

Área de Conocimiento de Agricultura

“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CACAO FINO DE AROMA PARA NIBS, LICOR Y POLVO”.

Proyecto de Graduación para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Tutor:

Br. German Geovany
Fajardo López
Carnet: 2003-18741

Br. María Inmaculada
Dávila Yescas
Carnet: 2009-29600

Br. Joseph Ezaú
Orozco Martínez
Carnet: 2008-23490

Lic. Katherine Elena
Maldonado Corea

Managua, 30 de abril de 2026

MSc. José Mamerto Méndez Úbeda

Director del Área de Conocimiento de Agricultura

DACA – UNI

Estimado Dir. Méndez Úbeda, reciba un cordial saludo de mi parte.

Por medio de la presente, hago constar que he realizado el seguimiento, asesoría y revisión en calidad de tutor del Proyecto de Graduación titulado: **“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CACAO FINO DE AROMA PARA NIBS, LICOR Y POLVO”**.

En tal sentido, considero que el trabajo cumple con los requisitos académicos y metodológicos establecidos, por lo que solicito se autorice su presentación para la realización de la defensa.

El trabajo ha sido desarrollado por los bachilleres:

Br. María Inmaculada Dávila Yescas

Carné: 2009-29600

Br. Joseph Ezau Orozco Martínez

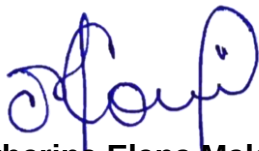
Carné: 2008-23490

Br. German Geovany Fajardo López

Carné: 2003-18741

Sin nada más a que referirme, me despido, deseándole éxitos en sus funciones.

Atentamente,



Lic. Katherine Elena Maldonado Corea

Tutor

Programa Académico Ingeniería Química



REF.DACA.FCE.023.2026
Managua, 12 de enero del 2026

Bachilleres

GERMAN GEOVANY FAJARDO LÓPEZ / 2003-18741
MARÍA INMACULADA DÁVILA YESCAS / 2009-29600
JOSEPH EZAÚ OROZCO MARTÍNEZ/ 2008-23490

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarle que el Tema y Objetivos de su Proyecto de Graduación, ha sido aprobado por la Dirección del Área de Conocimiento de Agricultura, según se describe a continuación:

TEMA:

“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CACAO FINO DE AROMA PARA NIBS, LICOR Y POLVO”.

OBJETIVOS:

General:

Evaluar la viabilidad técnica y económica para una planta de procesamiento de cacao fino para el fomento del valor agregado y la competitividad exportadora del sector

Específicos:

1. Caracterizar la oferta local de cacao mediante la identificación de sus principales atributos productivos y de calidad, a fin de evaluar su nivel de competitividad.
2. Establecer el proceso y equipos claves de transformación del cacao en la obtención de nibs, licor y polvo a fin de evaluar su viabilidad técnica.
3. Evaluar la viabilidad económica del proyecto mediante indicadores financieros básicos.
4. Proponer lineamientos de inocuidad y trazabilidad alineados con estándares nacionales para la exportación.

Asimismo, le comunico estar totalmente de acuerdo, que la Lic. Katherine Elena Maldonado Corea, sea el tutor de su trabajo final.



Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Agricultura
Formas de Culminación de Estudios

La fecha límite, para que presente concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **28 de febrero del 2026**.

Esperando puntualidad en la entrega del Proyecto de Graduación, me despido.

Atentamente,

MSc. José Mamerto Méndez Úbeda
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

Lic. Katherine Elena Maldonado Corea / Tutor
MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / Secretaria Académica DACA

C/c: Archivo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica.

A mi madre **Rosa Argentina López**, por su apoyo incondicional, paciencia y confianza en cada paso de este proceso, su respaldo ha sido el motor que me impulsó a no rendirme.

A todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto.

Br. German Geovany Fajardo López

DEDICATORIA

Dedico la culminación de mis estudios, en primer lugar, a Dios, quien durante todos estos años utilizó a muchas personas para guiarme profesionalmente y permitió conexiones divinas determinantes en mi vida.

Asimismo, dedico este logro a mis padres, **Silvia Martínez** y **Santiago Orozco**; aunque mi padre ya no me acompaña físicamente, su legado y apoyo forman parte esencial de esta meta.

A mi familia, mis hermanos **Génesis, Moisés, Lea y Joselin**; a mis niños, **Caleb y Omara**; a mi abuela **Esperanza**; a mi tía **Ingrid**; y a mi futura esposa **Rebeca**: gracias por acompañarme, sostenerme e impulsarme. Cada uno es parte del camino que he recorrido; sin ustedes, nada de lo que hoy soy y he alcanzado habría sido posible.

Br. Joseph Ezau Orozco Martínez

DEDICATORIA

Dedico este logro primeramente a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la oportunidad de alcanzar esta meta tan importante en mi formación profesional.

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida. De manera muy especial a mi madre, por su amor, sus enseñanzas y su apoyo incondicional a lo largo de cada etapa de mi vida. A mis hijos, **María Alejandra y Lucas**, quienes son mi mayor motivación y la razón que me impulsa cada día a seguir adelante y a esforzarme por ser un mejor ejemplo para ellos.

También dedico este logro a todas las personas que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo, sus palabras de ánimo y su motivación durante este camino, contribuyendo a que este sueño se hiciera realidad.

Finalmente, a mis compañeros Br. **German Fajardo y Br. Joseph Orozco**, con profunda gratitud, por creer en mí, por el trabajo compartido y por acompañarme durante este proceso académico hasta alcanzar juntos esta meta.

Br. María Inmaculada Dávila Yescas

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la **Universidad Nacional de Ingeniería**, especialmente al Proyecto de Talleres de Graduación, por brindar el acompañamiento académico y metodológico que permitió el desarrollo de esta investigación.

A mi tutora, **Lic. Katherine Elena Maldonado Corea**, y a mi asesora, **Dra. Juniet Rebeca Gaitán Arévalo**, por su orientación profesional, dedicación y valiosas observaciones que contribuyeron significativamente al fortalecimiento técnico del presente trabajo.

Dedico este logro a todos los **Docentes** de la carrera de **Ingeniería Química**, quienes no solo me transmitieron conocimientos, sino también valores fundamentales que han contribuido de manera significativa a mi formación integral. Agradezco profundamente su paciencia, dedicación y compromiso, pues su guía ha sido clave para moldear no solo mi preparación profesional, sino también mi crecimiento personal y ético a lo largo de este camino.

De manera especial, al **MSc. Juan Manuel Alonso Santos**, por su apoyo incondicional y constante motivación, impulsándome a perseverar hasta culminar satisfactoriamente esta etapa académica. A Dios, por concederme la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar esta meta. Finalmente, a mis padres, hermanos y familia, por su respaldo permanente, paciencia y confianza durante todo este proceso.

Br. German Geovany Fajardo López

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación, después de tanto tiempo de espera. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mi familia, por su amor incondicional, por el apoyo constante y por sus palabras de aliento en cada momento del camino. A mis hijos, quienes son el motor que me impulsa a seguir adelante y a superarme cada día. Gracias por creer en mí, por acompañarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño avance hasta alcanzar esta meta.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mis tutoras, **Lic. Katherine Elena Maldonado Corea** y **Dra. Juniet Rebeca Gaitán Arévalo**, por su orientación, paciencia y dedicación durante este proceso académico. Sus conocimientos, consejos y apoyo fueron fundamentales para la realización y culminación de este trabajo.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte esencial de este logro y por contribuir, de una u otra forma, a que este sueño se hiciera realidad.

Br. María Inmaculada Dávila Yescas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la **Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)** por la apertura del Proyecto de Taller de Graduación para la culminación de estudios, el cual representó un aporte significativo para concluir esta etapa académica y optar al tan anhelado título de Ingeniero.

Expreso mi especial reconocimiento a mi tutora, **Lic. Katherine Maldonado**, y a mi asesora, **Dra. Juniet Gaitán**, por su acompañamiento, orientación y valiosos aportes técnicos y metodológicos. Sus conocimientos y experiencia fueron determinantes para hacer posible este trabajo; ambas constituyen un ejemplo profesional a seguir.

Asimismo, agradezco a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Química, quienes no solo transmitieron conocimientos, sino también valores que han contribuido a mi formación integral.

De manera particular, agradezco al **MSc. Juan Alonso Santos**, gran amigo, por su apoyo y motivación constante a lo largo de estos años, y por ser esa voz que me impulsó a retomar y finalizar esta fase pendiente.

Finalmente, agradezco a Dios, por su guía y fortaleza; por Él, hasta aquí he llegado.

Br. Joseph Ezau Orozco Martínez

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación documental y analítica evalúa la viabilidad técnica y económica del diseño conceptual de una planta de procesamiento de cacao fino de aroma en Nicaragua, orientada a la obtención de nibs, licor y polvo de cacao, con el propósito de incrementar el valor agregado nacional y fortalecer la competitividad exportadora del sector cacaotero. El estudio se fundamenta en la caracterización de la oferta local de cacao, el análisis del proceso industrial y sus operaciones unitarias, la definición de criterios de localización y escalamiento, la estimación de requerimientos productivos y energéticos, y la evaluación financiera del proyecto, bajo lineamientos de inocuidad, trazabilidad y cumplimiento normativo nacional e internacional.

Metodológicamente, se emplearon balances de materia y energía, criterios de selección tecnológica y procedimientos clásicos de evaluación de proyectos industriales para estimar inversión, costos de operación y rentabilidad. El proceso productivo considerado comprende las etapas de recepción, limpieza, tostado, descascarillado, molienda, prensado y pulverización, bajo parámetros técnicos coherentes con la literatura especializada y con exigencias de inocuidad alimentaria basadas en Buenas Prácticas de Manufactura, HACCP e ISO 22000. Asimismo, la localización fue evaluada mediante el método de ponderación por puntos, comparando alternativas en regiones productoras del país.

Los resultados indican que Matagalpa–Jinotega constituye la alternativa más favorable para la instalación de la planta, con un puntaje ponderado de 4.65, debido a sus mejores condiciones logísticas, productivas y operativas. El diseño plantea una capacidad de procesamiento escalable desde 6,875 ton/año (año base 2026) hasta 9,920 ton/año (año 2030) en el horizonte evaluado. Para el año base, el balance de materia estima producciones de 5,422.55 ton/año de nibs, 5,368.32 ton/año de licor y 2,369.12 ton/año de polvo de cacao. En el componente energético, el balance térmico de la etapa de tostado reporta un requerimiento total de 249,898.32 kJ/h, equivalente a una potencia térmica de 69.42 kW, lo que evidencia la relevancia del control térmico como variable crítica del proceso.

Desde la perspectiva económica, el proyecto presenta resultados favorables de rentabilidad, evaluados a una TMAR del 15% y bajo dos escenarios: sin financiamiento externo y con

financiamiento del 60%. En el escenario sin financiamiento, el Valor Actual Neto (VAN) es de USD 7,912,314.42 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza 42 %, superando ampliamente la TMAR. En el escenario con financiamiento del 60%, el VAN se incrementa a USD 8,457,219.62 y la TIR financiera asciende a 75%. Adicionalmente, la relación Beneficio/Costo (B/C) es de 6.37, confirmando la conveniencia económica del proyecto. El análisis de sensibilidad realizado ante variaciones de ± 10 % en el precio de venta y en el costo del cacao como materia prima principal demostró que el proyecto mantiene indicadores financieros positivos incluso bajo escenarios adversos, evidenciando una adecuada solidez y capacidad de resistencia financiera. En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad técnico-económica de una estrategia de industrialización del cacao fino de aroma en Nicaragua como mecanismo para diversificar exportaciones, fortalecer encadenamientos agroindustriales y promover el desarrollo territorial sostenible.

ABSTRACT

This documentary and analytical research evaluates the technical and economic feasibility of the conceptual design of a fine-flavor cocoa processing plant in Nicaragua aimed at producing cocoa nibs, cocoa liquor, and cocoa powder, with the purpose of increasing domestic value added and strengthening the export competitiveness of the national cocoa sector. The study is based on the characterization of local cocoa supply, the analysis of the industrial process and its unit operations, the definition of location and scaling criteria, the estimation of productive and energy requirements, and the financial evaluation of the project under food safety, traceability, and regulatory compliance standards.

Methodologically, the research applies material and energy balances, technology selection criteria, and conventional industrial project appraisal procedures to estimate investment costs, operating costs, and profitability. The proposed production scheme includes reception, cleaning, roasting, shelling, grinding, pressing, and cake pulverization, under technical parameters consistent with specialized literature and food safety requirements based on Good Manufacturing Practices, HACCP, and ISO 22000. Plant location was assessed through a weighted scoring method comparing alternatives in cocoa-producing regions of the country.

The results indicate that Matagalpa–Jinotega is the most suitable location for the plant, with a weighted score of 4.65, owing to its superior logistical, productive, and operational conditions. The proposed design considers a scalable processing capacity from 6,875 t/year (base year 2026) to 9,920 t/year (year 2030) over the project horizon. For the base year, the mass balance estimates outputs of 5,422.55 t/year of nibs, 5,368.32 t/year of liquor, and 2,369.12 t/year of cocoa powder. In the energy component, the thermal balance of the roasting stage reports a total heat requirement of 249,898.32 kJ/h, equivalent to a thermal power demand of 69.42 kW, highlighting thermal control as a critical process variable.

From an economic perspective, the project shows favorable profitability results, evaluated using a Minimum Attractive Rate of Return (MARR) of 15% under two scenarios: without external financing and with 60% financing. Under the non-financed scenario, the Net Present Value (NPV) reaches USD 7,912,314.42 and the Internal Rate of Return (IRR) reaches 42%, significantly

exceeding the MARR. Under the 60% financing scenario, the NPV increases to USD 8,457,219.62 and the financial IRR rises to 75%. Additionally, the Benefit–Cost Ratio (B/C) reaches 6.37, confirming the project’s economic feasibility. Sensitivity analysis considering $\pm 10\%$ variations in both sales price and cocoa raw material cost demonstrated that the project maintains positive financial indicators even under adverse scenarios, evidencing adequate financial robustness and resilience. Overall, the results support the technical and economic feasibility of a fine-flavor cocoa industrialization strategy in Nicaragua as a mechanism to diversify exports, strengthen agro-industrial value chains, and promote sustainable territorial development.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XI
ABSTRACT.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.....	3
2.1. Marco legal y normativo aplicable al procesamiento de cacao.....	4
2.2. Entes reguladores nacionales	4
2.3. Normas técnicas aplicables	5
2.3.1. Normativa nacional.....	5
2.3.2. Industria alimentaria	5
2.3.3. Normas específicas para cacao y derivados	5
2.3.4. Estándares internacionales relevantes	5
2.4. Implicaciones del marco legal para el diseño teórico de la planta	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos.....	7
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
4.1. Naturaleza o tipología del proyecto	8
4.2. Localización geográfica y contexto socioeconómico.....	8
4.3. Usuarios, destinatarios o protagonistas	9
4.4. Alcances y limitaciones explícitas	10
4.5. Caracterización de la oferta local de Cacao	11
4.5.1. Atributos productivos.....	11
4.5.2. Atributos de calidad	12
4.6. Justificación Técnica del Proyecto	12
5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS.....	14
5.1. Características técnicas del cacao como materia prima	14
5.2. Principios técnicos del proceso industrial	16

5.2.1.	Clasificación, pesaje y recepción	16
5.2.2.	Tostado.....	17
5.2.3.	Descascarillado	17
5.2.4.	Molienda y obtención del licor de cacao	17
5.2.5.	Prensado	17
5.2.6.	Pulverización del cake	18
5.3.	Criterios generales de selección tecnológica.....	18
5.4.	Control de calidad, inocuidad y trazabilidad.....	18
5.5.	Desafíos técnicos para la industrialización nacional.....	19
6.	METODOLOGÍA: MODELOS INGENIERILES Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	22
6.1.	Ubicación recomendada para la planta procesadora en Nicaragua	22
6.2.	Procedimientos metodológicos del proceso productivo y parámetros operativos	23
6.3.	Procedimientos metodológicos para la estimación de costos de inversión, operación y determinación de costo unitario y la estructura económica de la producción.....	23
6.4.	Procedimientos metodológicos para el análisis de la rentabilidad del proyecto y determinación de su viabilidad económica y potencial de inversión	24
6.5.	Metodología para la definición de lineamientos de inocuidad y trazabilidad.....	25
7.	RESULTADOS.....	27
7.1.	Resultados de la ubicación recomendada para la planta en Nicaragua	27
7.2.	Resultados del diseño del proceso productivo y parámetros operativos.....	30
7.2.1.	Determinación de la capacidad de diseño de la planta	30
7.2.2.	Resultados del balance de materia del proceso	30
7.2.3.	Escalamiento del balance de materia y energía del proceso	31
7.2.4.	Balance térmico de la etapa de tostado	32
7.2.5.	Configuración de maquinaria y validación de capacidad operativa	34
7.3.	Inversión inicial en activo fijo y diferido del proyecto	45
7.4.	Resultados de la definición de lineamientos de inocuidad y trazabilidad.....	67
8.	CONCLUSIONES GENERALES.....	69
9.	RECOMENDACIONES.....	70
10.	BIBLIOGRAFÍA	71
11.	ANEXO.....	73

INDICE DE ABREVIATURAS

BPM — Buenas Prácticas de Manufactura

CFR — Code of Federal Regulations

Codex STAN — Codex Standard (Normas del Codex Alimentarius)

DGA — Dirección General de Servicios Aduaneros

FAO — Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FIFO — First In, First Out (Primero en entrar, primero en salir)

GLP — Gas Licuado de Petróleo

HACCP— Hazard Analysis and Critical Control Points. en español: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control).

ISO— International Organization for Standardization. en español: Organización Internacional de Normalización

IPSA — Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria

MAG — Ministerio Agropecuario

MARENA — Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

MIFIC — Ministerio de Fomento, Industria y Comercio

MINSA — Ministerio de Salud

NTON — Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

ONUDI — Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

PCC — Punto Crítico de Control

RACCN — Región Autónoma de la Costa Caribe Norte

RTCA — Reglamento Técnico Centroamericano

TEMAR — Tecnología, Equipos, Maquinaria y Recursos

TIR — Tasa Interna de Retorno

VAN — Valor Actual Neto

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 clasificación taxonómica del cacao</i>	15
<i>Tabla 2 técnica consolidada del proceso de transformación del cacao</i>	20
<i>Tabla 3 evaluación preliminar de alternativas de localización</i>	27
<i>Tabla 4 escala de calificación</i>	27
<i>Tabla 5 método de ponderación</i>	29
<i>Tabla 6 balance de materia de la etapa de obtención de nibs de cacao (base a proyección año 2026)</i>	31
<i>Tabla 7 proyección de volumen de cacao a procesar</i>	32
<i>Tabla 8 datos de operación para funcionamiento del equipo de tostado</i>	33
<i>Tabla 9 balance de energía para la etapa de tostado</i>	34
<i>Tabla 10 ficha técnica consolidada de equipos principales del proceso</i>	36
<i>Tabla 11 costo de materia prima</i>	39
<i>Tabla 12 costo de consumo energético</i>	40
<i>Tabla 13 costo de mano de obra directa</i>	41
<i>Tabla 14 costos indirectos</i>	42
<i>Tabla 15 costos totales de producción</i>	42
<i>Tabla 16 gastos totales administrativos</i>	43
<i>Tabla 17 gastos de ventas</i>	44
<i>Tabla 18 costos totales de operación</i>	45
<i>Tabla 19 activos fijos de producción</i>	47
<i>Tabla 20 costo de activos fijos de oficinas y ventas</i>	51
<i>Tabla 21 terreno y obra civil</i>	52
<i>Tabla 22 costos de inversión diferida</i>	52
<i>Tabla 23 depreciación y amortización de activos</i>	54
<i>Tabla 24 estado de resultados considerando escenario sin financiamiento</i>	56
<i>Tabla 25 estado de resultados considerando escenario con financiamiento del 60%</i>	58
<i>Tabla 26 valor actual neto con t_{mar} del 15%</i>	61
<i>Tabla 27 valor actual neto con financiamiento 60%</i>	61
<i>Tabla 28 tasa interna de retorno</i>	62
<i>Tabla 29 tasa interna de retorno considerando financiamiento del 60%</i>	63

<i>Tabla 30 relación beneficio – costo</i>	64
<i>Tabla 31 análisis de sensibilidad</i>	66
<i>Tabla 32 variación en precio de cacao</i>	66
<i>Tabla 33 oferta nacional y demanda internacional de cacao</i>	73
<i>Tabla 34 proyección estimada de volúmenes de producción de cacao</i>	74
<i>Tabla 35 balance de materia y energía año 2027</i>	75
<i>Tabla 36 balance de materia y energía año 2028</i>	76
<i>Tabla 38 balance de materia y energía año 2030</i>	77
<i>Tabla 39 amortización de préstamo</i>	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

<i>Ilustración 1 proyección de tendencia de producción de cacao</i>	73
<i>Ilustración 2 diagrama de flujo de proceso</i>	74

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) fino de aroma constituye uno de los cultivos con mayor potencial de diferenciación en América Latina, debido a su perfil sensorial, trazabilidad y capacidad de generar valor agregado en la industria chocolatera artesanal y especializada. En los últimos años, Nicaragua ha recibido creciente atención internacional por la calidad de su cacao, obteniendo reconocimientos en competencias como los *International Cocoa Awards*; organizados por la *International Cocoa Organization* [ICCO] (2023) y posicionándose como proveedor atractivo para chocolaterías tipo *bean-to-bar* interesadas en cacao de origen con atributos diferenciados. Este potencial responde tanto a condiciones agroclimáticas favorables como a esfuerzos recientes orientados al fortalecimiento de la cadena productiva, certificaciones y mejoras en los procesos de producción y postcosecha.

De acuerdo con ICCO (2023), Nicaragua ha sido identificada como un país con alto potencial en la producción de cacao fino de aroma, debido a la presencia de materiales genéticos con características sensoriales altamente valoradas en mercados especializados. Asimismo, la producción nacional se desarrolla principalmente bajo sistemas agroforestales sostenibles y con un creciente enfoque en certificaciones internacionales vinculadas a la trazabilidad, sostenibilidad y comercio justo, Food and Agriculture Organization [FAO] (2022). Este posicionamiento ha permitido que el cacao nicaragüense sea incorporado en la elaboración de chocolates premium, evidenciando una oportunidad estratégica para fortalecer la industrialización local y aumentar el valor agregado en la cadena de exportación.

A pesar de estos avances, la mayor parte del cacao producido en Nicaragua continúa exportándose en forma de grano seco, con bajo nivel de transformación industrial ICCO (2023). Esta limitada industrialización reduce la captación de ingresos dentro del país y restringe el acceso a mercados que demandan productos intermedios como nibs, licor y polvo de cacao. En este contexto, la incorporación de infraestructura industrial para el procesamiento local representa una alternativa viable para mejorar la competitividad del sector y ampliar el posicionamiento del país en cadenas globales de mayor valor agregado.

En este escenario, resulta fundamental analizar la oferta local de cacao considerando sus atributos productivos y de calidad, a fin de determinar su potencial para procesos de transformación

industrial y su nivel de competitividad. Esta caracterización permite establecer una base técnica para la selección de materia prima, la definición de parámetros de proceso y la evaluación de la viabilidad del aprovechamiento industrial del cacao fino de aroma.

El procesamiento del cacao requiere condiciones controladas en etapas como fermentación, secado, tostado, molienda y prensado, así como la adecuada selección de equipos especializados. Asimismo, debe garantizarse el cumplimiento de requisitos de inocuidad y trazabilidad establecidos por Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control HACCP (por sus siglas en inglés) y International Organization for Standardization ISO (22000:2018). De manera complementaria, la evaluación económica de proyectos industriales exige el análisis de costos de inversión, costos operativos y rentabilidad esperada mediante indicadores financieros. Por lo tanto, un enfoque integral que articule los componentes técnicos y económicos resulta indispensable para determinar la viabilidad de una propuesta de industrialización en el sector cacaotero.

En este marco, la presente investigación se orienta a evaluar, desde un enfoque documental y analítico, la viabilidad técnica y económica de una planta de procesamiento de cacao fino de aroma, con énfasis en la producción de nibs, licor y polvo de cacao como alternativas para incrementar el valor agregado y la competitividad exportadora del sector. El estudio no contempla la implementación física de una planta industrial, sino la recopilación y análisis de información técnica, económica y normativa, estructurada en cuatro ejes principales: caracterización de la oferta local de cacao, descripción del proceso industrial y de los equipos requeridos, análisis económico mediante indicadores financieros y lineamientos de inocuidad y trazabilidad orientados al cumplimiento de estándares de exportación.

Finalmente, con los resultados obtenidos se busca generar una base técnica y analítica que contribuya al desarrollo industrial del cacao en Nicaragua, fortaleciendo su inserción en cadenas globales de suministro y promoviendo el aprovechamiento del potencial diferenciado del cacao fino de aroma como motor de competitividad, innovación y desarrollo sostenible.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

El cultivo y procesamiento del cacao fino de aroma ha adquirido creciente relevancia en América Latina, impulsado por la demanda internacional de productos premium con altos estándares de calidad. Países como Ecuador, Perú y Colombia han fortalecido su competitividad mediante estrategias enfocadas en la diferenciación por origen, la certificación y la transformación industrial, evidenciando que la producción de derivados como nibs, licor y polvo de cacao incrementa el valor agregado y el posicionamiento en mercados especializados.

En Nicaragua, el cacao fino de aroma constituye un cultivo estratégico para pequeños y medianos productores, con avances recientes en productividad y calidad asociados a mejoras en fermentación, secado y certificación. Sin embargo, la mayor parte de la producción continúa exportándose en grano, lo que limita la captación de valor dentro de la cadena productiva y restringe la participación en mercados de productos semielaborados.

Diversos estudios han analizado la evolución del sector cacaotero nicaragüense, destacando el crecimiento sostenido de la producción, la variabilidad en la calidad del grano según condiciones agroecológicas y la necesidad de estandarizar los procesos de beneficio postcosecha para garantizar perfiles sensoriales consistentes. Asimismo, investigaciones orientadas a la transformación industrial han identificado parámetros críticos del proceso, como condiciones de tostado, molienda y pérdidas de masa, evidenciando tanto el potencial del cacao nacional como las limitaciones técnicas existentes en su procesamiento.

De manera complementaria, estudios de prefactibilidad desarrollados en Nicaragua han abordado aspectos de mercado, proceso productivo y evaluación financiera, confirmando la viabilidad de proyectos agroindustriales orientados a la transformación del cacao. En conjunto, estos antecedentes evidencian que el fortalecimiento del sector requiere no solo incrementar la producción, sino también mejorar la calidad del grano y avanzar hacia procesos de industrialización que permitan generar mayor valor agregado.

En este contexto, resulta pertinente desarrollar un estudio documental y analítico que integre los requerimientos técnicos del procesamiento de cacao fino de aroma, los fundamentos económicos

de una planta procesadora y los lineamientos de calidad e inocuidad aplicables a la exportación, con el fin de sustentar la evaluación de su viabilidad técnica y económica.

2.1. Marco legal y normativo aplicable al procesamiento de cacao

El diseño conceptual de una planta procesadora de cacao fino de aroma en Nicaragua se fundamenta en el cumplimiento de disposiciones legales y normativas que regulan la producción agropecuaria, la inocuidad alimentaria, el procesamiento industrial y la exportación de alimentos. Este marco normativo establece los criterios técnicos necesarios para la definición de parámetros de proceso, condiciones higiénico-sanitarias y requisitos comerciales aplicables a los derivados del cacao.

2.2. Entes reguladores nacionales

En Nicaragua, la regulación del cultivo, procesamiento y comercialización del cacao está a cargo de diversas instituciones que intervienen en la cadena productiva:

- **IPSA:** Responsable de la sanidad e inocuidad agroalimentaria, supervisión de plantas procesadoras y promoción de Buenas Prácticas Agrícolas, Buenas Prácticas de Manufactura y sistema HACCP.
- **MAG:** Establece lineamientos técnicos para la producción y manejo del cacao, con énfasis en la calidad de la materia prima.
- **MINSA:** Regula los aspectos sanitarios de los alimentos procesados, incluyendo criterios microbiológicos e higiene industrial.
- **MIFIC:** Oficializa normas técnicas relacionadas con cacao y derivados, así como requisitos de calidad y etiquetado.
- **DGA:** Controla los procesos y requisitos documentales para la exportación de productos agroindustriales.
- **MARENA:** regula el uso del suelo y el manejo ambiental de residuos y efluentes industriales.

2.3. Normas técnicas aplicables

El procesamiento de cacao en Nicaragua debe cumplir con un conjunto de normas técnicas nacionales e internacionales orientadas a garantizar la inocuidad, calidad y comercialización de los productos derivados.

2.3.1. Normativa nacional

- NTON 11 004-02: requisitos de inocuidad para productos de origen vegetal.
- NTON 11 041-13: producción y etiquetado de productos agropecuarios orgánicos.
- NTON 11 042-14: certificación de material propagativo de cacao.

2.3.2. Industria alimentaria

- RTCA 67.01.33:06. Buenas Prácticas de Manufactura.
- NTON 03 026-10. Requisitos sanitarios para manipuladores de alimentos
- RTCA 67.04.50:17. Criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos.

2.3.3. Normas específicas para cacao y derivados

- NTON 03 082-08: chocolate y productos del chocolate.
- NTON 03 090-09: cacao en polvo y mezclas con azúcar

2.3.4. Estándares internacionales relevantes

- **Codex STAN 105-1981:** Esta Norma se aplica al cacao en polvo (cacaos) y a las mezclas de cacao y azúcares con destino al consumo directo
- **ISO 22000:2018:** Establece los requerimientos para un sistema de Gestión de la inocuidad alimentaria (SGIA) en todas las etapas de la cadena alimentaria, desde la producción hasta el consumidor final. Para garantizar la inocuidad de los alimentos y la trazabilidad, la norma define varios elementos y requerimientos claves.
- **ISO 34101:** Es una norma internacional que establece los requisitos para la sostenibilidad y trazabilidad de cacao

- **Sistema HACCP:** Es un sistema preventivo de la inocuidad que identifica, evalúa y controla los peligros críticos en la producción de alimentos.
- **21 CFR Part 117:** Proporciona un marco integral para garantizar la seguridad alimentaria la implementación de (Buenas prácticas de manufactura) BPM, análisis de riesgos y controles preventivos, asegurando que los alimentos producidos sean seguros y cumplan con los estándares regulatorios de la FDA (Administración de alimentos y medicamentos).

2.4. Implicaciones del marco legal para el diseño teórico de la planta

El cumplimiento del marco normativo implica que el diseño conceptual de la planta procesadora debe integrar criterios de inocuidad, trazabilidad y control de calidad a lo largo de todo el proceso productivo. Esto incluye la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, el sistema HACCP y estándares internacionales como ISO 22000.

Asimismo, el diseño debe contemplar la definición de flujos de proceso adecuados, separación de áreas limpias y sucias, control de puntos críticos y sistemas de trazabilidad que permitan el seguimiento de la materia prima y del producto final.

Adicionalmente, se deben considerar los requisitos técnicos asociados a las operaciones de tostado, molienda, prensado y pulverización, asegurando el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad. De igual forma, el proyecto debe incorporar criterios de gestión ambiental relacionados con el manejo de residuos sólidos y efluentes, conforme a la normativa vigente.

En conjunto, estos elementos condicionan el diseño técnico y operativo de la planta, garantizando la calidad del producto final y su cumplimiento con los requisitos exigidos para la comercialización y exportación.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la viabilidad técnica y económica para una planta de procesamiento de cacao fino de aroma orientada a incrementar el valor agregado y la competitividad exportadora del sector.

3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la oferta local de cacao mediante la identificación de sus principales atributos productivos y de calidad, a fin de evaluar su nivel de competitividad.
2. Establecer el proceso y equipos claves de transformación del cacao en la obtención de nibs, licor y polvo a fin de evaluar su viabilidad técnica.
3. Evaluar la viabilidad económica del proyecto mediante indicadores financieros básicos.
4. Proponer lineamientos de inocuidad y trazabilidad alineados con estándares nacionales para la exportación.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Naturaleza o tipología del proyecto

El presente trabajo, de acuerdo a su alcance metodológico se orienta a evaluar, desde un enfoque documental y analítico, la viabilidad técnica y económica de una planta de procesamiento de cacao fino de aroma. No se contempla el desarrollo de ingeniería de detalle ni estudios de campo propios de un estudio de factibilidad.

El análisis integrará los siguientes componentes:

- Evaluación técnica del proceso productivo: recepción de grano, limpieza, selección, fermentación/seca (si aplica), tostado, descascarillado, molienda, y producción de derivados: nibs, licor de cacao y polvo de cacao.
- Análisis de productividad, capacidades, requerimientos de planta, equipamiento, insumos, consumo energético, mano de obra y control de calidad, bajo estándares reconocidos internacionalmente.
- Estudio económico-financiero: inversión inicial, costos operativos, costos de producción por unidad, posibles ingresos, escenarios de rentabilidad, y evaluación de competitividad en mercados nacionales e internacionales con valor agregado.
- Compromiso con normas de inocuidad, calidad y trazabilidad: la planta contemplará la adopción de sistemas de gestión de seguridad alimentaria conforme a normas internacionales (por ejemplo, ISO 22000), con aplicación de HACCP como herramienta de control de peligros y puntos críticos, para asegurar que los productos finales cumplan los requisitos de inocuidad y puedan acceder a mercados exigentes.

4.2. Localización geográfica y contexto socioeconómico

El proyecto debe localizarse preferiblemente en una zona productora de cacao fino de aroma en Nicaragua, que esté caracterizada por una alta disponibilidad de materia prima de calidad, así como por la experiencia de los productores en el manejo agronómico del cultivo, que asegure estándares óptimos de calidad. Asimismo, se preferirá que la zona elegida cuente con mano de obra calificada,

capacitada en labores agrícolas y procesos postcosecha, lo que permitirá una operación eficiente, reducción de pérdidas y mejora en la productividad y calidad del producto final.

Esta localización debe facilitar la articulación con los objetivos del Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026, de la siguiente manera:

- Contribuir al fortalecimiento de la cadena de valor del cacao, promoviendo producción local, transformación, agregado de valor y exportaciones.
- Inserción en políticas nacionales de desarrollo rural, reducción de pobreza, diversificación productiva y generación de empleo en zonas agrícolas.
- Alineamiento con marcos estratégicos de producción, consumo y comercio agrícola del país, así como con iniciativas de desarrollo humano en comunidades rurales productoras.

4.3. Usuarios, destinatarios o protagonistas

Los principales actores involucrados en el proyecto son:

- Productores de cacao — pequeños, medianos o grandes — quienes proveerán el grano fino de aroma como materia prima.
- Entidad operadora de la planta — empresa, cooperativa o consorcio interesado en establecer la planta de procesamiento.
- Instituciones reguladoras de supervisión y apoyo técnico — que en el contexto nacional cumplirán con las funciones de regulación sanitaria, de calidad, medioambientales y normativas; por ejemplo, autoridades nacionales competentes.
- Personal técnico y operativo — personal capacitado para operar procesos de limpieza, selección, tostado, molienda, control de calidad conforme a estándares internacionales.
- Comunidad local — que pueden verse beneficiados con generación de empleo, desarrollo económico, fortalecimiento de economía local, e integración en la cadena productiva.
- Mercado nacional e internacional — compradores interesados en cacao fino de aroma y sus derivados (nibs, licor, polvo), con exigencias de calidad, inocuidad, trazabilidad y cumplimiento normativo internacional.

4.4. Alcances y limitaciones explícitas

a) Alcances

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de una planta procesadora de cacao fino de aroma orientada a la producción de nibs, licor y polvo de cacao.
- Proponer un diseño conceptual de planta que cumpla normas internacionales de inocuidad, calidad y trazabilidad tales como: Codex Alimentarius, ISO 22000 y el sistema HACCP.
- Potenciar la competitividad del cacao nicaragüense, agregando valor local, mejorando oportunidades de exportación, y apoyando la diversificación productiva en zonas rurales.
- Contribuir al desarrollo socioeconómico local a través de la creación de empleo, fortalecimiento de la cadena de valor y mejora de condiciones para productores y comunidades.
- Definir la presentación comercial de los productos derivados de cacao, estableciendo:
 - Licor de cacao se comercializará en sacos de 50 kg
 - Polvo de cacao en bolsas de 25 kg.
 - Nibs de cacao en empaques de 10 kg.

Esta definición permite ajustar con precisión las estimaciones económicas y financieras, asegurando coherencia entre la producción, precios, costos y análisis de mercado.

b) Limitaciones:

- El estudio es de carácter documental y analítico, por lo que no incluye la implementación física de la planta. Los resultados dependen de la calidad y actualidad de las fuentes de información utilizada.
- La viabilidad dependerá de factores externos, como variaciones en precios internacionales del cacao, costos de insumos, transporte, logística, demanda del mercado, regulaciones sanitarias y ambientales.
- El proyecto requiere inversión significativa en infraestructura, maquinaria especializada y personal capacitado para cumplir estándares internacionales.
- La implementación del proyecto contempla la conformidad con normativas nacionales e internacionales, así como la aplicación de controles rigurosos en los procesos de fermentación, secado, limpieza y procesamiento, incluyendo sistemas de trazabilidad, análisis microbiológicos y químicos, y procedimientos de inocuidad. Estos elementos

constituyen una ventaja competitiva, al permitir el acceso a mercados de exportación, garantizar la calidad del producto y posibilitar la obtención de mejores precios.

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto considera el uso de equipos semi-industriales con sistemas de control operativo que permitan garantizar la trazabilidad, calidad del producto y eficiencia energética del proceso. La selección de equipos se realizará considerando la escala productiva, disponibilidad tecnológica regional, costos de inversión y facilidad de mantenimiento.

Finalmente, el proyecto busca impulsar un modelo de desarrollo agroindustrial sostenible, basado en el procesamiento local del cacao, el fortalecimiento de capacidades técnicas y la inserción competitiva del sector en mercados nacionales e internacionales.

4.5. Caracterización de la oferta local de Cacao

En el contexto del presente proyecto, resulta fundamental analizar la oferta local de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Nicaragua, considerando sus atributos productivos y de calidad, con el propósito de evaluar su disponibilidad, aptitud para la transformación industrial y su nivel de competitividad.

4.5.1. Atributos productivos

La producción nacional de cacao ha mostrado un comportamiento creciente en los últimos años, alcanzando volúmenes aproximados de 205,000 a 215,000 quintales oro anuales, equivalentes a cerca de 9,900 toneladas métricas de cacao seco Ministerio Agropecuario [MAG] (2018). A partir de esta base, y considerando una tasa de crecimiento anual estimada del 1.03%, se proyecta que la producción alcance aproximadamente 13,750 toneladas métricas para el año 2026.

La actividad cacaotera se concentra principalmente en las regiones del Caribe Norte, Caribe Sur y zonas montañosas del norte del país, donde predominan condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo. El sistema de producción se desarrolla mayoritariamente bajo esquemas agroforestales, en los que el cacao se cultiva bajo sombra, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Los rendimientos productivos presentan variabilidad, oscilando entre 300 y 600 kg/ha/año, dependiendo de factores como el manejo agronómico, la edad de las plantaciones y el acceso a

asistencia técnica. Asimismo, la producción presenta un comportamiento estacional, con una cosecha principal entre los meses de octubre y febrero, y una secundaria entre abril y junio, lo cual influye en la disponibilidad de materia prima a lo largo del año.

4.5.2. Atributos de calidad

El cacao producido en Nicaragua es reconocido por su potencial para clasificarse como cacao fino de aroma, destacándose por perfiles sensoriales caracterizados por notas frutales, florales y de cacao intenso, lo que lo posiciona favorablemente en mercados especializados.

No obstante, la calidad del grano presenta variabilidad asociada a las condiciones de manejo agronómico y a los procesos de beneficio postcosecha, particularmente en las etapas de fermentación y secado. En algunos casos, se identifican niveles de fermentación no homogéneos, lo cual incide en el desarrollo del perfil sensorial y en la calidad del producto final.

El contenido de humedad del cacao seco generalmente se mantiene dentro de rangos aceptables (6%–8%); sin embargo, un control inadecuado puede generar riesgos de deterioro. Asimismo, se observan defectos como granos pizarrosos, germinados o mohosos, asociados a prácticas deficientes en el manejo postcosecha.

En Nicaragua, la producción está compuesta mayoritariamente por materiales tipo Trinitario, los cuales, bajo condiciones adecuadas de fermentación y secado, pueden desarrollar características propias de cacao fino de aroma.

4.6. Justificación Técnica del Proyecto

El presente proyecto se fundamenta en la disponibilidad de cacao fino de aroma en Nicaragua y en la necesidad de fortalecer su transformación industrial dentro del país. Aunque Nicaragua es reconocida internacionalmente por la calidad de su cacao, gran parte de la producción continúa comercializándose como grano seco, limitando la generación de valor agregado dentro de la cadena productiva nacional. En este contexto, el procesamiento industrial representa una alternativa para diversificar la oferta de productos derivados y mejorar la competitividad del sector cacaotero.

Desde el punto de vista técnico, la producción de nibs, licor y polvo de cacao se basa en operaciones unitarias ampliamente utilizadas en la industria alimentaria, tales como limpieza, tostado, descascarillado, molienda, prensado y pulverización. La aplicación de estas etapas bajo condiciones controladas permite obtener productos con mayor estabilidad, uniformidad y calidad comercial, además de facilitar el cumplimiento de requisitos de inocuidad y trazabilidad exigidos por mercados especializados.

Asimismo, la transformación industrial del cacao contribuye al aprovechamiento integral de la materia prima y a la obtención de productos con mayor valor comercial. En consecuencia, el diseño de una planta procesadora de cacao fino de aroma se justifica técnicamente como una alternativa viable para incrementar el valor agregado, fortalecer la competitividad agroindustrial y promover el desarrollo del sector cacaotero en Nicaragua.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

En el presente capítulo se describe el proceso industrial del cacao fino de aroma para la obtención de nibs, licor y polvo de cacao, el cual involucra una secuencia de operaciones unitarias basadas en principios de ingeniería química, controles técnicos y estándares internacionales de calidad alimentaria. Estas operaciones tienen como propósito transformar el grano fermentado y seco en productos intermedios o finales con valor agregado, preservando sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y sanitarias. La adecuada selección de parámetros operacionales, equipos y sistemas de control de calidad resulta indispensable para garantizar la consistencia del producto final y cumplimiento de normativas técnicas aplicables a la exportación.

Desde el punto de vista económico, el proyecto contempla la estimación de la inversión total, costos de operación, capital de trabajo y evaluación financiera mediante indicadores como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo, con el objetivo de determinar la viabilidad económica del proyecto.

El planteamiento técnico del proyecto se desarrolla en alineación con el marco legal y normativo nacional e internacional relativo a la inocuidad alimentaria, las Buenas Prácticas de Manufactura, las normas técnicas aplicables al cacao y sus derivados, y las disposiciones ambientales y sanitarias vigentes.

5.1. Características técnicas del cacao como materia prima

El cacao fino de aroma presenta una composición química formada principalmente por manteca de cacao (fase grasa), sólidos no grasos, compuestos fenólicos, azúcares residuales y compuestos aromáticos. De acuerdo con el Codex Alimentarius (Codex STAN, 105-1981), el cacao destinado al procesamiento industrial debe presentar un contenido máximo de humedad del 7%, estar libre de material extraño y haber completado un proceso de fermentación adecuado que permita el desarrollo del perfil sensorial requerido.

El término cacao fino de aroma hace referencia a una clasificación basada en atributos sensoriales y de calidad del grano, más que a una variedad genética específica. En el caso de Nicaragua, la producción de cacao está compuesta mayoritariamente por materiales tipo Trinitario, los cuales, bajo condiciones adecuadas de manejo agronómico y procesos de beneficio postcosecha, pueden desarrollar características propias del cacao fino de aroma. En este sentido, la selección de la

materia prima para el presente proyecto se orienta hacia aquellos lotes que cumplen con dichos atributos de calidad.

La Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2023) clasifica a Nicaragua como productor relevante de cacao fino de aroma, señalando que el producto nacional destaca por su calidad sensorial, con perfiles descritos como frutales, florales y con notas de nuez. Estas características lo convierten en una materia prima idónea para la producción de derivados con alto valor comercial, especialmente en la industria bean-to-bar y mercados premium.

El cacao fino de aroma producido en Nicaragua presenta condiciones favorables de competitividad dentro del mercado internacional, debido a sus características sensoriales, sistemas de producción agroforestales y creciente reconocimiento en mercados especializados. Asimismo, el país posee ventajas comparativas asociadas a la disponibilidad de materia prima, condiciones agroclimáticas adecuadas y potencial de diferenciación mediante certificaciones de calidad y sostenibilidad.

Desde la perspectiva agroindustrial, la transformación del cacao en productos con mayor valor agregado, como nibs, licor y polvo de cacao, permite mejorar la competitividad de la cadena productiva al incrementar el valor comercial del producto final y reducir la dependencia de la exportación de grano sin procesar. De igual manera, la cercanía a zonas productoras y la disponibilidad de mano de obra contribuyen a fortalecer la viabilidad operativa del proyecto.

Adicionalmente, el crecimiento de la demanda mundial de productos derivados del cacao fino de aroma representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de iniciativas industriales orientadas a mercados premium y especializados.

5.1.1 Clasificación taxonómica del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Malvaceae y forma parte de las especies vegetales de mayor importancia económica en regiones tropicales. Su clasificación taxonómica permite ubicarlo dentro del sistema biológico y comprender sus características botánicas generales.

Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Cacao

Categoría	Clasificación
Reino	Plantae

Categoría	Clasificación
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: Elaboración propia con base en (KewScience, 2023).

En la **Tabla 1** se presenta la clasificación taxonómica del cacao, identificando su ubicación dentro del reino Plantae hasta la especie *Theobroma cacao* L.. Esta clasificación permite contextualizar biológicamente la materia prima del proyecto y sustenta su estudio desde una perspectiva científica.

Esta clasificación resulta relevante para la comprensión de las propiedades fisiológicas y composicionales del cacao, las cuales influyen en su comportamiento durante los procesos de transformación industrial.

5.2. Principios técnicos del proceso industrial

El proceso industrial para producir nibs, licor y polvo de cacao se compone de diversas operaciones unitarias interrelacionadas, cada una con parámetros definidos que aseguren control técnico, eficiencia y calidad del producto final.

Se incluye en Anexo el correspondiente diagrama de flujo de proceso de grano de cacao (Figura 2)

5.2.1. Clasificación, pesaje y recepción

La calidad del producto final depende directamente de la recepción adecuada de la materia prima, para esto es necesario clasificar y ordenar por proveedor, lote y fecha de ingreso, aplicando el principio FIFO (First In, First Out). El área de control de calidad autoriza la recepción tras realizar muestreos y análisis de laboratorio que verifiquen humedad, limpieza y condiciones sanitarias.

Posteriormente, el grano se pesa en básculas industriales y se almacena en bodegas bajo condiciones controladas antes de ser trasladado a la línea de limpieza mediante cribadoras mecánicas.

5.2.2. Tostado

El tostado es una operación de transferencia de calor que desempeña un rol crítico en la generación del aroma final del cacao mediante la reacción de Maillard, volatilización de ácidos orgánicos y reducción de la humedad. Los rangos operativos comúnmente utilizados en la industria se sitúan entre 110–140°C durante 20–45 minutos, dependiendo del tamaño del grano, nivel de fermentación y perfil sensorial deseado (Afoakwa, 2014).

La humedad final debe mantenerse entre 1.5 y 3 %. Las semillas tostadas se descargan en el intercambiador de calor de tipo tambor rotatorio, donde se inducen al calor las habas de cacao. Posteriormente, las semillas tostadas se trasladan hacia la máquina descascaradora, donde se separa eficientemente la cáscara, obteniéndose nibs limpios aptos para las etapas posteriores del proceso.

5.2.3. Descascarillado

Una vez tostado, el grano se fragmenta para separar la cáscara de los cotiledones. El proceso se realiza mediante fraccionamiento mecánico y aspiración controlada. Una eficiencia mínima del 95% es necesaria para evitar la presencia de cascarilla en los nibs, ya que esta contribuye a defectos sensoriales y puede afectar el rendimiento industrial (BEAR cocoa, 2021).

5.2.4. Molienda y obtención del licor de cacao

Los nibs se someten a molienda para reducir el tamaño de partícula y liberar la manteca de cacao, generando una pasta fluida conocida como licor. El tamaño de partícula objetivo oscila entre 18 y 25 μm lo que asegura textura homogénea y adecuada sensación en boca. Molinos de bolas y refinadoras de acero inoxidable son los equipos ampliamente utilizados por su control térmico y estabilidad operacional.

5.2.5. Prensado

El licor se somete a prensado hidráulico para separar la fase grasa (manteca de cacao) del sólido remanente (cake). Para lograr una separación óptima, las prensas industriales operan en rangos de

400 y 550 bar, permitiendo obtener manteca con pureza industrial y cake con contenido graso aproximado del 10–12 % (GSR Cocoa Machinery, 2021).

5.2.6. Pulverización del cake

El cake proveniente del prensado se rompe y pulveriza para obtener un polvo fino. Para la obtención de granulometrías en un rango de 50 a 150 μm se utilizan molinos de impacto o sistemas criogénicos, seleccionándose el tamaño de partícula según el destino del producto (industrial o doméstico). Este paso completa la conversión técnica del grano en polvo listo para envasado.

5.3. Criterios generales de selección tecnológica

La selección de equipos se basa en la escala productiva, disponibilidad tecnológica, costos de inversión y facilidad de mantenimiento. Los sistemas típicos incluyen tostadores rotativos, descascarilladoras con ciclón, molinos de bolas, prensas hidráulicas y molinos de pulverización.

Los criterios clave comprenden:

- eficiencia energética
- capacidad de procesamiento
- estabilidad operativa
- disponibilidad de repuestos
- control de parámetros críticos

5.4. Control de calidad, inocuidad y trazabilidad

El proceso debe cumplir con marcos normativos internacionales aplicables a la producción de alimentos exportables, tales como:

- ISO 22000 — Sistemas de Gestión de Inocuidad Alimentaria
- HACCP — Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
- Codex Alimentarius — Norma para productos de cacao
- ISO 34101 — Sostenibilidad del cacao

Controles técnicos obligatorios incluyen monitoreo de humedad, tamaño de partícula, análisis microbiológico y trazabilidad desde la producción primaria hasta el producto final.

5.5. Desafíos técnicos para la industrialización nacional

La industrialización del cacao fino de aroma en Nicaragua presenta desafíos de carácter técnico que inciden directamente en la implementación y operación de plantas de procesamiento. Estos desafíos no constituyen impedimentos estructurales, sino condiciones técnicas que deben ser consideradas en la fase de planificación y diseño de proyectos industriales.

Entre los principales desafíos destacan:

- Importación y mantenimiento de maquinaria especializada, tales como tostadores de control térmico preciso, prensas hidráulicas de alta presión y sistemas de molienda con regulación de granulometría, los cuales son fundamentales para garantizar la calidad del producto final.
- Formación técnica del personal en operativos, operaciones unitarias críticas como el tostado, la molienda y el control de parámetros de proceso.
- Implementación de sistemas de calidad e inocuidad, tales como Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), HACCP y sistemas de gestión basados en ISO 22000, representa un reto técnico y organizacional. No obstante, la implementación de estos sistemas constituye un elemento estratégico para acceder a mercados internacionales y cumplir con los estándares exigidos por clientes especializados.
- Gestión de estacionalidad de la materia prima.
- Control de variabilidad en calidad del grano.

En conjunto, estos desafíos técnicos evidencian la necesidad de un enfoque integral en el diseño de plantas procesadoras de cacao, donde la selección tecnológica, la formación de capital humano y la gestión de la calidad se integren como elementos clave para la consolidación de la industrialización nacional del cacao fino de aroma.

En la **Tabla 2** se presenta la técnica consolidada del proceso de transformación del cacao, incluyendo los parámetros críticos de cada etapa. Se observa que el control de variables como temperatura, humedad y tamaño de partícula es determinante para garantizar la calidad del producto final. Estos rangos permiten estandarizar el proceso y asegurar su eficiencia operativa.

Tabla 2 Técnica Consolidada del Proceso de Transformación del Cacao

Etapas del proceso	Parámetro técnico crítico	Rango recomendado	Justificación técnica	Fuente
Recepción	Humedad inicial	$\leq 7 \%$	Previene deterioro y mohos	Codex STAN 105-1981
Limpieza	Eficiencia de separación	$\geq 95 \%$	Evita contaminación física	FAO (2013)
Tostado	Temperatura / tiempo	110–140 °C / 20–45 min	Desarrollo aromático	Afoakwa (2014)
Tostado	Humedad final	1.5–3 %	Optimiza molienda	ICCO (2023)
Descascarillado	Eficiencia	$\geq 95 \%$	Reduce defectos sensoriales	BEAR Cocoa (2021)
Molienda	Tamaño de partícula	18–25 μm	Calidad sensorial	Minifie (2012)
Prensado	Presión	400–550 bar	Separación eficiente	GSR (2021)
Pulverización	Tamaño del polvo	50–150 μm	Uso industrial/doméstico	Nestlé (2019)
Acondicionamiento	T & HR	18–20 °C / $\leq 60 \%$	Conservación de estabilidad	ISO 22000

Nota. Elaboración propia con base en las fuentes citadas (Afoakwa, 2014) (Codex STAN, 105-1981) (MarcadorDePosición1).

5.6. Lineamientos de inocuidad y trazabilidad para la planta

Con el propósito de garantizar la calidad e inocuidad de los productos derivados del cacao, se establecen los siguientes lineamientos técnicos aplicables al diseño conceptual de la planta procesadora:

a) Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Se debe asegurar la implementación de condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en todas las etapas del proceso, incluyendo control de instalaciones, limpieza y desinfección, higiene del personal y manejo adecuado de materias primas.

b) Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

Se recomienda la identificación y control de puntos críticos del proceso, particularmente en etapas como tostado, molienda y almacenamiento, con el fin de prevenir riesgos físicos, químicos y microbiológicos.

c) Trazabilidad del producto

Se debe establecer un sistema que permita rastrear la materia prima desde su origen hasta el producto final, incluyendo registros de proveedores, lotes de producción y condiciones de procesamiento.

d) Control de calidad

Se deben definir parámetros de control para asegurar la calidad del producto final, tales como contenido de humedad, perfil sensorial y ausencia de contaminantes.

e) Cumplimiento normativo

El diseño de la planta debe alinearse con las normativas nacionales e internacionales aplicables, incluyendo NTON, RTCA, Codex Alimentarius e ISO 22000.

6. METODOLOGÍA: MODELOS INGENIERILES Y CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño preliminar de la planta procesadora de cacao fino de aroma se basa en la aplicación de modelos ingenieriles utilizados en la industria de alimentos, orientados a la estimación de capacidades de operación, requerimientos energéticos y parámetros técnicos para la selección de equipos. Entre los principales enfoques se incluyen balances de materia y energía, relaciones de rendimiento del proceso y criterios técnicos reportados en la literatura especializada.

Dado el carácter del estudio, se emplean modelos simplificados con el propósito de establecer un marco técnico de referencia para la evaluación de la viabilidad operativa y económica del proyecto. En este sentido, se definen criterios de diseño relacionados con la capacidad de procesamiento, condiciones operativas y requisitos de calidad del producto, en función de la disponibilidad de materia prima y las exigencias del mercado objetivo.

6.1. Ubicación recomendada para la planta procesadora en Nicaragua

Para la localización de la planta procesadora de cacao fino de aroma se definieron criterios técnicos orientados a garantizar la viabilidad operativa y económica del proyecto:

- Proximidad a zonas productoras de cacao fino de aroma.
- Acceso a infraestructura vial y puertos.
- Disponibilidad de servicios básicos (energía eléctrica, agua potable, telecomunicaciones).
- Disponibilidad y costo de mano de obra.
- Condiciones de seguridad y estabilidad operativa.

Cada alternativa de localización se evaluó mediante una combinación de análisis cualitativo descriptivo y ponderación cuantitativa por puntos, asignando pesos relativos a cada criterio según su importancia técnica. El resultado permitió seleccionar la ubicación más favorable para el diseño conceptual de la planta.

6.2. Procedimientos metodológicos del proceso productivo y parámetros operativos

En términos de desempeño del proceso, el rendimiento del descascarillado se sitúa entre 78% y 88% de nibs respecto al grano limpio, mientras que la obtención de licor, manteca y polvo depende del contenido de grasa del grano y de las condiciones de prensado (Afoakwa, 2014).

Para la determinación de la capacidad de diseño, se consideró la producción nacional de cacao en Nicaragua, estimada en aproximadamente 9,900 toneladas métricas de cacao seco al año 2024. Con base en una tasa de crecimiento anual de 1.03%, se proyectó una producción de 13,750 toneladas para el año 2026. A partir de esta proyección, se definió una capacidad de procesamiento equivalente al 50% de la producción nacional, como criterio para asegurar disponibilidad de materia prima y continuidad operativa sin generar presión sobre la oferta exportable.

El diseño considera una operación anual continua, con parámetros técnicos y rendimientos basados en literatura especializada. Los balances de materia y energía se emplean para estimar flujos másicos, requerimientos energéticos y dimensionamiento de equipos, constituyendo la base del análisis técnico-económico.

Finalmente, el modelo incorpora criterios de calidad, inocuidad y trazabilidad alineados con estándares internacionales, incluyendo Codex Alimentarius, ISO 2451:2017 y lineamientos de control sanitario, los cuales se integran desde la fase conceptual para garantizar la calidad del producto y su cumplimiento con requisitos de exportación.

6.3. Procedimientos metodológicos para la estimación de costos de inversión, operación y determinación de costo unitario y la estructura económica de la producción

El análisis económico del proyecto se desarrolla mediante metodologías estándar de evaluación de proyectos industriales. La inversión inicial se estima con base en criterios de ingeniería económica, clasificándose en inversión fija, inversión diferida y capital de trabajo, conforme a lo propuesto (Baca Urbina, 2013)

Los costos de operación se determinan considerando costos directos, indirectos, administrativos y de comercialización, siguiendo principios de contabilidad de costos industriales. Asimismo, se incorporan lineamientos metodológicos de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para la formulación y evaluación de proyectos agroindustriales.

El costo unitario de producción se calcula a partir de la relación entre los costos totales de operación y el volumen de producción anual proyectado, permitiendo definir la estructura económica del proceso productivo.

6.4. Procedimientos metodológicos para el análisis de la rentabilidad del proyecto y determinación de su viabilidad económica y potencial de inversión

Los procedimientos metodológicos aplicados permiten evaluar la viabilidad económica del proyecto mediante indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio-Costo.

El análisis de rentabilidad se fundamenta en la evaluación financiera tradicional de proyectos de inversión, mediante la proyección de flujos de caja en un horizonte de cinco años, con el objetivo de determinar la capacidad del proyecto para generar valor.

Para ello, se estructuró el flujo de caja económico y financiero, considerando ingresos por ventas, costos de producción, gastos administrativos y de comercialización, depreciación de activos y carga tributaria. En el análisis financiero se incorporó además el efecto del financiamiento externo.

Se adoptó una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) del 15 %, como criterio de referencia para evaluar la rentabilidad del capital invertido.

A partir de los flujos de caja obtenidos, se calcularon los principales indicadores de evaluación financiera:

- **Valor Actual Neto (VAN):** determina el valor presente de los flujos futuros descontados a la TMAR, menos la inversión inicial. Un VAN positivo indica generación de valor.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** representa la tasa que iguala el VAN a cero; si es superior a la TMAR, el proyecto es viable.
- **Relación Beneficio-Costo (B/C):** mide la relación entre beneficios y costos descontados; valores mayores a uno indican conveniencia económica.

La rentabilidad del proyecto se evalúa como criterio fundamental para determinar su capacidad de generar beneficios económicos en relación con la inversión realizada.

El análisis se desarrolló bajo dos escenarios: sin financiamiento y con financiamiento, con el fin de evaluar el efecto del apalancamiento financiero sobre el rendimiento del capital.

Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para examinar el comportamiento de los indicadores financieros ante variaciones en variables críticas, como los ingresos proyectados, los costos operativos y la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).

6.5. Metodología para la definición de lineamientos de inocuidad y trazabilidad

Para el cumplimiento del objetivo, se adoptó un enfoque técnico basado en la integración de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), el sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) y los lineamientos de la norma ISO 22000, ampliamente utilizados en la industria alimentaria para garantizar la inocuidad y trazabilidad.

En primer lugar, se realizó una revisión del proceso productivo del cacao, identificando las principales etapas (recepción, limpieza, tostado, descascarillado, molienda y prensado), con el fin de reconocer los puntos donde pueden generarse riesgos de contaminación.

Posteriormente, se definieron condiciones básicas de operación bajo BPM, orientadas a asegurar higiene en instalaciones, equipos y personal, así como el manejo adecuado de la materia prima durante todo el proceso.

Seguidamente, se aplicó el enfoque del sistema HACCP para la identificación de peligros potenciales (físicos, químicos y microbiológicos) y la determinación de puntos críticos de control,

especialmente en etapas como el tostado y almacenamiento, donde se requiere control de temperatura y humedad.

Finalmente, se incorporaron los principios de la norma ISO 22000 para estructurar un sistema básico de trazabilidad, mediante el registro de proveedores, control de lotes y seguimiento del producto a lo largo del proceso productivo. Este enfoque integrado permite establecer lineamientos prácticos y aplicables que garantizan la inocuidad del producto y su cumplimiento con requisitos de exportación.

7. RESULTADOS

7.1. Resultados de la ubicación recomendada para la planta en Nicaragua

La selección de la ubicación de la planta se realizó mediante el método de ponderación por puntos, considerando criterios técnicos como proximidad a zonas productoras, accesibilidad, disponibilidad de servicios, mano de obra y seguridad operativa.

Se evaluaron tres alternativas: Caribe Norte (RACCN), Matagalpa–Jinotega y Caribe Sur. La **Tabla 3** presenta una evaluación preliminar de las principales regiones con potencial para la instalación de la planta procesadora, considerando factores relacionados con disponibilidad de materia prima, acceso logístico y condiciones operativas.

Tabla 3 Evaluación Preliminar de Alternativas de Localización

Región	Ventajas Clave	Consideraciones
Caribe Norte (RACCN)	Concentra 38% de la producción nacional. Buena disponibilidad de cacao	Mayor inversión en infraestructura vial
Matagalpa - Jinotega	Consolidado como región Cafetalera y cacaotera acceso más directo a Managua y puertos.	Competencia por mano de obra agrícola
Costa Caribe Sur	Producción localizada; acceso estratégico a mercados del Caribe	Servicios limitados fuera de centros urbanos

Fuente: MAG (2022). Informe de producción de cacao en Nicaragua.

Tabla 4 Escala de Calificación

Calificación	Interpretación
5	Excelente
4	Buena

3	Regular
2	Deficiente
1	muy deficiente

Fuente: Elaboración propias

El análisis determinó que Matagalpa–Jinotega obtuvo la mayor calificación ponderada (4.65), destacándose por su mejor conectividad logística, disponibilidad de servicios e infraestructura productiva. En consecuencia, se establece como la ubicación óptima para la instalación de la planta. En la Tabla 5 se muestra a detalle el método de ponderación por puntos para la localización.

La **Tabla 5** presenta la evaluación cuantitativa de las alternativas de localización mediante el método de ponderación por puntos, considerando factores técnicos y operativos relevantes para la instalación de la planta procesadora.

Tabla 5 Método de Ponderación

Factor de localización	Peso	Alternativas de localización					
		Caribe Norte		Matagalpa-Jinotega		Caribe Sur	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Proximidad a zonas productoras	0.3	5	1.50	5	1.50	5	1.50
Accesibilidad vehicular	0.25	3	0.75	5	1.25	5	1.25
Servicios Básicos	0.20	3	0.60	4	0.80	3	0.60
Mano de obra	0.15	3	0.45	4	0.60	3	0.45
Seguridad operativa	0.10	3	0.22	5	0.50	3	0.30
Total	1.00	17	3.52	23	4.65	19	4.1

Fuente: Elaboración propia

7.2. Resultados del diseño del proceso productivo y parámetros operativos

7.2.1. Determinación de la capacidad de diseño de la planta

La capacidad de diseño de la planta se estableció con base en la disponibilidad de materia prima a nivel nacional, considerando una producción estimada de aproximadamente 9,900 toneladas métricas de cacao seco FAO (2020), MAG (2018) y una proyección de crecimiento que alcanza alrededor de 13,750¹ toneladas métricas para el año 2026.

El sistema opera bajo régimen continuo de **24 h/día y 330 días/año (8,000 h/año)**, con una capacidad de alimentación de **1.5 ton/h**.

El diseño conceptual de la planta incorpora lineamientos de inocuidad y trazabilidad basados en BPM y HACCP, los cuales permiten garantizar la calidad del producto final y su cumplimiento con estándares de exportación.

Se presenta en Anexo datos de producción de Cacao para Nicaragua entre 2020 y 2024 las cuales están basadas en estimaciones basadas en tendencias históricas según entidades gubernamentales nacionales Tabla A33.

7.2.2. Resultados del balance de materia del proceso

El balance de materia se desarrolló a partir de la capacidad de diseño establecida, correspondiente al procesamiento anual de 6,875 toneladas de cacao fermentado y seco (MAG, 2018).

El balance de materia se desarrolló considerando rendimientos industriales típicos:

- Nibs: 78–88% del grano limpio
- Conversión a licor: ≈99%
- Producción de polvo: 50–55% del licor

Las pérdidas se asocian a limpieza, reducción de humedad y separación de cascarilla, manteniéndose dentro de rangos industriales aceptables.

¹ Se presenta en Anexo proyección estimada de los volúmenes de producción de grano de Cacao a partir del año 2025 Tabla A34

La **Tabla 6** presenta el balance de materia correspondiente al proceso de obtención de nibs de cacao para el año base 2026, considerando los rendimientos y pérdidas estimadas en cada operación unitaria del proceso productivo. Los resultados permiten evaluar el comportamiento de los flujos másicos y verificar la consistencia técnica de la capacidad de diseño propuesta.

Tabla 6 Balance de materia de la Etapa de Obtención de Nibs de Cacao (base a proyección año 2026)

Etapa de Proceso	Balance de Materia		2026	
	Entrada (ton)	salida (ton)	Pérdidas %	Rendimientos %
Limpieza	6,875.00	6,737.50	2%	98%
Tostado	6,737.50	6,535.38	3%	97%
Descascarillado	6,535.38	5,488.41	14%	84%
Molienda	5,422.55	5,368.32	1%	99%
Prensado	2,415.74	2,369.12	2%	98%

Fuente: Elaboración propia, con base en rendimientos industriales reportados en literatura especializada. Las pérdidas operativas incluyen retenciones de material en equipos, arrastre y finos generados durante el proceso

7.2.3. Escalamiento del balance de materia y energía del proceso

A partir del balance de materia del año base, se realizó el escalamiento de los flujos másicos para el horizonte del proyecto, considerando una tasa de crecimiento anual del 9%, obteniendo volúmenes progresivos de procesamiento desde 6,875 hasta 9,920 toneladas anuales en el año 2030.

Puede consultarse en Apéndice B los resultados de los balances de materia y energía para la proyección del proyecto.

Tabla 7 Proyección de volumen de cacao a procesar

Indicador	2026	2027	2028	2029	2030
Volumen para procesar en planta (ton/año)	6,875.00	7,550.00	8,280.00	9,065.00	9,920.00

En la **Tabla 7** El escalamiento permite evaluar la consistencia del diseño frente al crecimiento proyectado del sistema productivo y la evolución de los volúmenes de producción durante el horizonte del proyecto. Los resultados detallados se presentan en los anexos.

El balance de energía se desarrolló con base en la capacidad del año base (6,875 ton/año), con el objetivo de estimar de manera preliminar los requerimientos energéticos del proceso. El análisis se realiza a nivel de operaciones unitarias críticas, diferenciando entre consumo eléctrico y transferencia de calor.

7.2.4. Balance térmico de la etapa de tostado

El tostado del cacao constituye una operación crítica desde el punto de vista energético y de calidad, ya que en esta etapa se desarrollan compuestos precursores del aroma y se reduce la humedad del grano a niveles adecuados para el procesamiento posterior.

El requerimiento térmico del proceso se estima mediante un balance de energía simplificado, que considera el calentamiento del grano y la energía asociada a la evaporación de la humedad residual, según la ecuación (1):

$$Q_{tostado} = m_{cacao} * C_p * (T_2 - T_1) + m_{H_2O\ evap} * \lambda_{evap} \quad (1)$$

Donde:

m_{cacao} : masa de cacao que se tuesta

C_p : calor específico del cacao

T_1 y T_2 : temperaturas inicial y final del grano respectivamente

$m_{H_2O\ evaporada}$: masa de agua evaporada

λ_{evap} : calor latente de evaporación del agua

Este modelo permite estimar preliminarmente la demanda térmica del tostador y constituye la base para la selección del sistema de calentamiento más adecuado, así como para estimar los costos energéticos asociados a esta operación.

Para la estimación de los consumos energéticos del proceso se adoptan como supuestos generales: uso de cacao fermentado y seco con humedad $\leq 7\%$, operación bajo condiciones ambientales estándar, utilización de equipos comerciales con eficiencias promedio y predominio de energía eléctrica, con aporte térmico específico en la etapa de tostado.

En la Tabla 10 se muestran los valores de operación del equipo de tostados, así como las propiedades intrínsecas tanto del grano de cacao y el agua, a su vez los volúmenes a procesar.

Tabla 8 Datos de operación para funcionamiento del equipo de tostado

Flujo másico de cacao a tostar (kg/h)	841.35
Temperatura de entrada (°C)	25.00
Temperatura de salida (°C)	130.00
Calor específico del cacao kJ/kg °C	1.60
Porcentaje de agua a remover	0.04
masa de agua a remover kg/h	33.65
Calor latente del agua (kJ/kg)	2,257.00

En la **Tabla 9** se muestra la demanda de calor para llevar a cabo el tostado del grano de cacao garantizando el porcentaje de humedad a la salida del equipo de tal manera que se garanticen las propiedades que este requiere.

Tabla 9 Balance de energía para la etapa de tostado

<i>Calor sensible kJ/h</i>	<i>Calor evaporación kJ/h</i>	<i>Calor total útil kJ/h</i>
141,346.15	75,956.73	217,302.88
<i>Pérdidas térmicas 15%</i>	<i>Requerimiento total térmico (kJ/h)</i>	<i>Potencia térmica requerida (kW)</i>
32,595.43	249,898.32	69.42

Base de cálculo: 6,737.50 ton/año de cacao fermentado y seco, equivalentes a 841.35 kg/h, considerando 8,000 h/año de operación.

7.2.5. Configuración de maquinaria y validación de capacidad operativa

La configuración de maquinaria del proceso se definió en función de la capacidad de diseño de 1.5 ton/h, asegurando continuidad operativa y evitando cuellos de botella en las operaciones unitarias. La selección de equipos se realizó considerando capacidades iguales o superiores al requerimiento del proceso, bajo un régimen de operación de 24 horas diarias y 330 días al año.

Recepción y almacenamiento

Se incorpora control de calidad como punto crítico mediante: báscula industrial, medidor de humedad ($\leq 7\%$), muestreo y verificación de fermentación, tamizado y control de impurezas. Se utiliza tolva pulmón de 5 ton para garantizar flujo continuo.

Se consideró un inventario de seguridad de 15 días de producción, por lo que la demanda de almacén en área cuadrada está dada por:

$$\frac{\text{volumen proyectado}}{\text{horas operativas año}} = \frac{9,920 \text{ ton}}{8,000 \text{ h}} = 1.24 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \quad (2)$$

$$\text{Capacidad requerida} = 1.24 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 10\% = 1.36 \text{ ton/h} \quad (3)$$

$$\text{Producción diaria} = \frac{9,920 \text{ ton}}{330 \text{ días}} = 30.06 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \quad (4)$$

Se consideró un inventario en almacén para 15 días de producción:

$$30.06 \frac{\text{ton}}{\text{días}} * 15 \text{ días} = 450.9 \text{ ton} \quad (5)$$

Línea de proceso

Se define una línea continua con capacidades nominales de 1.5 ton/h en limpieza, tostado, descascarillado y molienda, y 1.4 ton/h en prensado, asegurando balance operativo del sistema.

Empacado

Con base en la producción proyectada, se dimensiona el sistema de empackado para:

Nibs: 615 kg/h

Licor: 205 kg/h

Polvo: 101 kg/h

Se seleccionan empacadoras semiautomáticas con margen operativo del 15–20%.

Subproducto (manteca de cacao)

Se genera manteca de cacao como subproducto equivalente al 50% del licor procesado. Se recolecta, filtra y almacena en recipientes de grado alimentario (200 L), con potencial de comercialización en industrias alimentaria y cosmética.

Tabla 10 Ficha técnica consolidada de equipos principales del proceso

Etapas del proceso	Equipo	Capacidad nominal	Tipo de operación	Material / referencia	Potencia estimada	Rendimiento / eficiencia
Recepción	Tolva de alimentación (pulmón)	5 ton	Continua	Acero inoxidable AISI 304	1 kW	Flujo continuo 3–4 h
Recepción	Montacargas eléctrico	2.5 ton	Discontinua	Toyota / Hyster (referencial)	5 kW	Manejo eficiente de carga
Recepción	Balanza industrial de plataforma	2,000 kg	Discontinua	Avery Weigh-Tronix / Mettler Toledo	0.5 kW	100 % control de peso
Limpieza	Sistema de pre-limpieza (criba + aspiración + separador magnético)	1.5 ton/h	Continua	Bühler / GSR Cocoa Machinery	5 kW	99–99.5 % remoción de impurezas
Limpieza	Línea de limpieza granular	1.5 ton/h	Continua	Bühler / Satake	5 kW	98–99 % eficiencia de limpieza

Almacenamiento	Bodega de almacenamiento	450 ton	Estática	Estructura metálica industrial	—	Conservación de materia prima
Tostado	Tostador rotatorio continuo (GLP)	1.5 ton/h	Continua	Bühler Barth / JAF Inox	20 kW	95–98 % eficiencia térmica
Descascarillado	Descascarilladora industrial	1.5 ton/h	Continua	Royal Duyvis Wiener / CocoaTown	10 kW	78–88 % nibs limpios
Molienda	Molino coloidal industrial	1.2 ton/h	Continua	FrymaKoruma / ProXES	15 kW	98–99 % eficiencia de molienda
Prensado	Prensa hidráulica	700 kg/h	Continua-secuencial	Royal Duyvis Wiener / Bühler	6 kW	85–90 % separación de grasa
Pulverización	Molino pulverizador industrial	200 kg/h	Continua	Hosokawa / Mikro Pulverizer	8 kW	95–98 % eficiencia granulométrica

Empacado	Empacadora semiautomática para nibs	15 sacos/h	Discontinua	Bosch Packaging / Referencial	2 kW	98–99 % precisión
Empacado	Empacadora semiautomática para licor	12 envases/h	Discontinua	Bosch Packaging / Referencial	2 kW	98–99 % precisión
Empacado	Empacadora semiautomática para polvo	12 sacos/h	Discontinua	Bosch Packaging / Referencial	2 kW	98–99 % precisión

Fuente: Elaboración propia con base en especificaciones técnicas de Bühler Group, Royal Duyvis Wiener, Hosokawa Micron Group y literatura especializada (Afoakwa, 2014; Minifie, 2012).

La **Tabla 10** presenta la ficha técnica consolidada de los principales equipos considerados para la planta procesadora de cacao fino de aroma, incluyendo capacidad nominal, tipo de operación, potencia y rendimiento estimado. La información permite verificar la coherencia entre la capacidad instalada y los requerimientos operativos definidos para el horizonte del proyecto, asegurando continuidad y estabilidad del proceso productivo.

7.2. Resultados de la estimación de inversión, costos de operación y estructura económica

Se presenta la evaluación económica y financiera de la planta procesadora de cacao fino de aroma, a partir de la información técnica y productiva desarrollada en los capítulos anteriores.

El análisis incluye la estimación de la inversión inicial, los costos de operación, la determinación del costo unitario de producción y la proyección de indicadores financieros que permiten evaluar la viabilidad del proyecto en un horizonte de cinco años.

7.2.1. Costos de operación

Los costos de operación corresponden a los gastos anuales requeridos para el funcionamiento de la planta, e incluyen costos de producción, administrativos y de ventas (Baca Urbina, 2013).

7.2.1.1. Costos de producción

El costo de materia prima está constituido por el cacao seco en grano, insumo principal del proceso. Su estimación se realizó a partir del volumen anual requerido según la capacidad de la planta y el precio unitario de adquisición en el mercado nacional, obteniéndose el costo anual correspondiente para la operación continua **Tabla 11**.

Tabla 11 Costo de Materia prima

Costo total de materia prima		
Materia prima	Costo unitario	2,026
Cacao en grano seco	1,700.00	11,687,500.00
Material de empaque		518,000.00
Consumo de gas lícuado 175,000.00 de petróleo	1.10	192,500.00
Agua de proceso		15,750.00
Insumos de Calidad		58,438.00
	Costo Materia prima	12,472,188.00

Fuente: Elaboración propia con base en precios referenciales del mercado nacional del cacao.

La **Tabla 12** presenta la estimación del consumo energético anual asociado a los principales equipos y servicios auxiliares de la planta procesadora de cacao fino de aroma. Los costos fueron calculados a partir de la potencia instalada, las horas de operación proyectadas y la tarifa eléctrica estimada, permitiendo determinar la incidencia del consumo energético dentro de los costos operativos del proyecto.

Tabla 12 Costo de consumo energético

Consumo energético anual			Costo anual
Etapas / Equipo	Cantidad	kWh/año	(USD)
Sistema de pre-limpieza (criba + aspiración)	1.00	39,600.00	16,632.00
Tostador rotatorio continuo	1.00	158,400.00	66,528.00
Descascarilladora industrial	1.00	79,200.00	33,264.00
Molino coloidal	1.00	118,800.00	49,896.00
Prensa hidráulica	1.00	47,520.00	19,958.00
Molino pulverizador	1.00	63,360.00	26,611.00
Equipos auxiliares y servicios	1.00	79,200.00	33,264.00
Empacadoras semiautomáticas (3)	1.00	71,280.00	29,938.00
Selladora térmica	1.00	15,840.00	6,653.00
Paletizadora semiautomática	1.00	39,600.00	16,632.00
Balanza electrónica control final	1.00	7,920.00	3,326.00
Montacargas eléctrico*	1.00	15,840.00	6,653.00
Iluminación industrial nave	1.00	118,800.00	49,896.00
Costo Total			359,251.00

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de costos de producción propuesta por Baca Urbina (2013).

El costo de mano de obra directa corresponde al personal operativo vinculado al proceso productivo, incluyendo operadores, personal de planta y supervisión. Su estimación considera

salarios mensuales, cargas sociales y prestaciones de ley, proyectados a un periodo anual de operación, obteniéndose el costo total requerido para la continuidad del proceso (Tabla 13).

Tabla 13 Costo de mano de obra directa

Costo de mano de obra directa				
Categoría	Número de empleados	Salario anual USD	Cargas sociales USD	Costo anual total USD
Operadores de línea de limpieza	3.00	5,400.00	4,860.00	10,260.00
Operador de máquina de tostado	1.00	7,200.00	2,160.00	9,360.00
Operador de molino	1.00	6,000.00	1,800.00	7,800.00
Operador máquina prensa hidráulica	1.00	7,200.00	2,160.00	9,360.00
Operador de máquina pulverizadora	1.00	6,000.00	1,800.00	7,800.00
Operador de máquina empacadora	3.00	5,400.00	4,860.00	10,260.00
Operador de montacarga	1.00	4,800.00	1,440.00	6,240.00
Supervisor de Producción	4.00	45,600.00	54,720.00	100,320.00
Costo Total de mano de obra directa				141,900.00

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de costos de producción propuesta por Baca Urbina (2013).

Los costos indirectos de fabricación incluyen los desembolsos necesarios para el funcionamiento de la planta que no intervienen directamente en la transformación del producto, tales como mantenimiento, energía eléctrica, materiales indirectos y servicios industriales. Su estimación se realizó de forma anual en función del nivel de operación proyectado **Tabla 14**.

Tabla 14 Costos indirectos

Costos totales indirectos		
Concepto	Base de estimación	Costo anual (USD)
Energía eléctrica	Consumo industrial estimado	359,251.00
Mantenimiento preventivo y correctivo	3 % del valor de maquinaria Lubricantes, limpieza, repuestos menores	22,035.00
Insumos indirectos	Consumo industrial estimado	48,650.00
Agua y servicios industriales	0.5 % inversión fija	18,000.00
Seguros industriales	Lineal, 10 años	15,231.19
Depreciación de maquinaria		73,450.00
Personal de mantenimiento		8,400.00
Seguridad		4,200.00
Auxiliares de planta		3,600.00
Jefe de producción		18,000.00
Total costos indirectos		570,817.19

Fuente: Elaboración propia con base en Baca Urbina (2013), cotizaciones referenciales de maquinaria y estimaciones técnicas del consumo energético del proyecto.

El costo total de producción estimado para el primer año de operación asciende a USD 13,684,539.26 **Tabla 15**, incluyendo costos de materia prima, mano de obra directa, costos indirectos de fabricación, servicios industriales, control de calidad y depreciación. El detalle de la depreciación anual, estimada en USD 226,726.67, se presenta en la sección correspondiente **Tabla 23**.

Tabla 15 Costos totales de producción

Costo Total de Producción
2,026.00
Costos totales de producción

Costo Total de mano de obra directa	202,440.00
Costo total de materia prima	12,472,188.00
Costos indirectos	570,817.19
Costo consumo energético	359,251.00
Depreciacion	226,726.67
Mantenimiento	51,506.00
Costo Total de Produccion	13,684,539.26

Fuente: Elaboración propia con base en Baca Urbina (2013)

Gastos Administrativos

Los gastos administrativos anuales fueron estimados considerando el personal administrativo, servicios generales, software, seguros y honorarios profesionales. El total asciende a USD 50,440.00 anuales, representando los costos necesarios para la gestión organizacional y administrativa del proyecto, estos se presentan en la **Tabla 16**.

Tabla 16 Gastos totales administrativos

Gastos administrativos	N° de empleados	Costo mensual USD	Costos anuales USD
Personal administrativo	2	1,000.00	12,000.00
Gastos administrativo-generales			12,000.00
Servicios básicos administrativos		370.00	4,440.00
papelería y suministros			12,000.00
Software y licencias			2,500.00
Seguros administrativos			3,500.00
Honorarios profesionales			4,000.00

Costo Total	50,440.00
--------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia con base en (Baca Urbina, 2013), cotizaciones referenciales de maquinaria y estimaciones técnicas del consumo energético del proyecto.

7.2.1.2. Gastos de ventas

Los gastos de venta se determinaron según la metodología por (Baca Urbina, 2013), e incluyen los desembolsos necesarios para la comercialización y distribución de los productos, tales como sueldos del personal comercial, comisiones, promoción, transporte, viáticos y servicios asociados al área de ventas. Su estimación para el año base permite cuantificar el costo requerido para posicionar la producción en el mercado objetivo y determinar la utilidad operativa del proyecto.

La **Tabla 17** presenta la estimación anual de los gastos de venta asociados a las actividades de comercialización y distribución de los productos derivados del cacao. Estos costos incluyen personal del área comercial, comisiones sobre ventas, promoción, transporte y servicios complementarios necesarios para la colocación de la producción en el mercado objetivo.

Tabla 17 Gastos de ventas

Gastos de Venta – Año 2026	
Concepto	Sueldo USD/año
Personal de ventas	36,000.00
Gerente de ventas	9,600.00
Chofer	7,200.00
Repartidor	4,800.00
Comisiones sobre ventas (5%)	902,344.00
Publicidad y promoción	80,000.00
Transporte y distribución	300,000.00
Viáticos y representación	40,000.00
Servicios área comercial	25,000.00
Total Gastos de Venta	1,404,944.00

Fuente: Elaboración propia, con base en especificaciones técnicas y precios referenciales de mercado.

7.2.1.3.Costo total de operación

El costo total de operación se determinó mediante la suma del costo de producción, los gastos de venta y los gastos administrativos correspondientes al año base del proyecto. Este indicador refleja el desembolso anual total requerido para garantizar el funcionamiento integral de la planta, incluyendo actividades productivas, comerciales y administrativas.

Tabla 18 Costos totales de operación

Concepto	Costos anual (US\$)
Costos de producción	13,684,539.26
Costos de Administración	50,440.00
Costos de Ventas	1,276,037.50
Costos totales de operación	15,058,926.36

Fuente: Elaboración propia con base en Baca Urbina (2013)

7.3. Inversión inicial en activo fijo y diferido del proyecto

La inversión inicial se estimó a partir de la capacidad de diseño del proyecto y los requerimientos técnicos del modelo de planta, considerando activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo como componentes principales. Esta estructura se fundamenta en criterios de ingeniería económica (Baca Urbina, 2013) y lineamientos de la ONUDI y la FAO.,

Los **activos fijos** incluyen los recursos tangibles necesarios para la instalación y operación de la planta, tales como maquinaria, obras civiles, instalaciones auxiliares y equipos de apoyo. Dentro de estos se contempla el terreno, infraestructura industrial (área de proceso, almacenamiento, oficinas y servicios), así como sistemas complementarios requeridos para la operación.

Los **activos diferidos** comprenden los costos asociados a la puesta en marcha del proyecto.

El **capital de trabajo** representa los recursos necesarios para financiar la operación inicial del proyecto hasta la generación de ingresos. Para su estimación se asumió un valor equivalente al 8 % de las ventas del primer año, criterio común en estudios de prefactibilidad cuando no se dispone de información detallada de ciclo operativo.

En conjunto, la inversión inicial permite cuantificar el capital requerido para la implementación del proyecto y constituye la base para el análisis de costos de operación y la evaluación financiera posterior.

Activo fijo de producción

Los activos fijos de producción se presentan en las **Tablas 19 y 20**, e incluyen la inversión en maquinaria, equipos, infraestructura y sistemas auxiliares necesarios para la implementación de la planta procesadora de cacao fino de aroma.

La estimación se realizó con base en la capacidad de diseño del proyecto (1.5 ton/h), una operación de 8,000 horas anuales y precios referenciales de mercado, conforme a criterios de evaluación de proyectos industriales (Baca Urbina, ONUDI y FAO).

La selección de equipos se realizó en función del flujo de proceso definido, abarcando las etapas de recepción, limpieza, tostado, descascarillado, molienda, prensado, pulverización y empaque, asegurando la coherencia técnica entre capacidad instalada y volumen proyectado.

Tabla 19 Activos fijos de producción

Consolidado de Equipos, Capacidades y Costos					
Etapa / Equipo	Capacidad Nominal	Cantidad	Costo Unitario (USD)	5 flete y seguros USD	Costo Total (USD)
Recepción y almacenamiento					
Tolva de alimentación (pulmón)	5000 kg	1	18,000	900	18,900
Montacargas eléctrico (2.5 ton)	—	1	25,000		25,000
Balanza industrial de plataforma	2000 kg	1	4,500	225	4,500
Sistema de pre-limpieza (criba +	1500 kg/h	1	45,000	2250	45,000

aspiración + separador magnético)					
Adecuación bodega 450 ton	—	1	60,000		60,000
Selección y limpieza					
Línea de limpieza granular	1500 kg/h	1	45,000	2250	45,000
Tostado					
Tostador rotatorio continuo (GLP)	1500 kg/h	1	120,000	6000	120,000
Descascarillado					
Descascarilladora industrial	1500 kg/h	1	85,000	4250	85,000
Molienda					
Molino coloidal industrial	1200 kg/h	1	90,000	4500	90,000

Prensado					
Prensa hidráulica	700 kg/h	1	95,000	4750	95,000
Pulverización					
Molino pulverizador	200 kg/h	1	45,000	2250	45,000
Empacado					
Empacadora semiautomática – Nibs (50 kg)	~15 sacos/h	1	22,000	1100	22,000
Empacadora semiautomática – Licor (25 kg)	~12 envases/h	1	18,000	900	18,000
Empacadora semiautomática – Polvo (25 kg)	~12 sacos/h	1	20,000	1000	20,000
Selladora térmica industrial	—	3	5,000	250	15,250

Balanza electrónica control final	—	3	3,000	150	9,150
Paletizadora semiautomática	—	1	18,000		18,000
Costo total		21	718,500.00		735,800.00

Fuente: Elaboración propia, con base en especificaciones técnicas y precios referenciales de mercado.

7.2.1.4. Activos fijos de oficinas y ventas

Los activos fijos administrativos y de ventas se detallan en la **Tabla 20** e incluyen equipos de oficina, mobiliario, vehículos y equipamiento de apoyo necesarios para la gestión operativa y comercial del proyecto.

La estimación se realizó con base en cotizaciones referenciales y requerimientos funcionales del área administrativa y comercial.

Tabla 20 Costo de activos fijos de oficinas y ventas

Cantidad	Activos fijos de oficinas y ventas	Precio unitario USD	Costo total USD
4.00	Computadoras e impresoras	20,000.00	80,000.00
5.00	Escritorios	2,000.00	10,000.00
5.00	Sillas	500.00	2,500.00
14.00	Vestidor	5,000.00	70,000.00
5.00	Camionetas 2 toneladas	80,000.00	400,000.00
2.00	Horno microondas	300.00	600.00
2.00	Cafetera	150.00	300.00
7.00	mesas y sillas para comedor	1,000.00	7,000.00
Total		108,950.00	570,400.00

Fuente: Elaboración propia con base en cotizaciones referenciales y literatura técnica especializada.

7.2.2. Terreno y obra Civil

El costo del terreno se determinó en función del área requerida para la instalación del proyecto y el precio unitario por metro cuadrado en la zona de estudio. Por su parte, la obra civil se estimó considerando el área construida y el costo unitario por metro cuadrado para edificaciones industriales, incluyendo instalaciones complementarias necesarias para la operación. En la **Tabla 21** presenta la estimación de los costos asociados al terreno y las obras civiles requeridas para la instalación de la planta procesadora de cacao fino de aroma. La inversión considera áreas

de proceso, almacenamiento, oficinas y obras complementarias necesarias para garantizar condiciones adecuadas de operación e infraestructura, así como el costo total del terreno y obra civil el cual asciende a USD 568,000.

Tabla 21 Terreno y obra civil

Concepto	Cálculo	Total (USD)
Terreno	$2,000 \text{ m}^2 \times 25 \text{ USD/m}^2$	50,000.00
Nave industrial	$800 \text{ m}^2 \times 500 \text{ USD/m}^2$	400,000.00
Oficinas	$120 \text{ m}^2 \times 400 \text{ USD/m}^2$	48,000.00
Bodega	$150 \text{ m}^2 \times 300 \text{ USD/m}^2$	45,000.00
Obras complementarias	—	25,000.00
Total Terreno y Obra Civil		568,000.00

Fuente: Elaboración propia con base en cotizaciones referenciales y literatura técnica especializada.

Activo diferido

Los activos diferidos corresponden a los gastos previos al inicio de operaciones que no constituyen activos tangibles, pero que son necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

En la **Tabla 22** se presenta la estimación de estos costos, los cuales incluyen actividades de planeación, integración del proyecto, supervisión y otros gastos intangibles asociados a la etapa preoperativa. Su clasificación y cuantificación se realizó según criterios de ingeniería económica

Tabla 22 Costos de inversion diferida

Activos diferidos		
Planeación e integración	3% inversion total	56,226.00
Ingeniería del proyecto	3,5% inversion de activos de producción	65,597.00
Supervisión	1,5 % de inversion total	28,113.00
Administración del proyecto	0,5% de inversion total	9,371.00

Total	159,307.00
--------------	-------------------

Fuente: Elaboración propia con base en (Baca Urbina, 2013) y lineamientos metodológicos de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

7.2.3. Depreciación y amortización

La depreciación de los activos fijos se determinó mediante el método de línea recta, empleando vidas útiles técnicas estimadas según la naturaleza de cada activo. Este criterio permite distribuir de manera uniforme el valor de los bienes tangibles durante su periodo de operación económica. El terreno no fue considerado para efectos de depreciación debido a que no sufre desgaste por uso.

$$\text{Depreciacion anual} = \frac{\text{valor del activo}}{\text{vida útil}} \quad (7)$$

Vida útil típica:

- Edificaciones: 20 años
- Maquinaria y equipo: 10 años
- Equipo de oficina: 5 años
- Vehículos: 5 años

El activo diferido fue amortizado mediante el método de línea recta en un plazo de cinco años, considerando que corresponde a gastos preoperativos cuya recuperación se realiza en los primeros años de funcionamiento del proyecto.

$$\text{Amortización anual} = \frac{\text{Activo diferido}}{\text{Periodo de amortización}} \quad (8)$$

Tabla 23 Depreciación y amortización de activos

Tabla de depreciación y Amortización			
Depreciación de activos fijos	Valor USD	Vida útil (años)	Depreciacion
Equipo de producción	735,800.00	10.00	73,580.00
Vehiculos	400,000.00	5.00	80,000.00
Equipo de oficina	90,400.00	5.00	18,080.00
Computadoras	80,000.00	3.00	26,666.67
Obra Civil	568,000.00	20.00	28,400.00
Total depreciación anual			226,726.67
Amortización activa diferido	Valor USD	Periodos (años)	
Inversión diferida	159,307.00	5.00	31,861.40
Total Depreciación y amortización			485,314.73

Fuente: Elaboración propia, con base en especificaciones técnicas y precios referenciales de mercado.

La **Tabla 23** presenta la estimación anual de la depreciación de los activos fijos y la amortización de los activos diferidos del proyecto, calculadas en función de la vida útil de cada componente. Estos valores permiten incorporar el desgaste y recuperación contable de la inversión dentro de la evaluación económica y financiera de la planta procesadora.

7.3.Tabla de estado de resultados

El estado de resultados del proyecto se elaboró para evaluar el desempeño económico y financiero de la planta procesadora de cacao fino de aroma durante el horizonte de evaluación, permitiendo determinar la capacidad del proyecto para generar ingresos, cubrir costos y obtener utilidades. Este documento constituye la base para la construcción del flujo de caja y el cálculo de indicadores de rentabilidad.

El análisis se desarrolla bajo dos enfoques: económico, que evalúa la rentabilidad del proyecto sin considerar financiamiento; y financiero, que incorpora el efecto del endeudamiento para analizar el impacto del apalancamiento sobre el capital propio.

Se considera un esquema de financiamiento externo equivalente al 60% de la inversión total, manteniendo constantes los supuestos técnicos y operativos, lo que permite comparar el comportamiento del proyecto bajo diferentes estructuras de capital.

En la Tabla 24 se presenta el estado de resultados correspondiente al escenario de inversión con recursos propios (100%), incorporando proyecciones de ingresos, costos variables y costos de operación asociados al incremento progresivo de la capacidad de producción.

Tabla 24 Estado de resultados considerando escenario sin financiamiento

Tabla de estado de resultado sin Financiamiento					
FNE (Flujo neto efectivo)					
Concepto	2026	2027	2028	2029	2030
(+)Ingresos por ventas (USD)	18,975,000.00	20,838,000.00	22,852,800.00	25,019,400.00	27,379,200.00
(+)Valor de salvamento					2,426,573.67
(-) Costo total de producción (USD)	13,732,448.86	14,943,893.86	16,171,764.66	17,506,642.28	18,960,176.26
Utilidad bruta (USD)	5,242,551.14	5,894,106.14	6,681,035.34	7,512,757.72	10,845,597.40
(-) Gastos administrativos y de venta (USD)	1,326,477.50	1,351,975.00	1,434,100.00	1,522,412.50	1,618,600.00
Utilidad operativa	3,916,073.64	4,542,131.14	5,246,935.34	5,990,345.22	9,226,997.40
(-) Depreciación y amortización(USD)	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73
Utilidad antes de impuesto (USD)	3,430,758.91	4,056,816.41	4,761,620.61	5,505,030.49	8,741,682.67
(-) Impuesto sobre la renta (30 %) (USD)	1,029,227.67	1,217,044.92	1,428,486.18	1,651,509.15	3,350,476.90
Impuestos laborales y de seguridad social (-)	343,075.89	405,681.64	476,162.06	550,503.05	874,168.27

Utilidad neta económica (USD)		2,058,455.35	2,434,089.85	2,856,972.37	3,303,018.29	4,517,037.50
Depreciación y amortización (+)		485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73
Inversión total (año cero) (-)	3,046,237.70					
Capital de trabajo (-)	1,518,000.00					
FNE	-4,564,237.70	2,543,770.08	2,919,404.58	3,342,287.10	3,788,333.03	7,428,925.90
FNE total						15,458,482.99

Fuente: Elaboración propia.

A partir del estado de resultados presentado en la **Tabla 24**, se observa que el proyecto genera utilidades positivas durante todo el horizonte de evaluación. El crecimiento de los ingresos responde al incremento proyectado en los volúmenes de producción, mientras que los costos variables evolucionan de forma proporcional al nivel de procesamiento, resultando en una utilidad neta creciente que evidencia la viabilidad operativa del proyecto.

En el escenario con financiamiento **Tabla 25**, el estado de resultados incorpora el efecto del crédito bancario mediante la inclusión de intereses como gasto financiero, conforme a la metodología de Baca Urbina (2013).

En Apéndice C se encuentra la Tabla de amortización de la deuda para el proyecto financiado en Tabla C40.

Tabla 25 Estado de resultados considerando escenario con financiamiento del 60%

Tabla de estado de resultado con Financiamiento del 60% de la inversión					
FNE (Flujo neto efectivo)					
Concepto	2,026.00	2,027.00	2,028.00	2,029.00	2,030.00
(+)Ingresos por ventas (USD)	18,975,000.00	20,838,000.00	22,852,800.00	25,019,400.00	27,379,200.00
(+)Valor de salvamento					2,426,573.67
(-) Costo total de producción (USD)	13,732,448.86	14,943,893.86	16,171,764.66	17,506,642.28	18,960,176.26
Utilidad bruta (USD)	5,242,551.14	5,894,106.14	6,681,035.34	7,512,757.72	10,845,597.40
(-) Gastos administrativos y de venta (USD)	1,326,477.50	1,351,975.00	1,434,100.00	1,522,412.50	1,618,600.00
(-) Depreciación y amortización(USD)	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73
Intereses	260,161.55	208,129.24	156,096.93	104,064.62	52,032.31
Utilidad antes de impuesto (USD)	3,170,597.36	3,848,687.17	4,605,523.68	5,400,965.87	8,689,650.36
(-) Impuesto sobre la renta (30 %) (USD)	951,179.21	1,154,606.15	1,381,657.10	1,620,289.76	2,606,895.11
Utilidad neta económica (USD)	2,219,418.15	2,694,081.02	3,223,866.58	3,780,676.11	6,082,755.25

Depreciación y amortización		485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73	485,314.73
(+)						
Pago al principal		807,870.07	755,837.76	547,708.52	651,773.14	599,740.83
Inversión total (año cero) (-)	1,825,695.08					
Capital de trabajo (-)	1,518,000.00					1,518,000.00
FNE	-3,343,695.08	1,896,862.81	2,423,557.99	3,161,472.79	3,614,217.70	8,394,902.82
					FNE total	16,147,319.03

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1. Valor Actual Neto

Con el propósito de determinar la rentabilidad del proyecto en términos económicos, se procedió al cálculo del Valor Actual Neto (VAN), utilizando como tasa de descuento la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) del 15%. Este indicador permite estimar el valor presente de los flujos netos de efectivo generados durante el horizonte de evaluación, descontados al costo de oportunidad del capital. Un VAN positivo indicará que el proyecto genera valor por encima del rendimiento mínimo esperado, mientras que un VAN negativo evidenciaría que no cumple con la rentabilidad requerida.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_t}{(1+r)^t} \quad (9)$$

I_0 : inversión inicial del proyecto

FNE_t : flujo neto de efectivo en el año t

r : tasa interna de retorno TIR

t : año del flujo de efectivo

n : vida útil del proyecto

La **Tabla 26** presenta el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto sin considerar el financiamiento, considerando una tasa de descuento del 15%, la cual refleja el costo de oportunidad del capital y el nivel de riesgo asociado a la inversión. Los flujos proyectados incluyen la inversión inicial, el capital de trabajo, la depreciación, el valor de salvamento y la recuperación del capital de trabajo al final del horizonte de evaluación. El resultado obtenido muestra un VAN positivo de USD 7,912,314.42, lo que indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que además genera un valor adicional significativo, confirmando su viabilidad económica y financiera.

Tabla 26 Valor Actual Neto con TMAR del 15%

Año	Flujo de caja (USD)	Factor devaluación (15 %)	Flujo descontado
2025 (0)		1.00	-4,564,237.70
2026(1)	2,543,770.08	0.87	2,211,973.98
2027 (2)	2,919,404.58	0.76	2,207,489.29
2028 (3)	3,342,287.10	0.66	2,197,608.02
2029 (4)	3,788,333.03	0.57	2,165,991.70
2030 (5)	7,428,925.90	0.50	3,693,489.13
VAN			7,912,314.42

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 27** se muestran los resultados del VAN igualmente a una tasa de descuento del 15%, el proyecto considerando un financiamiento del 60%. Se puede observar que se mantuvo un VAN positivo, lo que demuestra que la rentabilidad supera de manera significativa la tasa mínima aceptable de rendimiento, incluso bajo un escenario financiero más exigente

Tabla 27 Valor actual neto con financiamiento 60%

Valor Actual Neto			
Año	Flujo de caja (USD)	Factor devaluación (15 %)	Flujo descontado
2025 (0)		1.00	-3,343,695.08
2026 (1)	1,896,862.81	0.87	1,649,445.93
2027 (2)	2,423,557.99	0.76	1,832,558.03
2028 (3)	3,161,472.79	0.66	2,078,719.68
2029 (4)	3,614,217.70	0.57	2,066,440.70
2030 (5)	8,394,902.82	0.50	4,173,750.38
VAN			8,457,219.62

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto se determinó a partir de los flujos netos de efectivo estimados a lo largo del horizonte de evaluación, considerando el escenario sin financiamiento externo. Como se muestra en la Tabla 28, el valor obtenido para la TIR es significativamente superior a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) del 15 %, lo que evidencia que el proyecto presenta una rentabilidad mayor al costo de oportunidad del capital. Este resultado indica que la inversión es financieramente viable, ya que los beneficios esperados compensan adecuadamente los recursos invertidos y el nivel de riesgo asociado al proyecto.

$$0 = -I_0 + \sum \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (10)$$

I_0 : inversión inicial del proyecto

FNE_t : flujo neto de efectivo en el año t

i : tasa de descuento o TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento)

t : año del flujo de efectivo

n : vida útil del proyecto

Tabla 28 Tasa Interna de Retorno

Tasa Interna de Retorno			
Año	Flujo de caja (USD)	Factor devaluación (15 %)	Flujo descontado
2025 (0)		1.00	-4,564,237.70
2026(1)	2,543,770.08	0.87	2,211,973.98
2027 (2)	2,919,404.58	0.76	2,207,489.29
2028 (3)	3,342,287.10	0.66	2,197,608.02
2029 (4)	3,788,333.03	0.57	2,165,991.70
2030 (5)	7,428,925.90	0.50	3,693,489.13
TIR			42%

Fuente: Elaboración propia

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, calculada con base en los flujos netos de efectivo proyectados, es de 42%, valor que supera ampliamente la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) establecida en 15%. Este resultado indica que el proyecto genera una rentabilidad significativamente superior al costo de oportunidad del capital, lo que confirma su alta viabilidad financiera. La diferencia sustancial entre la TIR y la TMAR demuestra que la inversión no solo recupera el capital invertido, sino que además produce un rendimiento considerablemente atractivo para el inversionista.

En la **Tabla 29** se muestran los resultados de la TIR bajo el escenario de financiamiento del 60 %. La Tasa Interna de Retorno financiera obtenida es aproximadamente del 75%, valor significativamente superior a la tasa mínima aceptable de rendimiento del 15%, lo que confirma que el proyecto no solo es viable, sino altamente rentable desde el punto de vista del inversionista.

Tabla 29 Tasa Interna de Retorno considerando financiamiento del 60%

Valor Actual Neto			
Año	Flujo de caja (USD)	Factor devaluación (15 %)	Flujo descontado
2025 (0)		1.00	-3,343,695.08
2026(1)	1,896,862.81	0.87	1,649,445.93
2027 (2)	2,423,557.99	0.76	1,832,558.03
2028 (3)	3,161,472.79	0.66	2,078,719.68
2029 (4)	3,614,217.70	0.57	2,066,440.70
2030 (5)	8,394,902.82	0.50	4,173,750.38
TIR			75%

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Relación Beneficio – Costo para escenario sin financiamiento

Con el objetivo de complementar los indicadores de rentabilidad obtenidos previamente, se procedió a calcular la Relación Beneficio/Costo (B/C), la cual permite evaluar la proporción entre los beneficios generados por el proyecto y la inversión requerida, expresados en términos de valor presente.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (11)$$

Bt = beneficios en el año t

Ct= costos en el año t

i = tasa de descuento (TMAR)

t = año del proyecto

n = vida útil del proyecto

Tabla 30 Relación Beneficio – Costo

Relación Beneficio Costo B/C	
VNA	1,649,445.93
	2,107,441.73
	2,078,719.68
	2,066,440.70
	4,173,750.38
VNA	12,075,798.41
B/C	6.37

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 30** presenta la Relación Beneficio/Costo (B/C) obtenida para el proyecto, expresada en términos de valor presente. El resultado evidencia que los beneficios generados superan ampliamente los costos asociados a la inversión y operación, confirmando la rentabilidad económica de la planta procesadora de cacao fino de aroma.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el proyecto demuestra una alta viabilidad económica y financiera. El Valor Actual Neto (VAN), calculado a una tasa de descuento del 15%, asciende a USD 7,9 millones, lo que indica una generación significativa de valor por encima de la inversión inicial. Asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 42% supera ampliamente la tasa mínima

aceptable de rendimiento, evidenciando una rentabilidad considerablemente superior al costo de oportunidad del capital. El período de recuperación de la inversión es inferior a un año, mientras que la Relación Beneficio/Costo (6.37) confirma que por cada dólar invertido se generan cinco dólares en valor presente. Finalmente, el análisis de sensibilidad demuestra que el proyecto mantiene su viabilidad incluso ante escenarios adversos, lo que refleja su solidez financiera y su capacidad de generar valor de manera sostenida.

7.4.5. Análisis de sensibilidad

Con el propósito de evaluar la solidez financiera del proyecto frente a posibles variaciones en las condiciones del mercado, se realizó un análisis de sensibilidad considerando cambios en dos variables críticas del modelo financiero: el precio de venta de los productos y el precio de adquisición del cacao como principal materia prima del proceso. Para ello, se plantearon escenarios pesimistas y optimistas con variaciones de $\pm 10\%$, manteniendo constantes las demás variables técnicas y operativas del proyecto.

Los resultados obtenidos muestran que el proyecto mantiene indicadores financieros favorables incluso bajo escenarios adversos. En el caso de la variación del precio de venta, una disminución del 10 % reduce el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); sin embargo, ambos indicadores permanecen en niveles superiores a los criterios mínimos de aceptación financiera, manteniéndose la viabilidad económica del proyecto. De igual forma, un incremento del 10 % en el precio de venta genera una mejora significativa en la rentabilidad, incrementando considerablemente el VAN y la TIR.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad aplicado al precio del cacao evidencia el impacto directo que tiene el costo de la materia prima sobre la rentabilidad del proyecto, debido a que representa el principal componente del costo variable de producción. Un incremento del 10 % en el precio del cacao provoca una disminución en los indicadores financieros; no obstante, el proyecto continúa presentando un VAN positivo y una TIR superior a la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) del 15 %, manteniendo su viabilidad financiera. En contraste, una reducción del 10 % en el costo de la materia prima mejora significativamente los resultados económicos del proyecto.

En consecuencia, el proyecto presenta una adecuada capacidad de resistencia frente a fluctuaciones moderadas tanto en los precios de venta como en el costo de la materia prima, evidenciando solidez financiera y capacidad sostenida de generación de valor durante el horizonte de evaluación.

La **Tabla 31** presenta los resultados del análisis de sensibilidad asociado a las variaciones en el precio de venta de los productos. Se observa que el proyecto mantiene indicadores financieros positivos incluso bajo un escenario pesimista de reducción del 10 % en los ingresos, evidenciando una adecuada capacidad de resistencia financiera frente a fluctuaciones moderadas del mercado.

Tabla 31 Análisis de sensibilidad

Indicadores Económicos			
Variación de precio de venta			
	-10%	Base	10%
VAN	3,736,037.07	7,912,314.42	12,088,591.77
TIR	21%	42%	62%

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 32** muestra el efecto de las variaciones en el precio del cacao como principal materia prima del proceso. Los resultados reflejan que un incremento en el costo del cacao reduce la rentabilidad del proyecto; sin embargo, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) permanecen en niveles favorables, confirmando la viabilidad financiera del proyecto bajo escenarios adversos de costos.

Tabla 32 Variación en precio de Cacao

Variación de precio de Materia prima			
	-10%	Base	10%
VAN	10,691,438.69	7,912,314.42	5,133,190.15
TIR	56%	42%	28%

Fuente: Elaboración propia.

7.4. Resultados de la definición de lineamientos de inocuidad y trazabilidad

Como resultado de la aplicación del enfoque integrado de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), sistema HACCP y la norma ISO 22000, se establecieron lineamientos básicos de inocuidad y trazabilidad para el proceso de transformación del cacao.

En primer lugar, se definieron **condiciones operativas basadas en BPM**, que garantizan un entorno higiénico adecuado en la planta, incluyendo limpieza de equipos, control del personal manipulador y manejo correcto de la materia prima, reduciendo el riesgo de contaminación durante el proceso productivo.

A partir del análisis bajo el sistema HACCP, se identificaron **puntos críticos de control (PCC)** en etapas clave del proceso, principalmente en:

- Recepción de materia prima (control de humedad y calidad del grano)
- Tostado (control de temperatura y reducción de carga microbiana)
- Almacenamiento (prevención de contaminación y deterioro del producto)

Estos controles permiten prevenir, eliminar o reducir riesgos físicos, químicos y microbiológicos.

Asimismo, se establecieron **parámetros técnicos de control**, tales como:

- Humedad del cacao $\leq 7 \%$
- Temperatura de tostado entre 110–140 °C
- Eficiencia de limpieza $\geq 95 \%$

Los cuales aseguran la estabilidad del proceso y la calidad del producto final.

En cuanto a la trazabilidad, conforme a los lineamientos de la norma ISO 22000, se definió un sistema que permite:

- Identificar proveedores de cacao
- Registrar lotes de producción
- Controlar el flujo del producto dentro de la planta

Esto garantiza el seguimiento del producto desde su origen hasta su comercialización.

En conjunto, los lineamientos propuestos permiten cumplir con requisitos básicos de inocuidad y trazabilidad exigidos para la exportación, fortaleciendo la calidad del producto y la competitividad del cacao procesado en Nicaragua.

8. CONCLUSIONES GENERALES

El cacao fino de aroma en Nicaragua presenta condiciones productivas favorables, evidenciándose un crecimiento sostenido de la producción nacional y su relevancia dentro del sector agroexportador. Asimismo, se identificó variabilidad en los atributos de calidad del grano según región agroecológica, lo cual constituye un factor determinante en su nivel de competitividad. Esta variabilidad puede ser gestionada mediante la estandarización de parámetros de procesamiento, permitiendo su aprovechamiento en procesos industriales con valor agregado.

El diseño del proceso productivo para la obtención de nibs, licor y polvo de cacao, estructurado en operaciones unitarias de limpieza, tostado, descascarillado, molienda, prensado y pulverización, evidenció coherencia técnica y viabilidad operativa. Los balances de materia y energía, así como los rendimientos y consumos energéticos estimados, son consistentes con estándares industriales, lo que garantiza la eficiencia del proceso bajo las condiciones planteadas.

El análisis financiero del proyecto, tanto en escenarios sin financiamiento como con una estructura de deuda equivalente al 60 % de la inversión, demuestra la viabilidad económica de la propuesta. Se obtienen indicadores favorables, incluyendo generación sostenida de utilidades y flujos de efectivo positivos durante todo el horizonte de evaluación, lo que confirma la rentabilidad del proyecto.

El estudio integró los requerimientos normativos nacionales e internacionales, incluyendo NTON, RTCA, Codex, ISO 22000 y HACCP, como criterios de diseño conceptual de la planta. Este enfoque garantiza la inocuidad, trazabilidad y cumplimiento regulatorio del proceso productivo, permitiendo su proyección hacia mercados de exportación con altos estándares de calidad.

En términos generales, el estudio confirma la viabilidad técnica y económica de una planta procesadora de cacao fino de aroma en Nicaragua, evidenciando que el desarrollo del sector no depende únicamente del incremento en la producción primaria, sino de la implementación de procesos de transformación industrial que permitan generar mayor valor agregado, mejorar la competitividad y fortalecer la inserción en mercados internacionales. El modelo propuesto constituye una base técnica y metodológica para futuras iniciativas de industrialización en la cadena de valor del cacao.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda fortalecer la articulación entre actores del sector cacaotero mediante la promoción de alianzas público-privadas en Nicaragua, orientadas a mejorar la calidad del cacao a nivel de finca. Esto incluye programas de asistencia técnica en fermentación y secado, así como incentivos fiscales y mecanismos de financiamiento preferencial que reduzcan el riesgo inicial de inversión y contribuyan a la estandarización de la materia prima.

Se recomienda complementar el estudio con evaluaciones más detalladas de impacto ambiental y social, que permitan evidenciar los beneficios del proyecto en términos de generación de empleo, dinamización económica rural y sostenibilidad ambiental, asegurando su alineación con las normativas vigentes y estándares internacionales

Se sugiere analizar la diversificación de la cartera de productos mediante el desarrollo de derivados de mayor valor agregado, como chocolate de cobertura, manteca fraccionada o productos con aplicación en la industria cosmética. Esta estrategia permitiría mejorar los márgenes de rentabilidad y reducir la dependencia de productos intermedios como nibs, licor y polvo de cacao.

Se recomienda, en fases posteriores del proyecto, evaluar la incorporación de tecnologías complementarias para el procesamiento avanzado del cacao, tales como refinado, desodorizado y estandarización de manteca de cacao. Estas mejoras permitirían optimizar el aprovechamiento de los subproductos y aumentar el nivel de transformación industrial dentro de la planta.

Se recomienda desarrollar un estudio de mercado detallado que permita obtener información más precisa sobre la demanda, precios, segmentos de clientes y canales de comercialización de productos derivados del cacao, tales como nibs, licor y polvo de cacao. Este análisis permitiría fortalecer la toma de decisiones en los estudios técnicos y financieros, particularmente en la definición de la capacidad de producción, proyecciones de ingresos y estrategias de comercialización, reduciendo así el nivel de incertidumbre asociado al proyecto.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Afoakwa. (2014). *Cocoa production and processing technology*. CRC Press.
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos (7a Ed)*. McGraw-Hill Interamericana.
- Bühler Group. (2023). *Cocoa processing solutions*. Obtenido de Referencias comerciales: <https://www.buhlergroup.com/>
- Codex. (1981). Codex Alimentarius Commission. En FAO/WHO, *Codex Standard for Cocoa Beans (Codex STAN 105-1981)*.
- Codex STAN. (105-1981). En C. A. Commission, *Codex Standard for Cocoa Beans (Codex STAN 105-1981)*.3 FAO/WHO.
- COMIECO. (2006). Reglamento técnico centroamericano sobre buenas prácticas de manufactura para establecimientos procesadores de alimentos. RTCA 67.01.33:06.
- COMIECO. (2017). RTCA 67.04.50:17. *Reglamento técnico centroamericano sobre criterios microbiológicos para la inocuidad de los alimentos*.
- DGA. (2015). Dirección General de Servicios Aduaneros.
- FAO&OMS. (2003). *SISTEMA HACCP*.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2020). *FAO Agricultural Development Economics Technical Studies*. <https://doi.org/10.4060/cc4896es>. FAO.
- Food and Drug Administration (FDA), 21CFR PART 117. (2015).
- GSR Cocoa Machinery. (2021). *Cocoa processing equipment and technology manual*.
- Hosokawa Micron Group. (2023). *Industrial milling and pulverizing systems*. Obtenido de Referencia Comercial: <https://www.hosokawamicron.com/>
- International Cocoa Organization [ICCO]. (2023). *Fine flavour cocoa: Overview and classification of cocoa origins*. [https://enter.chocolateawards.com/competitions/world-final-competitions/world-final-2025-winners/#:~:text=The%20High%20Percentage%20category%20\(85,with%20also%20three%20special%20prizes](https://enter.chocolateawards.com/competitions/world-final-competitions/world-final-2025-winners/#:~:text=The%20High%20Percentage%20category%20(85,with%20also%20three%20special%20prizes).
- International Cocoa organization ICCO. (2015). *Fine flavour cocoa: Overview and classification of cocoa origins*.
- ISO. (22000:2018). *International Organization for Standardization*. <https://www.iso.org/cms/live/live/es/sites/isoorg/contents/data/standard/06/54/65464.html>.

- ISO. (2451:2017). International Organization for Standardization. *Norma internacional que define los requisitos para los granos de cacao, cubriendo clasificación, muestreo, pruebas, envasado y marcado.*
- KewScience. (2023). *Theobroma cacao L. Plants of the World*. Obtenido de <https://powo.science.kew.org/>.
- MAG. (2018). Ministerio Agropecuario. *Informe anual de producción nacional de cacao. Managua, Nicaragua: MAG.*
- Manual BEAR Cocoa. (2021). BEAR cocoa. *Cocoa processing manual: Post-harvest handling, roasting, winnowing and grinding.*
- MARENA. (2014). MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.
- MIFIC. (2008). Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses relacionadas con cacao, chocolate y cacao en polvo.
- MIFIC. (2009). NTON 03 090-09. *Cacao en polvo y mexclas de cacao con azucar. Normativa Nacional.*
- Minifie, B. W. (2012). Chocolate, cocoa and confectionery: Science and technology (3rd ed.). Springer.
- Ministerio de Fomento Industria y Comercio. (2008). NTON 03 082-08. *Chocolate y productos de chocolate. Normativa Nacional.*
- MINSA. (2010). Ministerio de Salud.
- NTON 11 042-14. (2014). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Certificación de Material Propagativo de Cacao.*
- Royal Duyvis Wiener. (2023). *Cocoa processing equipmen*. Obtenido de Referencia Comercial: <https://www.duyviswiener.com/>

11. ANEXO

Los datos de producción de Cacao para Nicaragua entre 2020 y 2024 combinan cifras oficiales reportadas por el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) y MAG y Ministerio Agropecuario (MAG) estimaciones basadas en tendencias históricas del sector agrícola en la Tabla A33.

Tabla 33 Oferta nacional y demanda internacional de Cacao

Año	Producción nacional (ton)
2020	9,100
2021	9,350
2022	9,600
2023	9,750
2024	9,900

Fuente: Elaboración propia. con base en estadísticas de producción de cacao del Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA), Ministerio Agropecuario (MAG) y reportes sectoriales de cacao en Nicaragua.

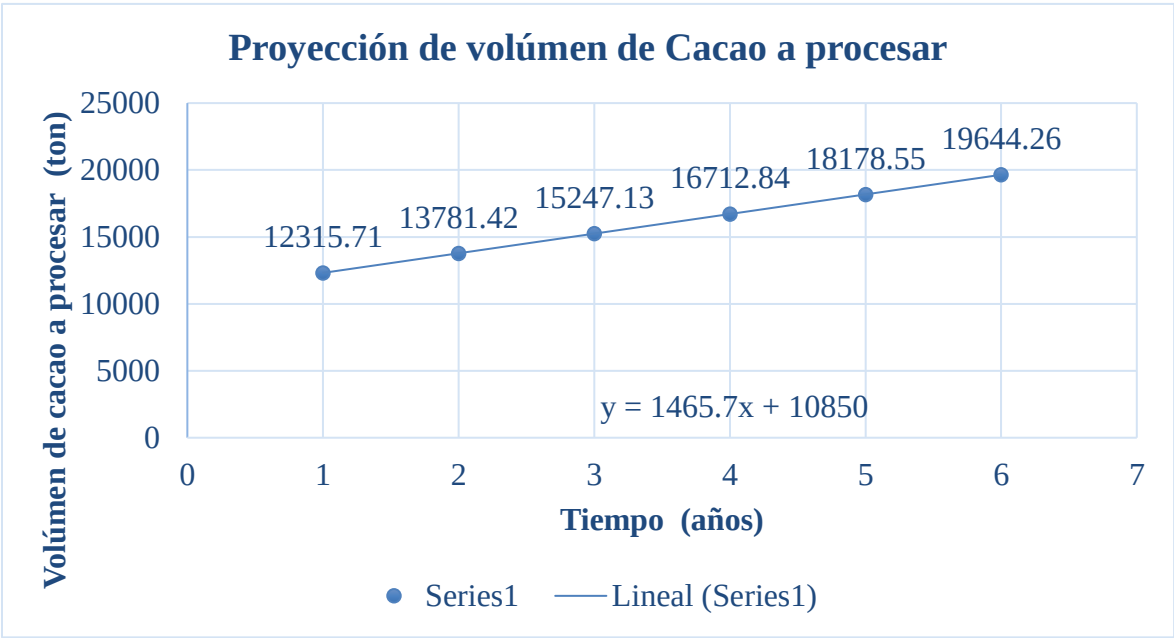


Ilustración 1 Proyección de tendencia de producción de Cacao

Tabla 34 Proyección estimada de volúmenes de producción de Cacao

Indicador	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Producción nacional	12,500.00	13,750.00	15,100.00	16,560.00	18,130.00	19,840.00

Fuente: Elaboración propia

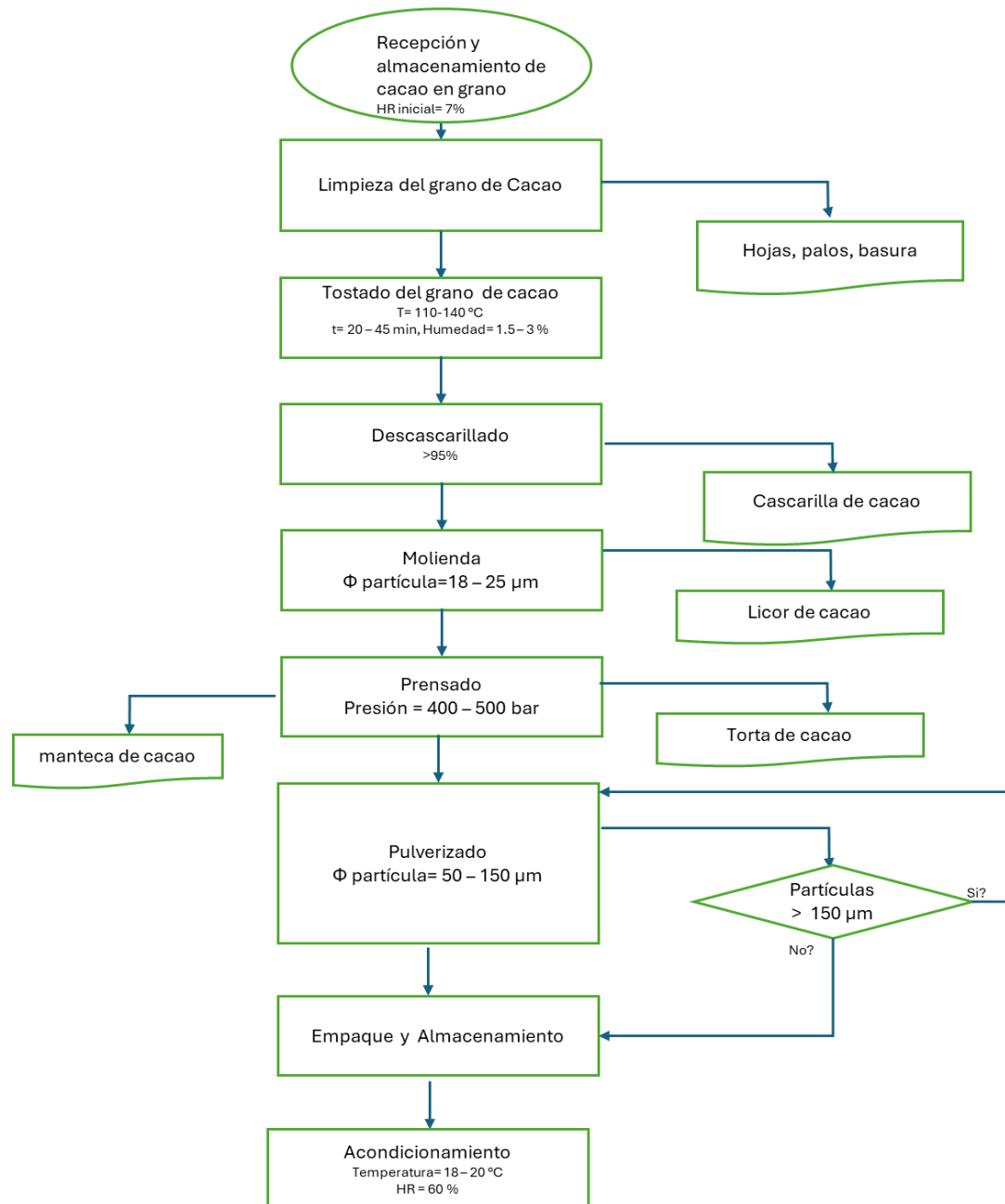


Ilustración 2 Diagrama de flujo de proceso

Tabla 35 Balance de Materia y Energía año 2027

Balance de Materia y Energía año 2027				
Etapas de Proceso	Entrada (ton)	Salida (ton)	Pérdidas %	Rendimientos %
Limpieza	7,550.00	7,399.00	2%	98%
Tostado	7,399.00	7,177.03	3%	97%
Descascarillado	7,177.03	6,027.27	14%	84%
Molienda	5,954.94	5,895.39	1%	99%
Prensado	2,652.93	2,601.73	2%	98%
Balance de Energía para tostado				
Calor total útil KJ/h	Pérdidas térmicas 15%	Requerimiento total térmico (KJ/h)		
238,638.08	35,795.71	274,433.79		

Fuente: Elaboración propia con base en balances de materia y energía aplicados a procesos de transformación de cacao reportados por Baca Urbina (2013), y ONUDI (2019).

Tabla 36. *Balance de materia y Energía año 2028*

Balance de Materia y Energía año 2028				
Etapas de Proceso	Entrada (ton)	salida (ton)	Pérdidas %	Rendimientos %
Limpieza	8,280.00	8,114.40	2%	98%
Tostado	8,114.40	7,870.97	3%	97%
Descascarillado	7,870.97	6,610.04	14%	84%
Molienda	6,530.72	6,465.41	1%	99%
Prensado	2,909.44	2,853.28	2%	98%
Balance de energía para tostado				
Calor total útil	Pérdidas térmicas		Requerimiento total	
KJ/h	15%		térmico (KJ/h)	
261,711.69	39,256.75		300,968.45	

Fuente: Elaboración propia con base en balances de materia y energía aplicados a procesos de transformación de cacao reportados por Baca Urbina (2013), y ONUDI (2019).

Tabla 37 Balance de Materia y Energía año 2030

Balance de Materia y Energía año 2030				
Etapa de Proceso	Entrada (ton)	salida (ton)	Pérdidas %	Rendimientos %
Limpieza	9,920.00	9,721.60	2%	98%
Tostado	9,721.60	9,429.95	3%	97%
Descascarillado	9,429.95	7,919.27	14%	84%
Molienda	7,824.24	7,746.00	1%	99%
Prensado	3,485.70	3,418.43	2%	98%
Balance de energía para tostado				
Calor total útil	Pérdidas térmicas		Requerimiento total	
KJ/h	15%		térmico (KJ/h)	
313,548.31	47,032.25		360,580.55	

Fuente: Elaboración propia con base en balances de materia y energía aplicados a procesos de transformación de cacao reportados por Baca Urbina (2013) y ONUDI (2019).

Tabla 38 Amortización de préstamo

Tabla de amortización de la deuda					
Inversion total		4,564,237.70			
Financiamiento		2,738,542.62			
Tasa		0.095			
Año	Saldo inicial (USD)	Amortización (USD)	Intereses 9.5 % (USD)	Pago total (USD)	Saldo final (USD)
					-2,738,542.62
1	2,738,542.62	547,708.52	260,161.55	807,870.07	2,190,834.10
2	2,190,834.10	547,708.52	208,129.24	755,837.76	1,643,125.57
3	1,643,125.57	547,708.52	156,096.93	547,708.52	1,095,417.05
4	1,095,417.05	547,708.52	104,064.62	651,773.14	547,708.52
5	547,708.52	547,708.52	52,032.31	599,740.83	0.00

Fuente: Elaboración propia

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	65-BDE5C-6		
NOMBRE	DAVILA YESCAS MARIA INMACULADA		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	F
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	DIFCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	9
AÑO	GRUPO	ASIGNATURA	
6	DIFCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS	

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.

Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

FECHA: 02/03/2026 11:08:16

Creado Por: DPEREZ3

Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:

-- NUEVO INGRESO 2026:

--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO

--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO --

DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO --REINGRESO

2026:

-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.

--PRESENCIAL: 9 DE MARZO

--SABATINO: 7 DE MARZO

--DOMINICAL: 8 DE MARZO

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6B-14500-2		
NOMBRE	OROZCO MARTINEZ JOSEPH EZAU		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	DIFCE-QUI-R
SIT. ESC	NUEVO INGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	8
AÑO	GRUPO	ASIGNATURA	
6	DIFCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS	

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.

Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

FECHA: 02/03/2026 11:27:21

Creado Por: DPEREZ3

Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:

-- NUEVO INGRESO 2026:

--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO

--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO --

DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO --REINGRESO

2026:

-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.

--PRESENCIAL: 9 DE MARZO

--SABATINO: 7 DE MARZO

--DOMINICAL: 8 DE MARZO

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	65-31424-0		
NOMBRE	FAJARDO LOPEZ GERMAN GEOVANNY		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	DIFCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2003
AÑO	GRUPO	ASIGNATURA	
6	DIFCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS	

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.

Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

FECHA: 02/03/2026 03:46:35

Creado Por: DPEREZ3

Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:

-- NUEVO INGRESO 2026:

--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO

--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO --

DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO --REINGRESO

2026:

-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.

--PRESENCIAL: 9 DE MARZO

--SABATINO: 7 DE MARZO

--DOMINICAL: 8 DE MARZO