se le llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión. El criterio de aceptación de este método es: $TIR > TMAR$, se acepta la inversión. El resultado indica que la inversión es económicamente rentable.

$$TIR = 150\% > TMAR = 37.41$$

Tabla 61 Cálculo de valor presente Neto y de la TIR

DATOS DEL PROYECTO	
AÑO	FLUJO DE CAJA
0	\$ (18,928.43)
1	\$ 28,233.10
2	\$ 28,043.96
3	\$ 27,835.06
4	\$ 27,604.31
5	\$ 65,708.17

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5}$$

Tasa de descuento 37.41%

Valor Presente Neto (VPN)	\$ 48,355.20		Tasa interna de Retorno (TIR)	150%
---------------------------	--------------	--	-------------------------------	------

El método Costo-Beneficio

Es una forma alternativa de evaluar económicamente un proyecto, el cual consiste en dividir todos los costos del proyecto sobre todos los beneficios económicos que se van a obtener. Si se quiere que el método tenga una base sólida, tanto costos como beneficios deberán estar expresados en valor presente. A continuación se calcula el VAN de egresos y el VAN de los ingresos.

Tabla 62 Costos totales para cálculo del VAN EGRESOS

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Costos fijos totales		24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costos variables totales		103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16
Costos financieros		7739.94	6484.71	5097.68	3565.02	1871.42
Costos de inversión	94,642.16					
Costos Totales	94,642.16	136,340.42	135,085.19	133,698.16	132,165.50	130,471.90

Tabla 63 VAN EGRESOS

VAN EGRESOS	US\$277,013.21
Tasa	37.41%

Tabla 64 VAN INGRESOS

VAN INGRESOS	US\$ 482,492.83
Tasa	37.41%

Tabla 65 Relación Beneficio -Costo

RELACION BENEFICIO COSTO	
RBC	\$ 1.74

La relación costo- beneficio señala la utilidad que se obtiene con el costo de inversión. El resultado indica que por cada dólar invertido se obtiene 0.74 dólar de beneficio. Como la relación b/c > 1, el proyecto se acepta.

Período de Recuperación de la Inversión

Consiste en determinar el número de períodos, generalmente en años, requeridos para recuperar la inversión inicial emitida, por medio de los flujos de efectivos futuros que generará el proyecto. Este método no considera el valor del dinero a través del tiempo.

El período de recuperación, también nos permite decidir si es conveniente o no para nuestras finanzas tener los recursos comprometidos durante el tiempo de desarrollo del proyecto y saber cuándo empezaremos a recibir beneficios.

Para su cálculo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$PRI = A + \left(\frac{B - C}{D} \right)$$

En donde:

A = período anterior al que se recupera la inversión

B= Inversión inicial

C= Flujo de caja acumulado del período A

D= Flujo de Caja donde se recupera la inversión.

Tabla 66 Datos para calcular período de recuperación.

CONCEPTO	VALORES	FLUJO DE CAJA ACUMULADO.
Inversión inicial	(18,928.43)	
Flujo de caja año 1	28,233.10	28,233.10
Flujo de caja año 2	28,043.96	56,277.06
Flujo de caja año 3	27,835.06	84,112.12
Flujo de caja año 4	27,604.31	111,716.43
Flujo de caja año 5	65,708.17	177,424.61

$$PRI = 1 + ((18,928.43 - 28233.10)/28233.10) = 245 \text{ días} = 8 \text{ meses y } 5 \text{ días.}$$

El inversionista tiene comprometido recursos por breve tiempo, según los resultados del Período de recuperación de la inversión y acepta el proyecto.

Tabla 67 Flujo neto de efectivo sin financiamiento

INDICADOR FINANCIERO	VALOR
VAN (37.41%)	\$ 48,355.20
TIR	150%
VAN egresos	US\$277,013.21
VAN Ingresos	US\$ 482,492.83
RBC	\$ 1.74
PRI	8 meses y 5 días.

b) Flujo Neto de efectivo sin financiamiento o proyecto puro

Tabla 68 Flujo neto de efectivo sin financiamiento

Concepto	0	1	2	3	4	5
Ingresos		182,310.00	182,310.00	182,310.00	182,310.00	182,310.00
Costos fijos totales		24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costos variables totales		103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16	103,669.16
Depreciación		7,141.80	7,142.80	7,143.80	7,144.80	7,145.80
Amortización del diferido.		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Utilidad gravable neta		46,286.08	46,285.08	46,284.08	46,283.08	46,282.08
Impuestos I.R. 15%		6,942.91	6,942.76	6,942.61	6,942.46	6,942.31
Valor de salvamento						38,358.75
Utilidad neta		39,343.17	39,342.32	39,341.47	39,340.62	77,698.52
Depreciación		7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80
Amortización del diferido		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costo de inversión	-94,642.16					
créditos recibidos						
Flujo neto de efectivo	-94,642.16	46,766.61	46,765.76	46,764.91	46,764.06	85,121.96

Tabla 69 indicadores financieros del proyecto puro

INDICADOR FINANCIERO	VALOR
VAN	\$12,677.93
TIR	44%
VAN INGRESOS	\$387,850.67
VAN EGRESOS	C\$ 267,978.97
RBC	1.45
PRI	2 años 7 días

Cálculo del período de recuperación de la inversión (PRI)

$$PRI = A + \left(\frac{B - C}{D} \right)$$

Tabla 70 Datos para cálculo del período de recuperación

Proyecto sin financiamiento		
año	flujo	acumulado
0	(94,642.16)	
1	46,766.61	46,766.61
2	46,765.76	93,532.37
3	46,764.91	140,297.27
4	46,764.06	187,061.33
5	85,121.96	272,183.29

PRI=2+ (H21-I23)/H24

$$PRI = 2 + ((94,642.16 - 93,532.37) / 46,764.91) = 2.02 * 12 \text{ meses} = 24.24 \text{ meses}$$

PRI =2 años, 7 días, se requieren para recuperar la inversión del proyecto.

Al analizar los indicadores financieros del flujo de efectivo sin financiamiento, se observa que el VAN es positivo y el valor de la TIR del 44% aún es superior a la TMAR. Se refleja la Relación Beneficio Costo de U.S\$1.45, lo que significa que por cada dólar invertido se obtienen 0.45 centavos dólar de utilidad. En conclusión el proyecto sin financiamiento continúa siendo rentable, con un aceptable período de recuperación de la inversión de 2 años y 7 días.

Análisis de sensibilidad. (AS)

Se denomina análisis de sensibilidad (AS) al procedimiento por medio del cual se puede determinar cuánto se afecta (cuán sensible es) la TIR ante cambios en determinadas variables del proyecto.

Considerando que los indicadores con financiamiento del 80% son altamente positivos y de corto período de recuperación de la inversión, se hará análisis de cuán sensible es el proyecto con:

- a) Una disminución del volumen de producción del 10% y
- b) un incremento en la tasa de interés al 15%, manteniendo el mismo monto del préstamo.

Los resultados del VPN y de la TIR reflejados en la tabla 73, sobre la disminución del volumen de producción en un 10%, son positivos. A pesar de que la TIR disminuye de 150%, a 71.48% ésta última aún representa el doble de la Tasa Mínima aceptable de Rendimiento (TMAR =37.41%), con un VAN positivo de \$15,387.9, por lo tanto el proyecto continua siendo atractivo para el inversionista.

Tabla 71 Disminución del volumen de producción en un 10%

Concepto	0	1	2	3	4	5
Ingresos		164,079.00	164,079.0	164,079.0	164,079.0	164,079.00
Costos fijos totales		24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costos variables		103,669.16	103,669.1	103,669.1	103,669.1	103,669.16
Depreciación		7,141.80	7,142.80	7,143.80	7,144.80	7,145.80
Amortización diferida.		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costos financieros		7,739.94	6,484.71	5,097.68	3,565.02	1,871.42
Utilidad gravable		20,315.14	21,569.37	22,955.40	24,487.06	26,179.66
Impuestos I.R. 15%		3,047.27	3,235.41	3,443.31	3,673.06	3,926.95
Valor de salvamento						38,358.75
Utilidad neta		17,267.87	18,333.96	19,512.09	20,814.00	60,611.46
Depreciación		7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80
Amortización del		281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costo de inversión						
créditos recibidos						
Amortización		11,954.56	13,209.79	14,596.82	16,129.48	17,823.08
Flujo neto de		12,736.75	12,547.61	12,338.71	12,107.96	50,211.82
VAN	15,387.9					
TIR:	71.48%					

- b) incremento en la tasa de interés al 15%, manteniendo el mismo monto del préstamo. Los resultados de la tabla 68, nos permiten trabajar los cambios en el flujo de efectivo relacionado con los costos financieros.

Tabla 72 Anualidades del préstamo con tasa de interés al 15%

Año	Cuota anual USD \$	Principal USD \$	Interés USD \$	Saldo USD\$
0				75,713.73
1	22,586.58	11,229.52	11,357.06	64,484.21
2	22,586.58	12,913.95	9,672.63	51,570.25
3	22,586.58	14,851.05	7,735.54	36,719.21
4	22,586.58	17,078.70	5,507.88	19,640.51
5	22,586.58	19,640.51	2,946.08	-0-

Tabla 73 Datos para cálculo de anualidades en Excel

Variable	Valor
P	\$75,713.73
I	15%
N	5 años
A	\$22,586.58

Donde;

P: Préstamo

I: Tasa de interés

n: No de períodos (en años)

A: Anualidad (cuota= amortización + intereses)

Tabla 74 Flujo neto de efectivo con variaciones en los costos financieros

Ingresos	182,310.0	182,310.0	182,310.00	182,310.0	182,310.00
Costos fijos totales	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32	24,931.32
Costos variables	103,669.1	103,669.1	103,669.16	103,669.1	103,669.16
Depreciación	7,141.80	7,142.80	7,143.80	7,144.80	7,145.80
Amortización del diferido.	281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costos financieros	11,357.06	9,672.63	7,735.54	5,507.88	2,946.08
Utilidad gravable neta	34,929.02	36,612.45	38,548.54	40,775.20	43,336.00
Impuestos I.R. 15%	5,781.92	5,491.87	5,782.28	6,407.71	6,500.40
Valor de salvamento					38,358.75
Utilidad neta	29,147.10	31,120.58	32,766.26	34,367.49	75,194.35
Depreciación	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80	7,141.80
Amortización del diferido	281.64	281.64	281.64	281.64	281.64
Costo de inversión	94642.16				
créditos recibidos	75713.73				
Amortización del principal	11,229.52	12,913.95	14,851.05	17,078.70	19,640.51
Flujo neto de efectivo	-18928.43	25,341.02	25,630.07	25,338.65	62,977.28
VAN	46,641.18				
TIR	136%				

Valorando los resultados del análisis de sensibilidad, se puede decir que incide más en la disminución de la tasa interna de rendimiento una reducción del 10% en el volumen de producción, que un incremento en la tasa de interés del préstamo para el proyecto. Sin embargo, en ambas propuestas los resultados son positivos.

El proyecto mostró mayor sensibilidad a la disminución del volumen de producción en un 10%. Esto nos indica que podemos trazar estrategias para mantener los volúmenes de producción planificados, a partir del conocimiento de las causas que la provocan.

VI. CONCLUSIONES

La muestra seleccionada fue la No 6, la cual cumple con los requisitos establecidos por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), quedando la formulación para la harina de maíz blanco nixtamalizado de la siguiente manera: 1 kilogramo de maíz, 3% de óxido de calcio, 1 litro de agua por Kg de maíz y 15 horas de reposo del nixtamal.

Los resultados del análisis bromatológico realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), fueron los siguientes: proteína (7%), carbohidratos (75.32%), fibra cruda (0.43%), grasa (8.81%), Humedad (7.16%), ceniza (1.28%) y hierro (64 mg/L).

La pequeña planta para procesar harina de maíz nixtamalizada es factible de construir e instalar trabajando un volumen de materia prima inicial de 11 toneladas de maíz al mes que totalizan 132 toneladas al año. Se prevee que la producción anual resultante genere US\$ 182,310 dólares norteamericanos.

Se parte de que la planta es de un tamaño pequeño, porque el diseño está en función de producir 500 kg/día, lo que permitirá contratar artesanos nicaragüenses con experiencia para construir algunos equipos y el resto se pueden cotizar en el mercado internacional de equipos industriales para producir harina de Maíz, destacando en este aspecto el país de México.

Después de 6 meses de almacenamiento, la harina de maíz "Pinolera", conserva sus propiedades organolépticas, lo que significa que el proceso de nixtamalización, contribuye a una mayor vida de anaquel del producto. La cal evita que gérmenes descompongan la harina de maíz en corto tiempo.

En la evaluación económica financiera se logró determinar que el proyecto es rentable con financiamiento y sin financiamiento. La mejor alternativa seleccionada de acuerdo a los indicadores financieros resultantes fue la opción de proyecto con financiamiento del 80% de la inversión total.

Los indicadores VAN, TIR, B/C y PRI confirman la mayor rentabilidad con sus resultados que son los siguientes: El VAN es positivo con un valor de \$48,335.20, La tasa interna de rendimiento (TIR) alcanzó un porcentaje de 150 lo que supera 4 veces la TMAR establecida de 37.41 %. La relación Beneficio/Costo fue de 1.74 lo que significa que por cada dólar invertido se reciben de utilidad \$0.74 y por último el período de recuperación de la inversión es de 8 meses y 5 días.

El análisis de sensibilidad realizado, confirma el precio de venta unitario que saldrá al mercado que es de C\$26.00 córdobas la libra (454 g) en bolsa plástica de polipropileno.

Podemos concluir considerando el objetivo General, que se logró diseñar el proceso de producción de harina de maíz blanco nixtamalizado para la cooperativa Gloria Quintanilla, utilizando la variedad de maíz NB-6, con el que se obtuvo un rendimiento aceptable del 88.5%.

VII. RECOMENDACIONES

Durante el proceso de nixtamalización, en el laboratorio, es conveniente cocer el maíz en un solo recipiente que contenga toda la materia prima e insumos a utilizar en el proceso. Esto es importante para obtener datos homogéneos respecto al tiempo de cocción y temperatura en cada una de las muestras experimentales.

En la operación de secado es preferible usar bandejas planas que permita un secado uniforme. Otro elemento a tomar en cuenta es asegurar la carga adecuada de maíz al secador, para que se realice un secado más eficiente.

Para efectos de contaminar menos el medio ambiente por el exceso de alcalinidad del nejayote, sería conveniente reducir el uso de cal al 2% o al 1.5 %.

Se recomienda disminuir las horas de reposo y el tiempo de secado para agilizar el proceso de producción que tiene una duración de 31.5 horas. Lo ideal sería realizar un estudio más profundo para disminuir los tiempos de producción para obtener la harina de maíz, con el fin de asegurar el cumplimiento de las metas propuestas, sin disminuir la calidad del producto.

Nicaragua tiene una larga tradición de cultivo y consumo de maíz blanco, por lo tanto se recomienda que la planta de producción de harina de maíz, se realice en comunidades que producen este rubro, para disminuir costos de producción por razones de transporte y para asegurar su materia prima por varios meses. Se recomienda guardarla en silos con capacidad de almacenar la materia prima requerida y así evitar mayores gastos por incremento de precios del rubro.

Se recomienda que la temperatura de almacenamiento de la harina de maíz, no debe superar los 18°C, para evitar su deterioro y mantener la calidad de la misma.

Debido a que el gasto de agua es considerable (4.5 litros por Kg) a la hora de realizar el lavado del maíz nixtamalizado, se recomienda que se realice estudio para aprovechar los nutrientes del agua del nejayote y convertirlos en otros subproductos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional de Nicaragua. (27 de Junio de 2012). *NTON 0395-11 Para harina de maíz y sémola de maíz sin germen*. (Asamblea Nacional de Nicaragua, Editor) Recuperado el 6 de junio de 2020, de www.legislación.asamblea.gob.ni
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2001). *Norma Europea en Iso 10628 (Diagrama de flujo de plantas de proceso)*. Madrid, España: AENOR.
- Baca, G. (2016). *Evaluación de Proyectos* (octava edición ed.). México: Mcgraw Hill Interamericana, S.A. de C.V.
- Bello, L., Osorio, P., Agama, E., Paredes, O., & Núñez, C. (Mayo -Junio de 2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. (C. d. Postgraduados, Ed.) *Agrociencia*, 36(3), 319-328.
- Billeb de Sinibaldi, A., & Bressani, R. (2001). Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(1), 86-94 pp.
- Brealy, R., & Myers, S. (1990). *Principios de Finanzas Corporativas* (segunda ed.). España: McGraw Hill.
- Brennan, J. G., Butters, J. R., & Cowell, N. D. (2000). *Las Operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Calle Sigüencia, E. L. (2016). *Calidad Microbiológica de alimentos elaborados a base de maíz y harinade trigo en la fábrica Delicias Mexicanas DELME'S de la ciudad de Cuenca*. (E. Universidad de Cuenca, Editor) Recuperado el 28 de Abril de 2020, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26202>
- Casp Vanaclocha, A. (2008). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Casp, A., & Requena, J. (2003). *Proceso de Conservación de alimentos*,. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Coles, R., McDowell, D., & Kirwan, J. (2004). *Manual del envasado de alimentos y bebidas*. Madrid: Madrid-Vicente, Ediciones.
- Coss Bu, R. (1996). *Análisis y Evaluación de Proyectos de inversión*. México: Limusa.
- Cuellar, N. A. (2008). *Ciencia, Tecnología e industria de los alimentos*. Colombia: Grupo Latino Editores.
- Desrossier, W. N. (1991). *Conservación de Alimentos* (decimonovena reimpresión. ed.). México: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- Estados Unidos Mexicanos-Secretaría de Salud -Diario oficial de la Federación. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM 187-SSA1/SCF1-2002. Productos y Servicios*.

Masas, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Recuperado el 6 de junio de 2020, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69848.pdf>

- Felder, R., & Rousseau, R. (2004). *Principios Elementales de los procesos químicos*. Atlanta, Georgia: Limusa-Wiley.
- Fellows, P. (2000). *Tecnología del procesado de los alimentos principios y práctica*. (Segunda ed.). Zaragoza, España: Acibia, S.A.:
- Fito, P., Andrés, A., Barat, j., & Albors, A. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. España: Universitat de Valencia.
- García Jiménez, A., & Vázquez Ch., L. (2016). Masa y Harina de maíz nixtamalizado. (U. A. Metropolitana, Ed.) *Ciencia y tecnología*, 1(2), 78-82.
- Gil, S. S., & Espinoza, B. A. (14 de febrero de 2019). *Evaluación de la potencia de un molino de martillos al procesar bagazo de caña de azúcar*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10,22267/rcia.193601.101>.
- González Arguinzones, U. (2014). *El maíz y los productos de su industrialización* (segund ed.). México: Trillas.
- González F. et al. (2016). *Proceso de Fabricación de la harina precocida de maíz*. Venezuela: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad José Antonio Páez.
- Govea Garcerant, I. (2014). *La función del envase en la conservación de alimentos*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, Universidad de la Salle.
- Guerra Bustillo, C. W., Menéndez Acuña, E., Barrera Morera, R., & Egaña Morales, E. (2003). *Estadística*. Habana, Cuba: Félix Varela.
- Hernández Sampieri, R., Baptista Lucio, P., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico, D.F.: McGraW Hill Interamericana S.A. de C.V.
- IICA. (2007). *La Contribución del IICA a la agricultura y al desarrollo de las comunidades rurales en Nicaragua*. Managua: Oficina Nicaragua-IICA.
- IICA, I. I. (2014). *Estudio de las cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centroamérica*. RED SICTA. Costa Rica: RED SICTA.
- INTA, I. N. (2014). *Proyecto Apoyo a la Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria*. Managua Nicaragua: PAPSSAN DCI-FOOD.
- Márquez -Sánchez, F. (2013). Endogamia en un sintético de maíz. *Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 259-261.
- Martínez, E., & Lira, C. L. (2010). *es.slideshare.net*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2020, de [es,eslideshare.net: http://es.slideshare.net/FanychaCosplayer/guía-final-de-secado](http://es.slideshare.net/FanychaCosplayer/guía-final-de-secado).

- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1998). *Operaciones unitarias en ingeniería Química* (Cuarta ed.). España: McGraw Hill Interamericana.
- MIFIC, M. d. (2020). *Plan de producción, consumo y comercio, ciclo 2019/2020*. Managua, Nicaragua.: MIFIC.
- MIFIC. (2007). *Política Comercial externa del maíz blanco*. Nicaragua: MIFIC.
- Ministerio Agropecuario Forestal - MAGFOR. (2009). *Fortalecimiento al sistema nacional de semilla. Evaluación social de territorios, proyecto ampliación PTAll*. Managua, Nicaragua: MAGFOR.
- Nonhebel, M. A., & Moss, A. A. (2002). *Secado de sólidos en la industria química*. Barcelona, España.: Reverté, S.A.
- Núñez Mayta, M. d., & Coapaza Sucari, D. J. (2016). *Premezcla a partir de Harina Nixtamalizada de Maíz Morado (Zea Mays L Amilácea Cv; Morado), Kiwicha (Amaranthus Caudatus L.) y fortificada para elaborar panqueques*. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Ortega, M., Morales, S., Hernández-Román, M., & Ruiz-Tórrez, M. (2011). Sistema para producir harina nixtamalizada con transporte de bajo cizallamiento. *Ingeniería Mecánica*, 4(1).
- Patino Olivares, A. (2000). *Introducción a la Ingeniería Química. Balances de Materia y Energía*. México: Universidad Iberoamericana.
- Perry, R. H. (1998). *Manual del Ingeniero Químico* (sexta ed.). México: McGraw Hill.
- Poehlman, J. M., & Allen, S. D. (2005). *Mejoramiento genético de las cosechas* (segunda edición ed.). LIMUSA, Noriega Editores,.
- Potter, N. (1978). *La Ciencia de los alimentos*. México: Edutex, S.A.:
- Ramírez Díaz, J. A. (2011). *Evaluación Financiera de Proyectos: con aplicación en Excel*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Rodríguez de Ávila, U., Paba Barbosa, C., & Paba Argote, Z. (2004). *Guía Práctica para la investigación de artículos científicos (Normas APA, 6a.Ed.)*. Santa Martha, Colombia: Unimagdalena.
- Roque-Maciel, L., Arámbula-villa, G., López-espíndola, M., Ortiz-Laurel, H., Carballo-carballo, A., & Herrera-Corredor, J. (2016). Nixtamalización de 5 variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios físico-químicos. (C. d. Veracruz., Ed.) *Agrociencia*, 50(6), 727-745.
- Rosabal Vega, J., & Valle Matus, M. (1996). *Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas*. Habana, Cuba: ENPES.
- Sapag Chain, N. (2011). *Proyectos de inversión, formulación y evaluación*. Chile: Pierson Educación.

- Sapag, N., & Sapag, R. (1995). *Preparación y evaluación de proyectos* (Tercera ed.). México: McGraw Hill Interamericana, S.A.
- Seider, w., Seader, J. D., & Lewin, D. R. (s/f). *Product and Process design principles*. John Wiley and son, inc. segunda edición.
- Sinnott, R., & Towler, G. (2012). *Diseño en Ingeniería Química* (Traducción de la quinta edición original. ed.). Barcelona, España: Reverté.
- Soriano del Castillo, J. M. (2015). *Micotoxinas en alimentos*. España: Díaz de Santos.
- Treybal, E. (1988). *Operaciones de Transferencia de Masa*. México: McGraw Hill Interamericana, S.A. de C.V.
- Turner, E., & Tirado, A. (2003). "The Promise and Challenge of Corn Masa Flour Fortificación in world Grains". 21(2), 54-63.
- Ulrich, D. (1988). *Diseño y economía de los procesos de Ingeniería química*. México: Interamericana, S.A. de C.V.
- Valiente. (1986). *Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria* (Primera edición. ed.). Mexico: Limusa, S.A. de C.V.
- Valiente Barderas, A. (s.f.).
- Vanaclocha, C. (2008). *Diseño de Industrias agroalimentarias*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Vanegas Valdivia, L., & Vargas Paiz, Y. d. (Noviembre de 2007). *Unan. León*. Recuperado el Agosto de 2020, de Unan. León: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/5204>
- Vásquez, F. A. (2021). *Costos y Presupuestos para financieros Junior*. Recuperado el 22 de febrero de 2021, de <https://elibro.net/es/ereader/uninicaragua/160288?page=1>
- Welty, J. R. (1981). *Transferencia de Calor aplicada a la Ingeniería*. México, D.F.: Limusa, S.A.
- Zurita Vargas, S. (2000). *Estudio de factibilidad para instalar una planta procesadora de harina de maíz nixtamalizada*. Siguatepeque, Honduras: El Zamorano.

IX-ANEXOS

IX. ANEXOS

9.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO

9.1.1 Análisis proximal



Solamente pueden utilizarse materiales de laboratorio refractarios (Por ejemplo: Un crisol de porcelana); como el utilizado en las muestras.

Figura 48 Equipo para Determinación de Ceniza



Secador de vacío, utilizado para ubicar las muestras después de retiradas de la mufla.

Figura 49 Desecador



La espátula es una herramienta que se utiliza en el laboratorio para recoger sólidos y poder verterlos en otro sitio.

Suelen tener dos partes, una con una espátula pequeña y otra con una pequeña cuchara más o menos cóncava,

Figura 50 – Espátulas

9.1.2 Proceso de nixtamalización



Figura 51 Bandeja honda



Figura 52 Bandeja plana



Figura 53 Beakers de 2000 ml.



Figura 54 Termómetro de Vidrio



Figura 55 Medidor de pH



Figura 56 Balanza Comercial



Figura 57 Planchas metálicas

9.2 BALANCE DE MATERIA A ESCALA DE LABORATORIO.

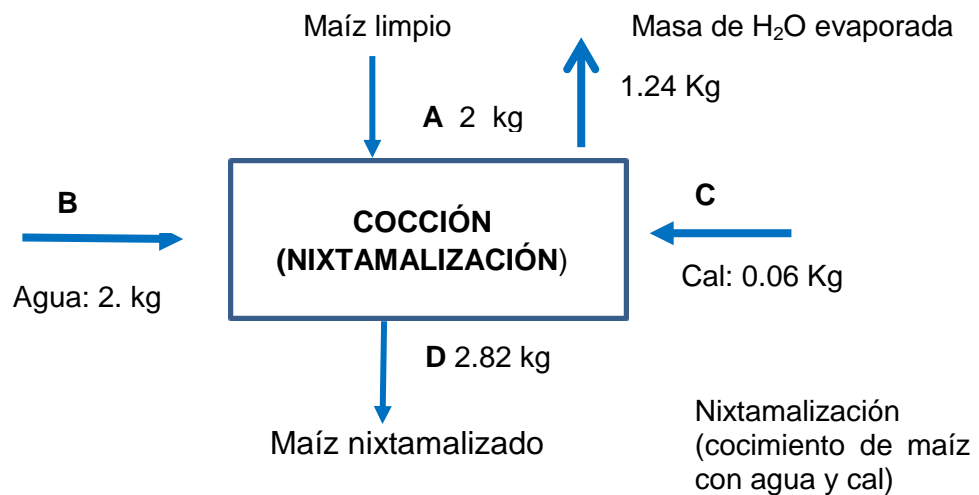
Desde la sección de nixtamalización hasta el tamizado, el resultado de harina de maíz nixtamalizado fue de 1.77 (Kg).

El porcentaje de humedad de la muestra No. 6 fue de 35.5%. El incremento de masa después de la cocción, reposo, lavado y escurrido fue de 0.71 kilogramos y la cantidad de masa de H₂O evaporada considerando la masa total después de la nixtamalización fue de 1.24.

Es importante señalar que el rendimiento industrial de la harina de maíz nixtamalizado (cocido en agua de cal), fluctúa entre el 86 y 95%. Varía según el tipo de maíz, localidad de procedencia de los granos enteros y las condiciones en que se realiza el tratamiento con cal. (FAO, 1993). En el caso de este proceso el rendimiento fue de 88.50%. El rendimiento obtenido se logró usando molino de discos y secador de bandeja a 80° C.

A continuación los balances de las operaciones en las diferentes etapas del proceso de producción:

- **Balance en la sección de nixtamalización**



Se evapora una masa de agua de 1.24 kg.

Balance total:

$$A + B + C = D + mH_2O \text{ evaporada}$$

Despejando:

$$A + B + C - D = mH_2O \text{ evaporada}$$

Sustituyendo en el Balance Total tenemos:

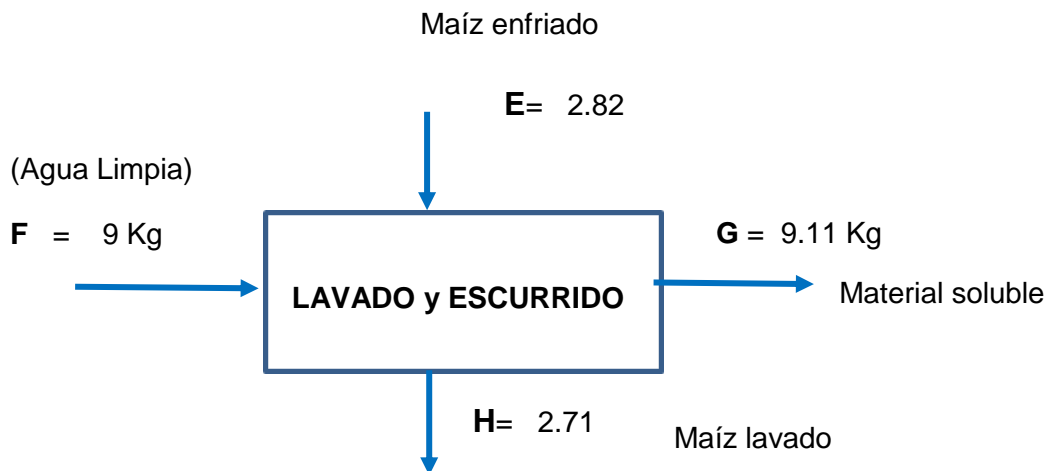
$$2 \text{ kg}_{\text{maíz}} + 2 \text{ Kg}_{\text{agua}} + 0.06 \text{ Kg}_{\text{cal}} = 2.82 \text{ Kg}_{\text{maíz nixtamalizado}} + 1.24 \text{ Kg}_{\text{mH}_2\text{O evaporada}}$$

$$4.06 = 4.06$$

$$\text{De donde, } 4.06 \text{ Kg} - 2.82 \text{ Kg} = 1.24 \text{ Kg}_{\text{mH}_2\text{O evaporada}}$$

- **Sección de enfriado/reposo.** $D = E = 2.82 \text{ kg}$
- **Balance en la sección de Lavado y escurrido.**

En el agua sucia sale 4% de material soluble que incluye pericarpio, cal, y otros elementos orgánicos.



Para obtener el peso por suciedad en lavado y escurrido, Se consideran las pérdidas del 4%, respecto a la base de cálculo de 2.82 kilogramos.

Hacemos una regla de tres.

$$2.82 \text{ kg} \dots\dots\dots 100\%$$

$$X \dots\dots\dots 4\% \quad X = (2.82 \text{ Kg}) * (4/100) = 0.11 \text{ Kg}$$

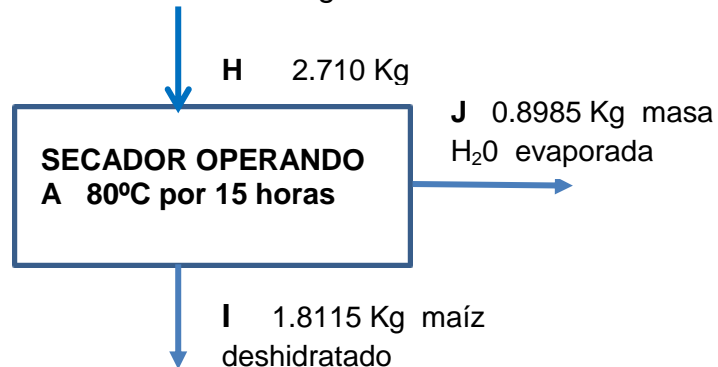
Para obtener el valor real del maíz que entra como corriente “H” al proceso de secado, tenemos que considerar que la masa de agua 9 kg (F) que entra al lavado y el 4% de material soluble se pierden en el lavado. Por tanto tenemos que

Balance Global: $E + F = G + H$ Despejando tenemos: $E + F - H = G$

Sustituyendo: $(9 \text{ kg}) + (2.82 \text{ kg}) - (2.71 \text{ kg}) = (9.11 \text{ Kg})$

Balance en el Secador

En esta etapa se produce una pérdida del peso del maíz que entra al secador. De acuerdo a las estadísticas obtenidas en el laboratorio, se considera que del maíz húmedo se evapora el 33.15% de agua a una temperatura de secado constante de 80°C. Al secador entra una masa inicial de 2.71 kg, y por una corrida de secado de 15 horas, salen del secador 1.8115 kg de maíz deshidratado.



Balance Total en el secador

$$H = J + I$$

$$J = H - I \quad \text{sustituyendo valores tenemos } J = 2.710 \text{ Kg} - 1.8115 \text{ Kg} = 0.8985 \text{ Kg}$$

Los resultados se obtuvieron considerando los datos del laboratorio:

Masa de H₂O evaporada = Masa Inicial – Masa seca

$$\text{Masa de H}_2\text{O evaporada} = 2.71 \text{ Kg} - 1.8115 \text{ Kg} = 0.8985 \text{ Kg}$$

Tabla 75 Porcentaje de flujo de entrada y salida de maíz en el secador.

No.	Flujo de Proceso	Masa Kg	% en peso
1	Masa inicial total	2.710 kg	100
2	Masa deshidratada	1.8115 kg	66.85
3	Masa H ₂ O evaporada	0.8985 Kg	33.15

La tabla nos indica que de la masa total de un 33.15% corresponde a masa de agua evaporada.

▪ Balance en Molienda seca

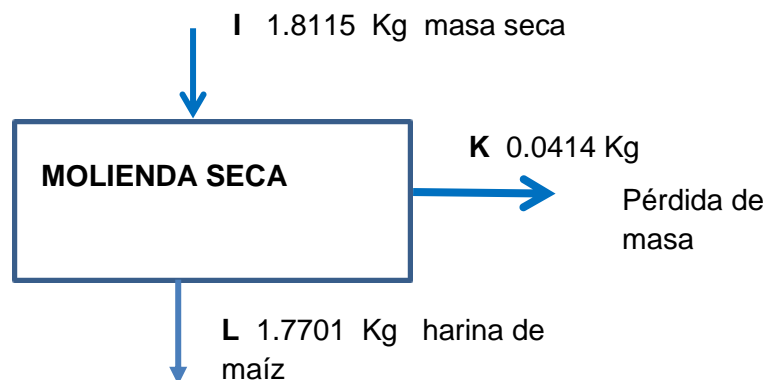
Salen del secador 1.8115 kg de maíz deshidratado. Aquí obtenemos la harina que ha sufrido reducción de tamaño a través de la molienda (masa seca pulverizada). Al pesarla no se mantiene la misma cantidad en Kg de masa seca, convertida ahora en harina de maíz.

Datos:

Maíz Deshidratado: 1.8115 Kg

Harina de Maíz: 1.7701 Kg

Pérdida de masa por pulverización: 0.0414 Kg



Balance Total: $I = L + K$

Despejando tenemos que $I - L = K$

$1.8115 \text{ Kg} - 1.7701 \text{ Kg} = 0.0414 \text{ Kg}$.

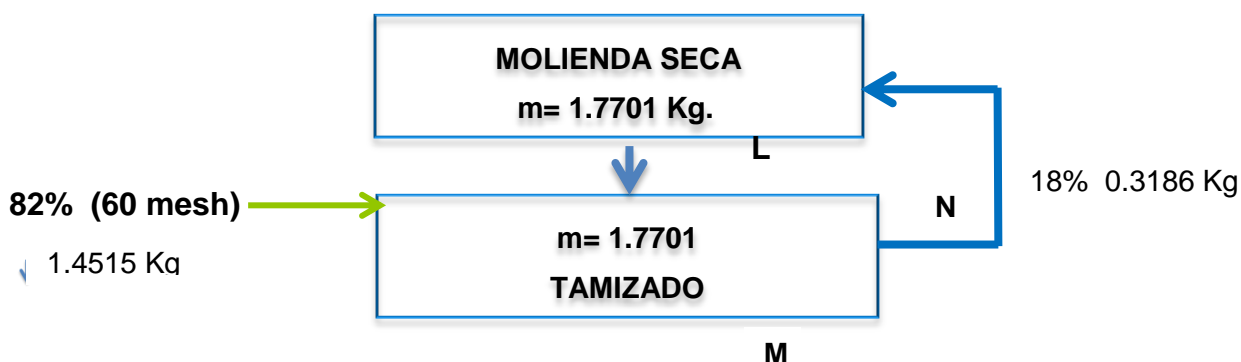
La pérdida de masa por pulverización, representa el 2.285 % en relación a la masa que entra a molienda (maíz nixtamalizado deshidratado).

Rendimiento: 88.51%

9.2.7 – Balance en el proceso de tamizado

No hay variación en cuanto a resultados finales, debido a que los gruesos resultantes que no pasan por el tamiz, retornan al molino y continúa nuevamente el proceso hacia la actividad del tamizado. Por tanto el resultado es $L = M = 1.7701 \text{ kg}$ de harina de maíz.

La actividad "N" es de carácter temporal en dependencia de la eficiencia de la Molienda. En este caso al pasar nuevamente los gruesos por el molino (18%) el tamizado resultó ser aceptable.



Tamizado 60 mesh	= 1.4515 Kg
Gruesos pulverizados	= 0.3186 Kg
TOTAL	= 1.7701 Kg

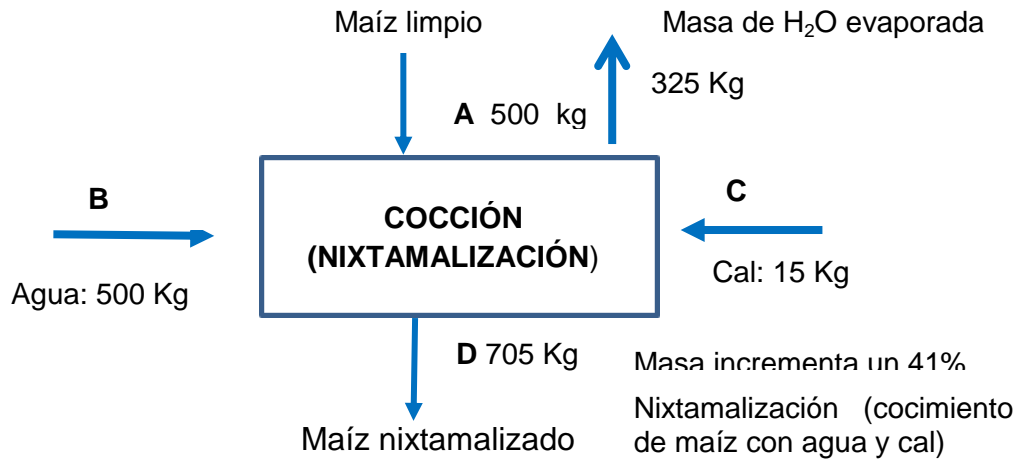
- **BALANCE DE MATERIA A ESCALA DE LA COOPERATIVA**

Este balance a escala de la cooperativa se realiza considerando una producción diaria de 500 Kg de maíz variedad NB-6. Se utiliza un maíz limpio, sacado de los silos donde se almacena cumpliendo los estándares de humedad y manejo adecuado del grano. Todo lo anterior de acuerdo con la NTON 03-026-10 que trata sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los manipuladores de alimentos en las operaciones durante su obtención, que incluye la recepción de materia prima.

Al final del balance de Materia se obtiene la producción total de harina de maíz, expresada en Kg y su rendimiento respectivo. Así mismo se determinan las capacidades por día y las especificaciones técnicas requeridas de los equipos para el desarrollo eficiente de cada etapa.

A continuación se detallan los balances de las operaciones en las diferentes etapas del proceso de producción:

- **Balance en la sección de nixtamalización**



Se evapora una masa de agua de 310 kg.

Balance total:

$$A + B + C = D + mH_2O \text{ evaporada}$$

Despejando:

$$A + B + C - D = mH_2O \text{ evaporada}$$

$$500 \text{ kg}_{\text{maíz}} + 500 \text{ Kg}_{\text{agua}} + 15 \text{ Kg}_{\text{cal}} - 705 \text{ Kg}_{\text{maíz nixtamalizado}} = 310 \text{ Kg } mH_2O \text{ evaporada}$$

Sustituyendo en el Balance Total tenemos:

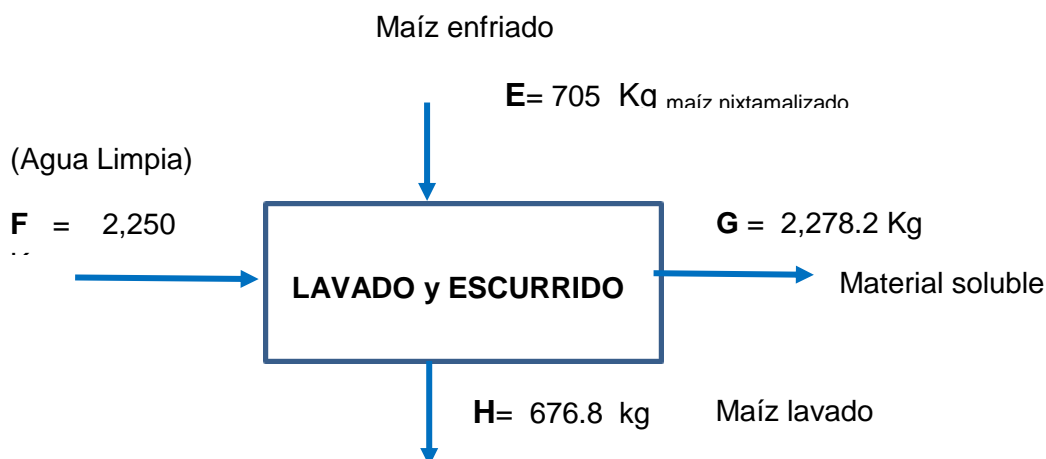
$$500 \text{ kg}_{\text{maíz}} + 500 \text{ Kg}_{\text{agua}} + 15 \text{ Kg}_{\text{cal}} = 705 \text{ Kg}_{\text{maíz nixtamalizado}} + 310 \text{ Kg}_{\text{mH}_2\text{O evaporada}}$$

$$1015 \text{ Kg} = 1,015 \text{ Kg}$$

- **Sección de enfriado/reposo.** $D = E = 705 \text{ Kg}_{\text{maíz nixtamalizado}}$

- **Balance en la sección de Lavado y escurrido.**

En el agua sucia sale 4% de material soluble que incluye pericarpio, cal, y otros elementos orgánicos.



Para obtener el peso por suciedad en lavado y escurrido, Se consideran las pérdidas del 4%, respecto a la base de cálculo de 705 kilogramos.

Hacemos una regla de tres.

705 kg.....100%

X.....4% $X = 705 \text{ Kg} * (4/100) = 28.2 \text{ Kg}$

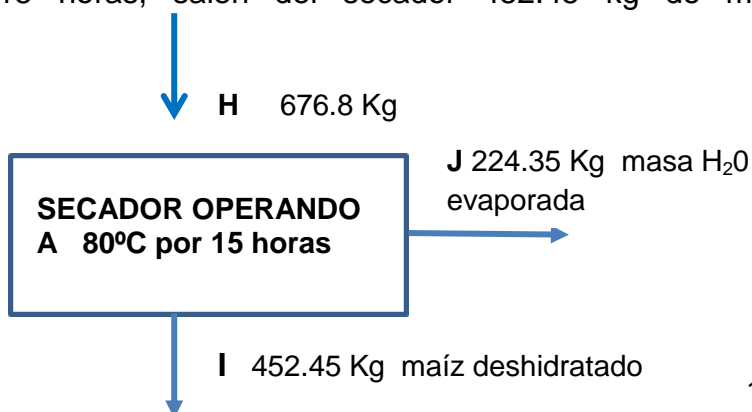
Para obtener el valor real del maíz que entra como corriente "H" al proceso de secado, tenemos que considerar la masa de agua 2,250 Kg (F) que entra al lavado y el 4% de material soluble que se pierden en el lavado. Por tanto tenemos que

Balance Global: $E + F = G + H$ Despejando tenemos: $E + F - H = G$

Sustituyendo: $(705 \text{ kg}) + (2,250 \text{ kg}) - 676.8 \text{ kg} = (2,278.2 \text{ Kg})$

Balance en el Secador

En esta etapa se produce una pérdida del peso del maíz que entra al secador. De acuerdo a las estadísticas obtenidas en el laboratorio, se considera que del maíz húmedo entrante se evapora el 33.15% de agua a una temperatura de secado constante de 80°C. Al secador entra una masa inicial de 676.8 kg, y por una corrida de secado de 15 horas, salen del secador 452.45 kg de maíz deshidratado.



Balance Total en el secador

$$H = J + I$$

$$J = H - I \quad \text{sustituyendo valores tenemos} \quad J = 676.8 \text{ Kg} - 452.45 \text{ Kg} = 224.35 \text{ Kg}$$

Los resultados se obtuvieron considerando los datos del laboratorio:

$$\text{Masa de H}_2\text{O evaporada} = \text{Masa Inicial} - \text{Masa seca}$$

$$\text{Masa de H}_2\text{O evaporada} = 676.8 \text{ Kg} - 452.45 \text{ Kg} = 224.35 \text{ Kg}$$

Tabla 76 Masa H₂O evaporada – balance en el secador.

No.	Flujo de Proceso	Masa Kg	% en peso
1	Masa inicial total	676.8 Kg	100
2	Masa deshidratada	452.45 Kg	66.85
3	Masa H ₂ O evaporada	224.35 Kg masa H ₂ O evaporada	33.15

La tabla nos indica que de la masa total, un 33.15% corresponde a masa de agua evaporada.

▪ **Balance en Molienda seca**

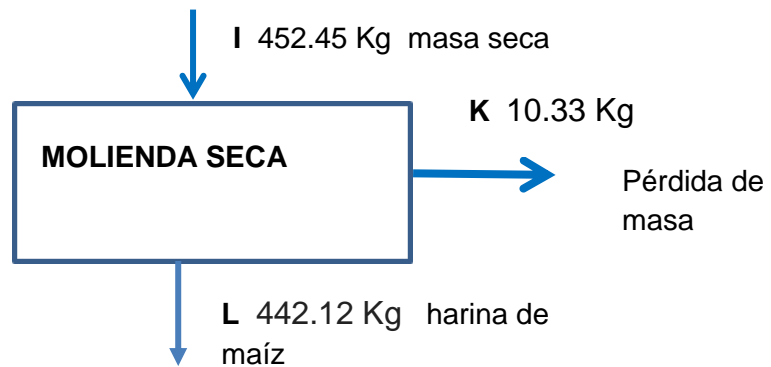
Salen del secador 452.45 Kg de maíz deshidratado. Aquí obtenemos la harina que ha sufrido reducción de tamaño a través de la molienda (masa seca pulverizada). Al pesarla no se mantiene la misma cantidad en Kg de masa seca, convertida ahora en harina de maíz.

Datos:

Maíz Deshidratado: 452.45 Kg

Harina de Maíz: 442.12 Kg

Pérdida de masa por pulverización: 10.33 Kg



Balance Total: $I = L + K$

Despejando tenemos que $I - L = K$

$452.45 \text{ Kg masa seca} - 442.12 \text{ Kg harina de maíz} = 10.33 \text{ Kg Pérdida de masa}$

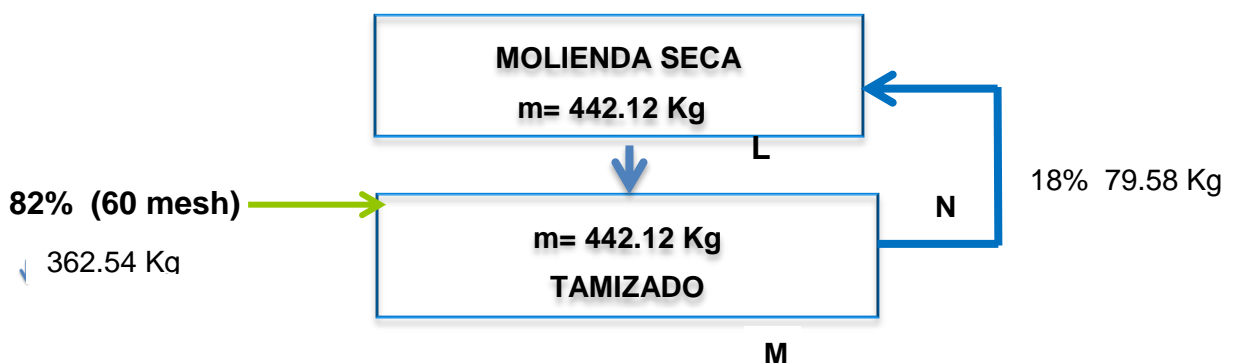
La pérdida de masa por pulverización, representa el 2.285 % en relación a la masa que entra a molienda (maíz nixtamalizado deshidratado).

Rendimiento: 88.51%

9.2.7 – Balance en el proceso de tamizado

No hay variación en cuanto a resultados finales, debido a que los gruesos resultantes que no pasan por el tamiz, retornan al molino y continúa nuevamente el proceso hacia la actividad del tamizado. Por tanto el resultado es $L = M = 442.12 \text{ Kg}$ de harina de maíz. (Se suman $362.54 \text{ kg} + 79.58 \text{ Kg}$)

La actividad “N” es de carácter temporal en dependencia de la eficiencia de la Molienda. En este caso al pasar nuevamente los gruesos por el molino (18%) el tamizado resultó ser aceptable.



TOTAL HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA = **442.12 Kg**

9.3 FLUJOGRAMA DE PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO.

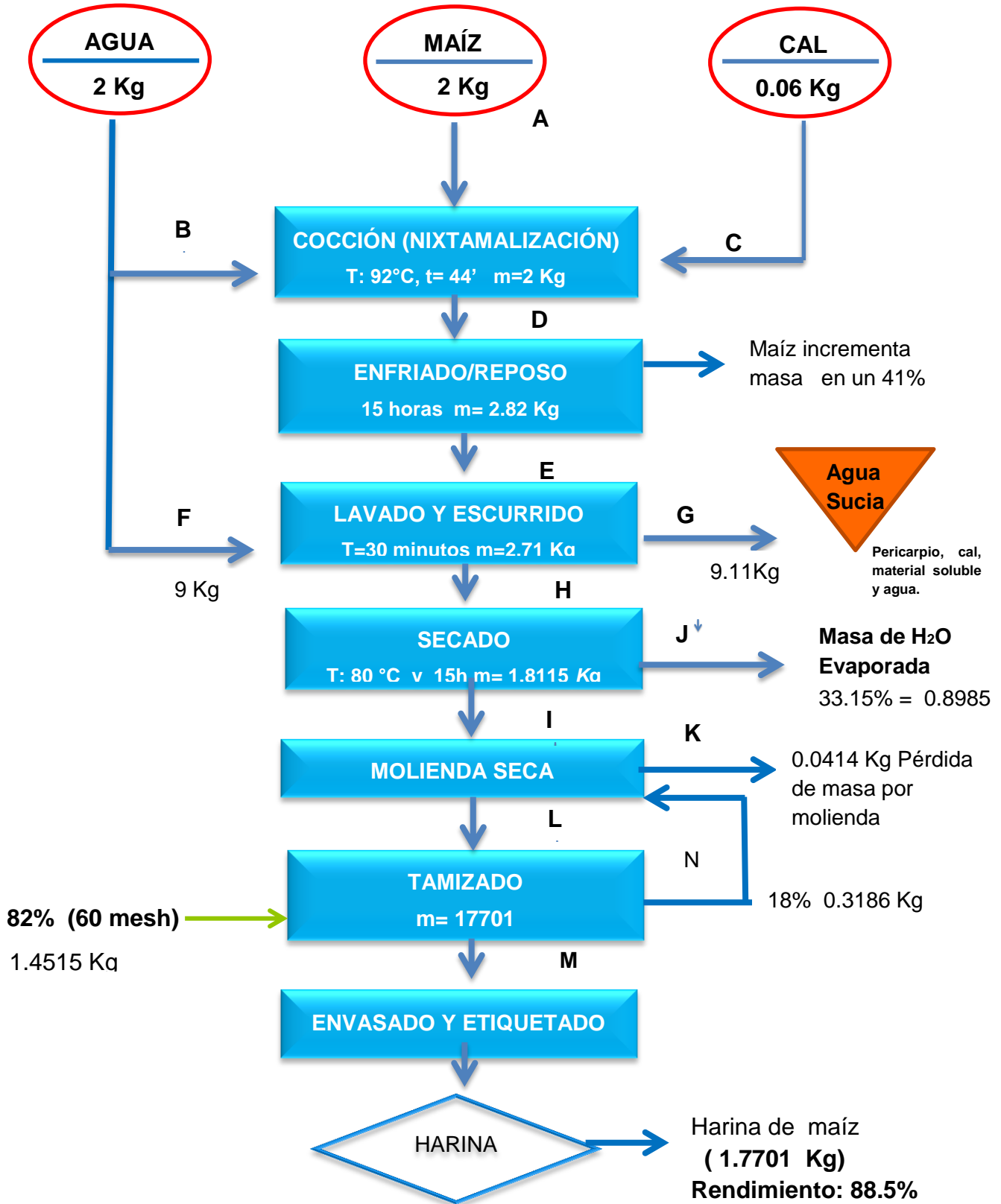


Figura 58 Flujoograma de proceso a escala de Laboratorio.

9.4 FICHA TÉCNICA PARA EQUIPOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Esta ficha técnica describe el funcionamiento y los componentes de fabricación de cada equipo que se necesitan para la buena marcha del proceso de producción. Se detalla su dimensionamiento de acuerdo al tamaño, las principales especificaciones operativas, su geometría, su capacidad eléctrica y otras características particulares de importancia, que debe tener el equipo requerido.

Ficha de Características Técnicas de los Equipos				
Equipo:		Simbología:		
Función:		No. de unidades		
Especificaciones Operativas:				
Componentes:				
Dimensionamiento:				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Eléctrica	Potencia	Tensión (V)	Frecuencia	
Consumo	Agua	Vapor	Aire comprimido	
Otros				

Fuente: (Casp Vanaclocha, 2008)

9.5 LA COOPERATIVA GLORIA QUINTANILLA.

Comunidad Santa Julia, municipio El Crucero, Managua.

En la figura 58 se encuentran mujeres socias de la cooperativa Gloria Quintanilla.



Figura 59 Asamblea comunidad Santa Julia, 2022.

Fuente: CCC C. Pérez (24 de Agosto 2022)

En la comunidad Santa Julia, en el municipio de El Crucero, Managua, se encuentra la cooperativa Multisectorial “Gloria Quintanilla”, integrada por mujeres quienes se dedican al impulso de más de 15 rubros entre los que destacan el café, el maíz y el frijol. (El 19, 2022)

Son 20 socias que producen los 12 meses del año, Actualmente han iniciado en darle valor agregado al rubro café; lo producen, lo transforman y luego lo comercializan y continuarán con ese proceso en los otros rubros. En la figura 59 se observa a Dolores Esquivel, miembro de la Junta Directiva de la cooperativa,



Figura 60 Dolores Esquivel (tesorera)

En la figura 60 se presenta ubicación de La Comunidad de Santa Julia en el km 26, carretera sur, 6 kilómetros al Oeste (antes de entrar a la zona urbana de El Crucero a la derecha), con altitudes que van desde los 800 a 673 msnm. Cuentan

con 879 manzanas de tierras, tienen el recurso humano necesario y las habilidades para salir adelante con sus cosechas.



Figura 61 Ubicación comunidades Daniel Teller y Santa Julia, El crucero

Fuente: Universidad Nacional Agraria (UNA)- DEPARTIR, 2014.

La agricultura representa la principal actividad económica, la mayor parte de los agricultores(as), se dedican a la producción de granos básicos y café, en donde el café ocupa el primer lugar en la comunidad, seguido por el frijol y maíz. ((Benavides et al., 2010).

El rendimiento del cultivo de maíz, está en el rango de 681 a 1,591 kg/ha. Esto significa cosechar 35 quintales máximo por hectárea, que aunque se considera un rendimiento bajo; lo importante es que se asegura el requerimiento de la materia prima principal para obtener harina de maíz, con una producción diaria de 100 kg.

Un dato a resaltar es que en el 41.17 % de las unidades productivas de la comunidad Santa Julia, utilizan fertilizantes orgánicos principalmente para los cultivos de café y maíz.

La poca disponibilidad de agua para uso doméstico y agrícola es la principal problemática demandada por las familias de la comunidad. Actualmente hacen cosechas de agua de lluvia. También reciben abastecimiento de agua a través de pipas que lleva la alcaldía de El Crucero. Han sido capacitadas por el INTA, en el rubro café y han aprendido a darle valor agregado. Comercializan el café en bolsas de 1 libra. Ellas producen, transforman y luego comercializan su producción.

9.6 PRECIOS DE HARINA DE MAIZ DE LAS MARCAS COMPETIDORAS (EN EL MERCADO NICARAGUENSE)

En la tabla 77 se detallan las marcas, el país de origen y el tipo de harina, cuyo principal ingrediente que usan las empresas es maíz blanco Seleccionado y su producto es en polvo. El empaque que utilizan las empresas productoras de harina es en bolsa plástica de polipropileno.

Tabla 77 precios de harina de maíz de las marcas competidoras

Marca	País de origen	Precio (Córdobas) C\$	Tipo de harina
Maseca	México	30.50	Regular
		33.00	Extra suave.
		34.50	Extra suave
El Comal	El Salvador	31.00	Extra suave.
Tortimasa	Nicaragua	22.00	Regular
		21.00	Regular
Tortimasa	Nicaragua	24.00	Regular

Fuente: Supermercado La unión en Lindavista y carretera a Masaya.
Supermercado La colonia en el Centro Comercial Metrocentro.

9.7 EMPRESAS CONSULTADAS SOBRE LOS PRECIOS DE LOS EQUIPOS

En la tabla 78 se detallan las principales empresas consultadas para obtener los precios de los equipos que se comprarán para el diseño del proceso de producción de la harina de maíz. Se incluye el país y la dirección donde se ubica la empresa.

Tabla 78 *Empresas consultadas sobre los precios de los equipos*

Empresa	País de Origen	Tipo de equipo	Precio (Dólares)	Teléfono	Dirección
Navatex	México	Planta de Nixtamalización Semi-automática.	18,750.00	(871)7133240	Av. Bravo 1979, CentroTorreón Coahuila-México CP 27000
Molinos Téllez	Nicaragua	Molino de Disco	1,160.00	(505) 76519777	Costado este, detrás del colegio Salesiano. Monimbó.
Zheng Zhou Runxiang	China	Secador de 24 bandejas	6,125.00	+86-15538210895	Ubicado en la No. 41st, jinsuo Road, Provincia de Henán.
La casa del soldador	Nicaragua	Silos metálicos para maíz.	2,372.11	83733577 22400011	Barrio Santo Domingo de donde fue el Cine Ruiz 1 c. abajo.
Premet	Nicaragua	Selladora de impulso de pedal	533.80	(505) 2252 4053 y (505) 22781242	Los Robles semáforos plaza el sol, 180 mts. Al sur No 167...
Premet	Nicaragua	Balanza digital de plataforma	346.40	(505) 2252 4053 y (505) 22781242	Los Robles semáforos plaza el sol, 180 mts. Al sur No 167
IMISA	Nicaragua	Termómetro industrial	72.45	22496970	De donde fue el Nuevo Diario 2 c. abajo, Mano derecha.