Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

PROPUESTA DE UNA UNIDAD DE PROCESAMIENTO PARA PRODUCIR ERITRITOL DERIVADO DEL ALMIDÓN DE MAÍZ

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. CAMILA DEL CARMEN CHAVEZ MARÍN
2019- 0862U

Br. KENNIA AZUCENA URBINA FLORES
2010-33750

Tutor:

MSc. JAVIER ANTONIO PAVÓN GAITÁN

21 de julio 2026
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

Este es un momento muy significativo en mi vida, ya que representa la culminación de una de mis metas más importantes y el resultado de años de esfuerzo, dedicación y perseverancia.

Dedico esta tesis, primeramente, a Dios, por ser mi fuente de fe, esperanza y fortaleza, por nunca abandonarme y guiarme en cada paso de este camino.

A mi mamá Elsa María Marín y a mi papá, Omar Antonio Chávez, por todo su amor, apoyo y sacrificio. Gracias por impulsarme siempre a estudiar, salir adelante y luchar por mis sueños, por nunca dejar que me faltara nada y por estar conmigo en cada etapa de mi vida. Los amo profundamente y este logro también es de ustedes.

A mis hermanas, Katia Chávez Marin y Kennia Urbina Flores, mujeres fuertes, profesionales e independientes que han sido un gran ejemplo para mí. Katia, porque crecí admirándote y gracias a vos nació en mí el sueño de convertirme en ingeniera. Y a Kennia, mi compañera de tesis, por su compromiso, dedicación y apoyo durante todo este proceso. Las amo mucho.

A mi prometido, Brandon Ortega Salinas, por ser mi refugio y fortaleza durante mi carrera universitaria, por acompañarme en los momentos buenos y difíciles y por creer siempre en mí. Gracias por tu apoyo incondicional y por ayudarme de tantas maneras a alcanzar esta meta, incluso brindándome las herramientas necesarias para continuar mis estudios y culminar esta tesis.

A mi mejor amiga, Génesis Paredes Meza, por su amistad sincera, su compañía leal y por todos los momentos compartidos que siempre guardaré en mi corazón. Gracias por estar conmigo incluso en los días más difíciles, por cada consejo, cada risa y cada palabra de ánimo. Eres, sin duda, el regalo más valioso que me dejó la universidad.

“Los sueños se alcanzan con fe, esfuerzo y el amor de quienes nunca nos sueltan la mano.”

Camila Del Carmen Chávez Marín

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios sobre todas las cosas, por ser mi guía, mi fortaleza y la luz que ha iluminado cada paso de este camino. En los momentos de mayor dificultad, su presencia me sostuvo y me permitió continuar con fe, recordándome que cada esfuerzo tiene un propósito y que nunca estoy sola.

A mi madre, Maribel Flores Valle, por su amor incondicional, cuya entrega, esfuerzo y sacrificio valoro profundamente, siendo el pilar fundamental en cada uno de mis logros. A mi segunda madre, Elsa María Marín, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por su compañía constante y por brindarme siempre su cariño y respaldo. A mi hijo y a mi esposo, quienes son mi mayor inspiración y el motor que impulsa cada uno de mis sueños, recordándome día a día la razón de seguir adelante.

A mi hermana y compañera de tesis, Camila Chávez Marin, a quien agradezco sinceramente por su compromiso, su apoyo y su dedicación durante este proceso. Me llena de orgullo ver en la mujer fuerte e inteligente en la que te has convertido, y deseo de corazón que este sea solo uno de los muchos logros que están por venir en tu vida.

A mis profesores, por compartir sus conocimientos, su experiencia y por contribuir de manera significativa a mi formación académica y personal. Su guía ha sido fundamental en el camino que hoy culmina.

“Que este logro sea el reflejo del esfuerzo, la fe y el amor de quienes han sido parte de este camino, y el inicio de muchos sueños por alcanzar.”

Kennia Azucena Urbina Flores

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por ser nuestra guía, fortaleza y refugio durante cada etapa de este camino académico. Gracias por brindarnos salud, sabiduría, entendimiento y perseverancia para enfrentar cada reto presentado a lo largo de nuestra formación profesional. Su bendición y acompañamiento constante nos permitieron mantenernos firmes hasta alcanzar esta importante meta.

A nuestro estimado tutor, MSc. Javier Antonio Pavón Gaitán, expresamos nuestro más sincero agradecimiento por su invaluable apoyo, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, conocimientos, observaciones técnicas y orientación profesional fueron fundamentales para fortalecer cada etapa de este trabajo. Gracias por motivarnos a dar siempre lo mejor de nosotros, por su paciencia, confianza y compromiso con nuestra formación como futuros ingenieros químicos.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Química de nuestra alma mater, agradecemos profundamente por transmitirnos con dedicación sus conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de nuestra formación universitaria. Cada uno de ustedes aportó significativamente a nuestro crecimiento académico y profesional, convirtiéndose en referentes, orientadores y ejemplo de compromiso y excelencia profesional.

Kennia Azucena Urbina Flores

Camila Del Carmen Chavez Marín

RESUMEN

El presente estudio propone el diseño de una unidad de procesamiento para la producción de eritritol a partir de almidón de maíz, como una alternativa para el desarrollo de la industria alimentaria en Nicaragua. La propuesta se encuentra alineada con los lineamientos del Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio (PNPCC) 2025–2026, promoviendo la diversificación agroindustrial y la incorporación de productos con mayor valor agregado.

El proyecto comprende tres componentes principales: estudio de mercado, estudio técnico y evaluación económico-financiera. En el estudio de mercado se identificó una demanda potencial insatisfecha de 136.12 toneladas anuales en el Distrito I de Managua, evidenciando la oportunidad de introducir el eritritol como sustituto del azúcar convencional. Asimismo, se determinó una aceptación favorable del consumidor hacia productos asociados a tendencias de alimentación más saludables.

En el estudio técnico se diseñó el proceso productivo para la obtención de eritritol mediante operaciones de pretratamiento, fermentación aeróbica con levaduras del género Moniliella, purificación, concentración, cristalización, secado y envasado. Con base en la demanda proyectada, se estableció una capacidad de diseño de 72.22 toneladas anuales, considerando criterios de eficiencia operativa y viabilidad industrial.

Por su parte, el análisis económico-financiero contempló la estimación de inversiones, costos de operación y evaluación de indicadores como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio-Costo (B/C), con el propósito de determinar la rentabilidad del proyecto.

El diseño incorpora criterios orientados al uso eficiente de materias primas, agua y energía durante las diferentes etapas del proceso productivo. En conclusión, el proyecto representa una alternativa viable para contribuir al desarrollo de la industria alimentaria nacional mediante la incorporación de un edulcorante funcional de creciente demanda.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 2
2.1 Objetivo general 2
2.2 Objetivos específicos 2
III. MARCO TEÓRICO 3
3.1. Unidad de Procesamiento 3
3.2. Edulcorantes naturales 3
3.3. Tipos de edulcorantes 3
3.3.1. Eritritol 3
3.4. Almidón de maíz 4
3.4.1. Propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz 4
3.5. Fermentación microbiana 5
3.5.1. Levadura (Moniliella pollinis) 5
3.5.2. Fuentes de nitrógeno 5
3.5.3. Sales 6
3.5.4. Oligoelementos 6
3.5.5. Enzimas 6
3.6. Formulaciones 7
IV. METODOLOGÍA 8
4.1. Estudio de Mercado 8
4.2. Estudio Técnico 10
4.2.1. Proceso de Productivo 10
4.2.2. Balances de materia y energía 11
4.2.3. Proceso productivo del eritritol 12
4.2.4. Diseño de plantas 20
4.3. Estudio financiero 23
4.3.1. Inversión financiera 23
4.3.2. Costos de operación 23
4.3.3. Fuentes de financiamiento 24
4.3.4. Depreciación 24

4.3.5. Estados de resultado y análisis financiero 25
4.3.6. Análisis de sensibilidad 25
V. RESULTADOS Y DISCUSION 26
5.1. Estudio de Mercado 26
5.1.1. Definición del producto 26
5.1.2. Materia prima e insumos 26
5.1.3. Área Geográfica del Mercado Meta 27
5.1.4. Material de Empaque 27
5.1.5. Análisis de la demanda 28
5.1.6. Demanda Actual Local 33
5.1.7. Proyección de la Demanda Local 2026-2030 34
5.1.8. Análisis de la Oferta 34
5.1.9. Demanda Potencial Insatisfecha 35
5.1.10. Análisis de Precios 35
5.1.11. Comercialización 37
5.2. Estudio Técnico 38
5.2.1. Tamaño de la Planta 38
5.2.2. Capacidad de Diseño 39
5.2.3. Capacidad del Sistema 39
5.2.4. Capacidad Real 40
5.2.5. Localización de la Planta 40
5.2.6. Descripción del Proceso Productivo 45
5.2.7. Requerimientos Tecnológicos 57
5.2.8. Obras Civiles 74
5.2.9. Cronograma de actividades 81
5.2.10. Planificación del Talento Humano 82
5.3. Estudio Financiero 99
5.3.1. Inversión 99
5.3.2. Costos de producción 109
5.3.3. Capital de trabajo 121
5.3.4. Fuentes de financiamiento 124
5.3.5. Ingresos 127

5.3.6. Precio de venta 128
5.3.7. Proyección de ingresos 129
5.3.8. Resultados de análisis financiero 131
5.3.9. Estados financieros 131
5.3.10. Decisión 135
5.3.11. Beneficio-Costo (B/C) 136
5.3.12. Rentabilidad Total 137
5.3.13. Riesgo y Presión Inicial 138
5.3.14. Periodo de Recuperación 138
5.3.15. Decisión 138
5.3.16. Análisis de sensibilidad 138
5.4. Impacto Ambiental 142
5.4.1. Aprovechamiento sostenible 142
5.4.2. Gestión de residuos y enfoque de economía circular 143
5.4.3. Eritritol como opción saludable frente al azúcar 143
VI. CONCLUSIONES 144
VII. RECOMENDACIONES 145
VIII. BIBLIOGRAFÍA 146
Baca Urbina, G. (2001). Evaluación de proyectos (Cuarta ed.). México: McGraw-Hill. 149
INATEC. (2018). Manual para el protagonista higiene y seguridad del trabajo. Recuperado 2026 de: 149
IX. ANEXOS 150
9.1. Anexo I. Formato de encuestas a utilizar en el Estudio de Mercado 150
9.2. Anexo II. cálculos de Balance de masa y energía 153
9.3. Anexo III. Fichas técnicas de los equipos de proceso 163

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma del proceso productivo de eritritol a partir de almidón de maíz. . 19

Figura 2. Diagrama Organizacional de operaciones de la planta de producción..... 22

Figura 3. Diagrama de barras de la distribución por edades de las personas encuestadas. 29

Figura 4. Diagrama de pastel de frecuencia de consumo de edulcorantes o azucares de las personas encuestadas..... 30

Figura 5. Diagrama de barras de los puntos de venta preferidos por los encuestados.32

Figura 6. Canal de Distribución Corto..... 37

Figura 7: Flujograma del proceso de producción de Eritritol derivado del almidón de maíz. 56

Figura 8. Matriz System Layout Plan (SLP)..... 78

Figura 9. Diagrama de hilo 79

Figura 10. Plano general maestro 80

Figura 11. Organigrama de operaciones de la planta de producción 97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación propuesta para el eritritol a partir de almidón de maíz. 7
Tabla 2. Criterios para localización de la planta (ejemplo). 21
Tabla 3. Puntaje y asignación cualitativa 21
Tabla 4. Algunas características fisicoquímicas del eritritol 26
Tabla 5. Proyección de la demanda local 2026-2030 34
Tabla 6. Precios de los productos competencias en diferentes puntos de venta. 36
Tabla 7. Proyección del volumen de producción 2026-2030 38
Tabla 8. Capacidad de diseño, capacidad del sistema y capacidad real de la planta .. 40
Tabla 9. Valores asignados a los factores de localización 41
Tabla 10. Puntaje y asignación cualitativa 42
Tabla 11. Especificaciones del terreno 1 43
Tabla 12. Especificaciones del terreno 2 44
Tabla 13. Tabla de puntajes ponderados 45
Tabla 14. Programa de producción 2026-2030 47
Tabla 15. Flujos másicos de cada una de las corrientes del proceso 2026-2030. 54
Tabla 16. Resultados del balance de energía en las etapas del proceso requeridas ... 55
Tabla 17. Requerimientos de los equipos del proceso. 57
Tabla 18. Materiales requeridos en el área producción 59
Tabla 19. Requerimientos de materia prima e insumos 2026-2030 59
Tabla 20.Requerimientos de empaques para eritritol 2026-2030 60
Tabla 21. Mobiliario y materiales requeridos en el área admirativa-financiera 61
Tabla 22. Requerimientos de equipos en el área de control de calidad 64
Tabla 23. Requerimientos de materiales y reactivos del área de control de calidad 65
Tabla 24.Mobiliario y materiales requeridos en el área de comedor/casillero 66
Tabla 25. Requerimientos del área de servicios sanitarios. 67
Tabla 26. Requerimientos de agua 2026-2030 69
Tabla 27. Requerimientos de combustible 2026-2030 69
Tabla 28. Requerimientos energéticos de los equipos del proceso 70
Tabla 29. Requerimientos energéticos de los equipos del área de control de calidad . 71

Tabla 30. Requerimientos energéticos de los equipos del área administrativa- financiera 72
Tabla 31. Requerimientos energéticos de los equipos de las áreas comedor/casillero 72
Tabla 32. Materiales indirectos de la planta..... 74
Tabla 33. Distribución de la planta por área 77
Tabla 34. Código de orden de proximidad entre áreas de la planta 78
Tabla 35. Leyenda del diagrama de hilos 79
Tabla 36. Programa de actividades 81
Tabla 37. Ficha ocupacional del gerente general 82
Tabla 38. Ficha ocupacional del administrador de RRHH Y finanzas..... 83
Tabla 39. Ficha ocupacional del jefe de producción 84
Tabla 40. Ficha ocupacional del asistente de administración 85
Tabla 41. Ficha ocupacional del supervisor de turno..... 86
Tabla 42. Ficha ocupacional del operario de producción..... 87
Tabla 43. Ficha ocupacional del operario de empaque 88
Tabla 44. Ficha ocupacional del jefe de higiene, seguridad y calidad 89
Tabla 45. Ficha ocupacional del analista y monitor de calidad 90
Tabla 46. Ficha ocupacional del técnico de mantenimiento..... 91
Tabla 47. Ficha ocupacional del encargado de almacén y bodega 92
Tabla 48. Ficha ocupacional del encargado de ventas..... 93
Tabla 49. Ficha ocupacional del vendedor 94
Tabla 50. Ficha ocupacional del auxiliar de limpieza..... 95
Tabla 51. Ficha Ocupacional del vigilante 96
Tabla 52. Mano de obra directa..... 98
Tabla 53. Mano de obra indirecta 99
Tabla 54. Equipos de producción 100
Tabla 55. Materiales del área de producción..... 102
Tabla 56. Equipos de transporte..... 102
Tabla 57. Mobiliario y materiales del área administrativa - financiera..... 103
Tabla 58. Equipos del área de control de calidad 104
Tabla 59. Materiales y reactivos del área de control y calidad..... 105

Tabla 60. Mobiliario y materiales del área de comedor/casilleros 106
Tabla 61. Mobiliario y materiales del área de servicios sanitarios 106
Tabla 62*. Obras Civiles* 107
Tabla 63. Inversión de activos fijos 107
Tabla 64. Inversión de activos diferidos 109
Tabla 65. Costos de almidón de maíz 2026-2030 110
Tabla 66.Costos de propagación y mantenimiento del inoculo microbiológico (moniliella pollinis) 2026 - 2030 111
Tabla 67. Costos de agua totales 2026 - 2030 111
Tabla 68. Costos totales de materia prima e insumos 2026 - 2030 111
Tabla 69. Costos totales de cajas de 100 sachets 2026 - 2030 112
Tabla 70. Costos totales de caja de 50 sachets de 5g (250 g) 2026-2030 112
Tabla 71. Costos totales de bolsas de 1 lb (453.6 g) 2026-2030 113
Tabla 72. Costos totales de bolsas de 2 lb (907.2 g) 2026-2030 113
Tabla 73. Costos de los materiales indirectos de la planta 114
Tabla 74. Costos de mano de obra 115
Tabla 75. Costo consumo de agua 2026-2030 116
Tabla 76. Costos de consumo de combustible 116
Tabla 77. Costos de consumos energéticos 116
Tabla 78. Depreciación de los equipos de producción 117
Tabla 79. Depreciación de materiales del área de producción. 117
Tabla 80. Depreciación de equipos de transporte 118
Tabla 81. Depreciación de mobiliario y materiales del área administrativa-financiera 118
Tabla 82. Depreciación de equipos del área de control de calidad 118
Tabla 83. Depreciación de materiales del área de control de calidad 119
Tabla 84. Depreciación de mobiliario y materiales del área de comedor/casillero 119
Tabla 85. Depreciación de mobiliario y materiales del área de servicios sanitarios ... 120
Tabla 86. Depreciación total anual. 120
Tabla 87. Costos totales de operación 121
Tabla 88. Activos circulantes 123
Tabla 89. TMAR primera propuesta 125

Tabla 90. TMAR segunda propuesta 125
Tabla 91. inversión inicial..... 126
Tabla 92. Formas de financiamiento..... 126
Tabla 93. Costos unitarios 128
Tabla 94. Precio de venta del producto 129
Tabla 95. Ingresos por venta del producto en presentación de cajas de 100 sachets de 5g 2026-2030 129
Tabla 96. Ingresos por venta del producto en presentación de cajas de 50 sachets de 5g 2026-2030 130
Tabla 97. Ingresos por venta del producto en presentación de bolsa de 1lb 2026-2030 130
Tabla 98. Ingresos por venta del producto en presentación de bolsa de 2lb 2026-2030 130
Tabla 99. Proyección de ingresos totales por venta del producto 2026-2030..... 131
Tabla 100. Estado de resultado sin financiamiento 132
Tabla 101. Estado de resultado con el 70% de financiamiento 133
Tabla 102. Estado de resultado con el 50% de financiamiento 134
Tabla 103. VAN Y B/C para estado de resultado sin financiamiento 136
Tabla 104. VAN Y B/C para estado de resultado con el 70% de financiamiento 137
Tabla 105. VAN Y B/C para estado de resultado con el 50% de financiamiento 137
Tabla 106. Estado de resultado con disminución del 20% en los ingresos de la planta 140
Tabla 107. VAN y B/C con disminución del 20% en los ingresos 140
Tabla 108. Estado de resultado con aumento del 20% en los ingresos de la planta .. 141
Tabla 109. VAN y B/C con aumento del 20% de los ingresos 141

I. INTRODUCCIÓN

El eritritol ($C_4H_{10}O_4$) es un edulcorante natural aprobado en diversos países para su uso como aditivo alimentario y actualmente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica. Se encuentra de forma natural en pequeñas cantidades en bebidas alcohólicas, hongos y frutas como peras, uvas y sandía. Este compuesto posee aproximadamente el 70% del poder edulcorante de la sacarosa y genera una sensación refrescante en la boca debido a su calor de disolución negativo. Entre sus principales características destaca su bajo aporte energético, equivalente a 0.2 kcal/g, además de su rápida absorción intestinal y eliminación a través de la orina. Asimismo, no provoca incrementos significativos en los niveles de glucosa e insulina en sangre, por lo que es apto para personas diabéticas y no contribuye a la formación de caries dentales. (Council, Polioles, 2019).

En la actualidad, el incremento de enfermedades asociadas al consumo excesivo de azúcar, como obesidad y diabetes, ha generado una creciente demanda de alimentos más saludables y funcionales. En este contexto, el eritritol representa una alternativa viable como sustituto del azúcar convencional debido a sus propiedades edulcorantes y beneficios para la salud. Sin embargo, su producción y comercialización continúan siendo limitadas en comparación con otros polioles debido a sus altos costos de elaboración y a la dependencia de importaciones, lo que evidencia la necesidad de desarrollar procesos productivos que permitan su obtención a nivel nacional.

a producción de eritritol a partir de almidón de maíz se presenta como una oportunidad para impulsar el desarrollo agroindustrial de Nicaragua mediante la incorporación de procesos biotecnológicos modernos y la elaboración de productos de mayor valor agregado. Este proyecto se encuentra alineado con los objetivos del Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio (PNPCC) 2025–2026, especialmente en lo relacionado con el fortalecimiento de la agroindustria, la modernización tecnológica y la promoción de alimentos saludables. Además, la instalación de una planta procesadora de eritritol contribuiría a la generación de empleo, al fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas agroindustriales y a la reducción de la dependencia de productos importados, favoreciendo la competitividad del sector alimentario nicaragüense.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Proponer una unidad de procesamiento dedicada a la elaboración de eritritol de almidón de maíz, considerando elementos de ingeniería de procesos, el entorno de mercado y la sostenibilidad financiera.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar la demanda potencial insatisfecha de los consumidores y las oportunidades de comercialización para el eritritol en un mercado objetivo.
- Desarrollar el estudio técnico del proceso productivo mediante la caracterización de las operaciones unitarias, el cálculo de balances de materia y energía, y la definición de los requerimientos tecnológicos para la planta.
- Evaluar la factibilidad económica y financiera del proyecto mediante la estimación de inversiones, costos, ingresos y el análisis de indicadores financieros (VPN, TIR, B/C).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Unidad de Procesamiento

En el ámbito de la ingeniería química y de alimentos, una unidad de procesamiento se define como cada etapa o equipo donde se lleva a cabo una transformación física, química o biológica de una materia prima con el objetivo de obtener un producto con valor agregado. Estas unidades incluyen operaciones como mezcla, calentamiento, enfriamiento, fermentación o separación, y su diseño se basa en principios de transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento, buscando eficiencia, seguridad y calidad del producto final (Pearson Education, 2006)

3.2. Edulcorantes naturales

Los edulcorantes naturales son compuestos que proporcionan sabor dulce y se obtienen de fuentes biológicas sin procesos químicos sintéticos. Dentro de esta categoría se incluyen el eritritol, xilitol, stevia y sorbitol, los cuales se emplean como alternativas saludables a la sacarosa. Su uso responde a la creciente preocupación por la obesidad, diabetes y salud metabólica, impulsando su demanda en la industria alimentaria (Mazi & Stanhope, 2023)

3.3. Tipos de edulcorantes

Los edulcorantes se clasifican principalmente en dos grupos: calóricos y no calóricos. Los calóricos, también llamados nutritivos, aportan energía y se derivan generalmente de carbohidratos o alcoholes de azúcar como la sacarosa, glucosa, fructosa, sorbitol, manitol y xilitol. Por su parte, los edulcorantes no calóricos o no nutritivos se caracterizan por tener un poder endulzante elevado sin aportar energía significativa. En este grupo se incluyen tanto los sintéticos, como la sacarina, aspartame, acesulfame K, sucralosa y neotame, como los de origen natural, entre los que destacan la stevia y el eritritol, este último considerado un poliol no calórico debido a su bajo aporte energético (Gómez & Castillo, 2020).

3.3.1. Eritritol

El eritritol es un alcohol de azúcar utilizado como sustituto del azúcar tradicional en productos alimenticios, con solo 0,2 kcal por gramo frente a las 4 kcal por gramo del

azúcar convencional, lo que permite reducir el contenido calórico y de azúcares añadidos al tiempo que conserva características funcionales y texturales similares al azúcar, aproximadamente el 70 % de su dulzor. (Mazi & Stanhope, 2023)

3.3.1.1. Ventajas del eritritol sobre el azúcar

El eritritol presenta ventajas claras frente al azúcar debido a su aporte prácticamente nulo de calorías, su ausencia de impacto sobre la glucosa e insulina y su buena tolerancia metabólica, lo que lo convierte en una alternativa adecuada para personas con control glucémico estricto; además, ofrece estabilidad térmica y sensorial que permite su incorporación en alimentos sin modificar sabor o textura, siendo así un sustituto funcionalmente seguro y eficiente en aplicaciones alimenticias (Mazi & Stanhope, 2023).

3.3.1.2. Aspectos de seguridad y salud del eritritol

El eritritol se absorbe hasta en alrededor del 90 % en el intestino delgado y se excreta sin cambios por la orina, lo cual reduce la fermentación colónica excesiva y los síntomas gastrointestinales típicos de otros polioles y favorece su buen perfil de tolerancia metabólica; además, la revisión señala que no se observaron efectos negativos significativos sobre la microbiota intestinal humana, lo que junto a su bajo impacto glicémico respalda su uso seguro como sustituto del azúcar en diferentes grupos poblacionales (Wojtuś, Tomaszuk, & Wąsik, 2022).

3.4. Almidón de maíz

El almidón de maíz es una materia prima adecuada para la producción de eritritol debido a su disponibilidad, bajo costo y alto contenido de carbohidratos fermentables; su hidrólisis mediante etapas de gelatinización, licuefacción y sacarificación permite obtener azúcares simples que mejoran el rendimiento de la fermentación con levaduras osmofílicas, logrando una mayor eficiencia y productividad en la síntesis de eritritol (Tomaszewska, 2012).

3.4.1. Propiedades fisicoquímicas del almidón de maíz

El almidón de maíz se caracteriza por una proporción típica cercana al 25 % de amilosa y 75 % de amilopectina, composición que define su comportamiento fisicoquímico, particularmente su capacidad de gelatinizar, hincharse y formar pastas con viscosidades

específicas; la elevada fracción de amilopectina favorece una mayor expansión y menor retrogradación, mientras que la amilosa contribuye a la firmeza y estabilidad de los geles, determinando así la estructura, viscosidad y respuesta térmica del almidón durante el procesamiento (Beech, 2022).

3.5. Fermentación microbiana

La fermentación microbiana es un proceso biotecnológico en el que levaduras osmófilas transforman sustratos como la glucosa en compuestos de interés, y en el caso del eritritol, especies como *Yarrowia lipolytica* y *Moniliella pollinis* lo producen eficientemente bajo condiciones aerobias controladas; durante este proceso, la glucosa se canaliza hacia la ruta de la pentosa fosfato, donde la eritrosa-4-fosfato es reducida a eritritol, y factores operacionales como la concentración inicial de glucosa, el pH, la temperatura, la aireación y la presión osmótica influyen directamente en el rendimiento y productividad del sistema fermentativo (Rakicka-Pustułka M. , 2020).

3.5.1. Levadura (Moniliella pollinis)

La levadura *Moniliella pollinis* se caracteriza por su alta tolerancia a concentraciones elevadas de azúcares y presión osmótica, condiciones típicas de fermentaciones de alta densidad. Esta especie produce eritritol como metabolito principal en medios con pH ligeramente ácido y temperatura moderada, lo que la hace ideal para aplicaciones industriales. Mantener un inóculo sano y controlar adecuadamente las condiciones de fermentación son factores clave para asegurar la viabilidad técnica y económica del proceso (Deshpande, 2022).

3.5.2. Fuentes de nitrógeno

La fuente de nitrógeno en la fermentación para la producción de eritritol es crítica ya que influye en la relación carbono/nitrógeno (C/N): cuando la fuente de nitrógeno está limitada se favorece la síntesis de eritritol en lugar del crecimiento de biomasa, mientras que una disponibilidad de nitrógeno elevada promueve proliferación celular y reduce la proporción de producto; por tanto, utilizar fuentes orgánicas o inorgánicas con concentración controlada permite optimizar la acumulación de eritritol en levaduras como *Moniliella*

pollinis al dirigir el metabolismo hacia la ruta deseada y no al crecimiento excesivo de la célula (Rzechonek, 2018).

3.5.3. Sales

Las sales minerales cumplen una función clave en la fermentación para la producción de eritritol, ya que actúan como fuentes de micronutrientes esenciales para el crecimiento y la actividad metabólica de las levaduras productoras. Entre las más utilizadas se encuentran el fosfato de potasio (K_2HPO_4), que ayuda a mantener el pH y aporta fósforo; el sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), necesario para la actividad enzimática; y el cloruro de calcio ($CaCl_2$), que contribuye a la estabilidad celular. Estas sales favorecen la eficiencia metabólica y la síntesis de eritritol al optimizar las condiciones del medio de cultivo. Una composición mineral equilibrada resulta esencial para maximizar el rendimiento del proceso y asegurar la calidad del producto final (Rzechonek, 2018).

3.5.4. Oligoelementos

Los oligoelementos son micronutrientes indispensables en la fermentación para la producción de eritritol, ya que intervienen en numerosos procesos enzimáticos y metabólicos de las levaduras empleadas. Elementos como el hierro (Fe^{2+}), zinc (Zn^{2+}), cobre (Cu^{2+}), manganeso (Mn^{2+}) y cobalto (Co^{2+}) participan como cofactores de enzimas involucradas en la respiración celular, la síntesis de lípidos y la regulación del flujo metabólico hacia la ruta de las pentosas fosfato, donde se genera eritritol como metabolito principal. Su presencia en concentraciones adecuadas favorece el crecimiento celular equilibrado y mejora la eficiencia de conversión de sustrato en producto. Sin embargo, un exceso puede generar toxicidad o inhibición enzimática, por lo que su dosificación debe mantenerse dentro de rangos óptimos para maximizar el rendimiento del proceso (Tomaszewska, 2014).

3.5.5. Enzimas

En la producción de eritritol a partir de almidón de maíz, las enzimas cumplen un papel fundamental al permitir la conversión del almidón en azúcares fermentables que sirven como sustrato para la fermentación microbiana. El proceso inicia con la α-amilasa, que rompe los enlaces α-1,4-glucosídicos del almidón durante la licuefacción, generando dextrinas de menor peso molecular. Posteriormente, la glucoamilasa actúa sobre estos

oligómeros, liberando glucosa libre, la cual es utilizada por levaduras osmofílicas como *Moniliella pollinis* o *Yarrowia lipolytica* para sintetizar eritritol. El uso de enzimas específicas y en condiciones controladas de pH y temperatura permite una hidrólisis eficiente del almidón de maíz, optimizando el rendimiento del jarabe glucosado y, en consecuencia, la productividad del proceso fermentativo (Rzechonek, 2018).

3.6. Formulaciones

La formulación del proceso para la obtención de eritritol a partir de almidón de maíz es fundamental para optimizar el rendimiento y la calidad del producto final, ya que implica el control preciso de variables como la concentración de glucosa, el pH, la temperatura y la selección de la levadura fermentadora. Una formulación adecuada garantiza una conversión eficiente del sustrato en eritritol, minimizando subproductos y costos de purificación (ver Tabla 1). Además, permite estandarizar las condiciones del proceso para asegurar un producto estable, seguro y con propiedades sensoriales comparables al azúcar convencional, contribuyendo así a la competitividad del sector agroindustrial (Rywińska, 2024).

***Tabla 1**. Formulación propuesta para el eritritol a partir de almidón de maíz.*

Materia Prima	Porcentaje en peso (%)
Almidón de maíz	30%
Agua	69%
Levadura (*Moniliella sp*.)	1%
TOTAL	**100%**

Fuente: Elaboración propia (2025).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Estudio de Mercado

En esta sección se presentará una descripción detallada del producto que se busca desarrollar, abarcando su definición, principales características, clasificación y el perfil del consumidor al que estará dirigido. Además, se incluirá información relevante sobre los proveedores de insumos y materias primas empleados en su elaboración.

Con el objetivo de identificar y analizar los factores que influyen en las necesidades del mercado, se llevará a cabo un estudio de la demanda. Este análisis permitirá comprender el comportamiento del mercado y determinar las oportunidades de crecimiento del producto. Para ello, se considerarán diversos aspectos, entre los que destacan la identificación de la población objetivo y la determinación del número de encuestas necesarias para obtener información representativa. Asimismo, se examinará la demanda histórica y actual del producto, la frecuencia de consumo, los tipos de presentaciones más comunes, la frecuencia de compra y el consumo promedio por persona también se realizará una proyección de la demanda futura con el propósito de estimar el potencial de aceptación y expansión del producto en el mercado.

La población seleccionada proporcionará la información necesaria para vislumbrar el mercado potencial al que se destinará el producto. Este análisis permitirá, además, identificar los gustos y preferencias de los consumidores. El estudio se llevará a cabo en el Distrito 1 de Managua, con un enfoque en el sector de supermercados, utilizando encuestas de tipo cerrado.

La estimación de la población de estudio se realizará mediante la ecuación 1, y en el Apéndice A se adjunta el instrumento propuesto para la recolección de la información inicial. El procesamiento y análisis de los datos se efectuará utilizando Microsoft Excel.

$$n = \frac{NZ^2pq}{E^2(N-1)+Z^2pq} \qquad \textbf{Ec. 1}$$

Donde:

- ✓ N = Población total.
- ✓ Z = Distribución normalizada.

- ✓ p = Proporción de aceptación deseada para el producto.
- ✓ q = Proporción de rechazo (1-p).
- ✓ E = Porcentaje deseado de error.

La demanda actual se calculará a partir del consumo per cápita, estimado con los datos obtenidos de las encuestas y utilizando la ecuación 2. Por su parte, la demanda futura se proyectará a partir de la demanda actual considerando un horizonte de cinco años, según la ecuación 3.

$$CPC = \frac{Cantidad\ de\ consumo}{No.de\ personas\ x\ Frecuencia\ de\ compra} \quad \textbf{Ec. 2}$$

$$Demanda\ futura = Demanda\ actual\ (1+t)^n \quad \textbf{Ec. 3}$$

Donde:

- ✓ CPC = Consumo per cápita
- ✓ t = tasa de crecimiento poblacional

A continuación, se llevará a cabo el análisis de la oferta utilizando la ecuación 4, así como el cálculo de la oferta local actual mediante la ecuación 5. Asimismo, se proyectará la oferta nacional tomando como base la oferta actual del país (ecuación 6) y se estimará la oferta local anual con la ecuación 7. Finalmente, la Demanda Potencial Insatisfecha —es decir, la cantidad de producto que podría consumirse en el futuro— se determinará mediante la ecuación 8.

$$ONA_i = Produccion_i + Importacion_i - Exportacion_i \quad \textbf{Ec. 4}$$

$$OAL_i = ONA_i * \frac{PAMM}{PADM_i} \quad \textbf{Ec. 5}$$

$$OFN = ONA_i * (1+t)^n \quad \textbf{Ec. 6}$$

$$OFL = OAL_i * (1+t)^n \quad \textbf{Ec. 7}$$

$$DPI_i = Demanda_i - Oferta_i \quad \textbf{Ec. 8}$$

Donde:

- ONA = Oferta Nacional Actual
- OAL = Oferta Actual Local
- PAMM = Población actual municipio de Managua
- PADM = Población actual departamento de Managua
- OFN = Oferta Nacional
- ONA = Oferta Nacional Actual
- DPI = Demanda Potencial Insatisfecha
- t = Tasa de crecimiento poblacional

Para concluir, se considerará la estrategia de comercialización del producto, previa identificación de los posibles proveedores de insumos y materias primas del sector agroindustrial.

4.2. Estudio Técnico

La presente sección tiene como objetivo definir los requisitos esenciales para la ubicación, el diseño del proceso productivo y la selección de los equipos necesarios en el dimensionamiento de una planta industrial destinada a la producción de eritritol a partir de almidón de maíz.

El estudio contempla la formulación y aplicación de las ecuaciones fundamentales para el análisis ingenieril de la planta, incluyendo balances de materia y energía, así como la determinación de los requerimientos térmicos y mecánicos del proceso. De igual manera, se establecerán los parámetros de diseño, tales como la capacidad de producción, los criterios de selección y las especificaciones técnicas de los equipos, su distribución y ubicación dentro de la planta, así como la viabilidad operativa del sistema.

4.2.1. Proceso de Productivo

El proceso de producción se define como el conjunto de actividades técnicas y operativas mediante las cuales se transforman insumos en productos terminados, convirtiendo materias primas en bienes útiles a través de etapas específicas de manufactura y control de calidad (Heizer, 2017)

Para el eritritol se ejecutará el siguiente proceso productivo:

1. Recepción del almidón de maíz
2. Pretratamiento del almidón
3. Filtración del jarabe
4. Centrifugación del jarabe
5. Concentración del jarabe
6. Preparación del medio fermentativo
7. Inoculación con *moniliella*
8. Fermentación aeróbica en biorreactor
9. Separación de biomasa
10. Purificación del eritritol
11. Concentración del eritritol purificado
12. Cristalización
13. Separación y lavado de cristales
14. Secado
15. Tamizado
16. Reducción de Tamaño
17. Envasado
18. Almacenamiento

Para definir el programa de producción de eritritol a partir de almidón de maíz, se calculará el Tiempo Normal de Operación (TNO) y la capacidad de diseño por hora de la planta. Con estos datos, será posible estimar la producción prevista del eritritol a nivel diario, semanal, mensual y anual.

4.2.2. Balances de materia y energía

Las ecuaciones que se emplearán para el análisis de balances de masa y energía en este protocolo se muestran en las Ecuaciones 9,10,11 y 12. El enfoque se basa en el principio de conservación de la masa en régimen estacionario y en la consideración de los fenómenos de transferencia de calor presentes en cada etapa del proceso (ver Figura 1), siempre que exista intercambio de calor o energía.

$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{sale} \dot{m}$ **Ec. 9**

$Q_{abs} = - Q_{ced}$ **Ec. 10**

$Q = mcp\Delta T$ **Ec. 11**

$h_{fg} = \lambda_{vap}$ **Ec. 12.**

Donde:

- ✓ $\dot{m}$= Flujo másico
- ✓ Q= Calor transferido
- ✓ h_{fg}= Entalpía de vaporización

4.2.3. Proceso productivo del eritritol

- **Recepción del almidón de maíz**

En esta primera etapa el almidón de maíz adquirido a proveedores especializados ingresa a la planta con especificaciones industriales de pureza, humedad y granulometría previamente garantizadas, por lo que esta fase se centra en verificar que el material cumpla los parámetros técnicos declarados, registrar el lote y almacenarlo temporalmente en condiciones controladas de humedad y temperatura para evitar rehidratación, aglomeración o deterioro funcional; mantener estas condiciones desde el momento de ingreso es esencial para asegurar la estabilidad fisicoquímica del almidón previo a su transformación en jarabe, lo que contribuye a la consistencia operativa y al rendimiento del proceso (da Silva Timm, 2022)

- **Pretratamiento del Almidón de maíz**

En esta etapa, el almidón de maíz recibido se somete a un proceso de acondicionamiento que tiene como propósito facilitar su posterior conversión en azúcares fermentables. El procedimiento consiste principalmente en la gelatinización del almidón mediante la aplicación de calor y agua, lo que permite desestructurar los gránulos y aumentar su solubilidad. De esta manera, se obtiene una mezcla homogénea que estará lista para la etapa de hidrólisis, donde se incorporarán las enzimas correspondientes como parte de las materias primas del proceso. Este pretratamiento es esencial para garantizar una

conversión eficiente del almidón y maximizar el rendimiento en la obtención del jarabe base (Compart, 2023)

- **Filtración del jarabe**

Una vez finalizado el pretratamiento, la mezcla obtenida contiene una suspensión con partículas insolubles y restos de materiales no hidrolizados que deben eliminarse antes de continuar con el proceso. En esta etapa, el jarabe se somete a una filtración que permite separar los sólidos no deseados, obteniendo un líquido claro y libre de impurezas. Este paso es crucial para evitar interferencias en las etapas posteriores de hidrólisis y fermentación, ya que la presencia de partículas puede afectar la eficiencia enzimática y la calidad del producto final. La filtración se realiza comúnmente mediante sistemas de presión o vacío con medios filtrantes adecuados al tipo de suspensión procesada. Una buena eficiencia de filtración garantiza un jarabe con alta claridad y estabilidad (Cabeza, 2022)

- **Centrifugado del jarabe**

Después de la filtración, el jarabe se somete a un proceso de centrifugado con el fin de eliminar partículas finas y residuos insolubles que no fueron retenidos en la etapa anterior. Este proceso se realiza mediante el uso de centrífugas de alta velocidad que generan una fuerza centrífuga capaz de separar los sólidos por diferencia de densidades. El centrifugado permite obtener un jarabe más claro y homogéneo, mejorando su calidad antes de la hidrólisis enzimática. Además, este paso contribuye a prevenir obstrucciones en equipos posteriores y a optimizar la eficiencia del proceso de conversión. La operación debe controlarse cuidadosamente para evitar pérdidas de fase líquida y asegurar una separación efectiva (Cabeza, 2022).

- **Preparación del medio fermentativo**

En esta etapa se formula y acondiciona el medio que servirá de soporte para el crecimiento de la levadura productora de eritritol. El jarabe de glucosa obtenido tras las etapas anteriores se ajusta en concentración y pH, asegurando condiciones óptimas para la fermentación. A este medio se le adicionan nutrientes esenciales como fuentes de nitrógeno, fósforo, minerales y vitaminas que favorecen la actividad metabólica del

microorganismo. Asimismo, se esteriliza para eliminar posibles contaminantes y garantizar un ambiente controlado durante la fermentación. Una adecuada preparación del medio fermentativo es clave para maximizar la conversión de glucosa a eritritol y asegurar la estabilidad del proceso biotecnológico (Carly F. , 2018).

- **Inoculación con *Moniliella spp*.**

En esta etapa se introduce el microorganismo responsable de la producción de eritritol en el medio fermentativo previamente preparado. Se utiliza la levadura osmofílica *Moniliella pollinis*, reconocida por su alta capacidad para convertir glucosa en eritritol mediante rutas metabólicas específicas. La inoculación se realiza bajo condiciones estériles para evitar contaminaciones y se controla la cantidad de inóculo con el fin de garantizar una fermentación uniforme y eficiente. Es fundamental mantener parámetros óptimos de temperatura, pH y aireación desde este punto, ya que influyen directamente en la tasa de crecimiento celular y la productividad del proceso. Un manejo adecuado del inóculo asegura la rápida adaptación del microorganismo y un alto rendimiento de eritritol en la fermentación (Hijosa-Valsero, 2022).

- **Fermentación aeróbica en biorreactor**

Durante esta etapa se lleva a cabo la conversión de glucosa a eritritol mediante la acción metabólica de *Moniliella pollinis* en condiciones aeróbicas controladas. El proceso se realiza en un biorreactor que permite regular parámetros críticos como la temperatura, el pH, la aireación y la agitación, garantizando un ambiente óptimo para el crecimiento celular y la síntesis del producto. La aireación favorece la respiración oxidativa, indispensable para la acumulación de eritritol como metabolito primario. Además, se monitorean continuamente la concentración de oxígeno disuelto y la densidad celular para asegurar una fermentación estable y eficiente. Una adecuada gestión de estas variables permite obtener altos rendimientos y pureza en la producción de eritritol (Rakicka-Pustułka, 2020).

- **Separación de biomasa**

Tras finalizar la fermentación, el caldo obtenido contiene una mezcla de eritritol, células de *Moniliella pollinis*, restos celulares y otros compuestos solubles, por lo que resulta esencial separar la biomasa antes de continuar con las etapas de purificación. Para ello se emplean operaciones mecánicas como centrifugación o microfiltración, que permiten remover eficientemente las células y obtener un líquido claro que facilite los procesos posteriores. Esta separación es crucial para evitar arrastres de sólidos que afecten la calidad del eritritol, así como para reducir la carga contaminante y mejorar el rendimiento global del proceso. Un manejo adecuado de esta etapa asegura una corriente líquida más limpia y estable, optimizando la recuperación del producto en las siguientes fases (Rakicka-Pustułka M. , 2020).

- **Purificación del eritritol**

En esta etapa, el licor libre de biomasa se somete a una serie de operaciones destinadas a eliminar impurezas, colorantes y sales residuales, obteniendo un eritritol de alta pureza. El proceso inicia con la desnaturalización de la proteína y decoloración mediante el uso de carbón activado o resinas de intercambio iónico, que retienen compuestos no deseados. Posteriormente, el filtrado se concentra por evaporación al vacío para aumentar la concentración de eritritol en la solución. La pureza del producto final es fundamental para su uso en la industria alimentaria, por lo que se controlan parámetros como la conductividad, el color y la concentración de sólidos disueltos. Una purificación eficiente garantiza un eritritol estable, inocuo y con propiedades fisicoquímicas adecuadas para su cristalización (Mach-Aigner, 2023).

- **Concentración del eritritol**

Tras la purificación del licor que contiene el eritritol, este se somete a una etapa de concentración para reducir el volumen del líquido y aumentar la sobresaturación del poliol antes de su cristalización. Durante esta fase se emplea normalmente una evaporación al vacío o un concentrador tipo múltiple efecto para eliminar parte del agua sin dañar la estabilidad del eritritol, controlando cuidadosamente la temperatura, la presión y la velocidad de recirculación. Al elevarse la concentración del eritritol se facilita la nucleación y crecimiento cristalino en la etapa siguiente, además de reducir los costos y

volumen del sistema de cristalización. Un proceso de concentración bien diseñado asegura un licor post-purificación con alta concentración, baja carga térmica y condiciones óptimas para cristalizar un eritritol de alta pureza. (Office, 2000)

- **Cristalización**

La cristalización constituye una etapa clave en la obtención del eritritol sólido y purificado. El jarabe concentrado se enfría de manera controlada para inducir la formación de cristales de eritritol, regulando parámetros como la temperatura, el grado de sobresaturación y la velocidad de agitación. Un enfriamiento gradual favorece la formación de cristales uniformes y evita la aparición de impurezas o co-cristalizaciones. El proceso puede realizarse en cristalizadores por enfriamiento o evaporación, dependiendo de las condiciones del producto y la escala de producción. Una vez formados, los cristales se separan del licor madre y se lavan para eliminar residuos solubles, obteniendo un eritritol con alta pureza y características físico-químicas adecuadas para su posterior secado (Tyapkova, 2013).

- **Separación y lavado de cristales**

Una vez finalizada la cristalización, el eritritol sólido se separa del licor madre mediante centrifugación, con el objetivo de recuperar los cristales formados y eliminar el exceso de solución líquida. Durante este proceso, se aplica una fuerza centrífuga que permite obtener un sólido húmedo con mínima retención de impurezas. Posteriormente, los cristales son sometidos a un lavado controlado con agua destilada o una solución diluida del mismo eritritol, lo que contribuye a eliminar residuos de azúcares, sales o colorantes solubles adheridos a su superficie. Este paso es determinante para alcanzar la pureza requerida en el producto final y garantizar su estabilidad durante el almacenamiento. Una separación y lavado adecuados optimizan la calidad del eritritol antes de su secado final (Daza-Serna, 2021).

- **Secado**

Después de la etapa de separación y lavado, los cristales húmedos de eritritol se someten a un proceso de secado para reducir su contenido de humedad a niveles inferiores al 1%. Este paso es fundamental para garantizar la estabilidad del producto

final, evitar su aglomeración y facilitar su almacenamiento. El secado puede realizarse mediante aire caliente en lecho fluidizado o en secadores rotatorios, controlando cuidadosamente la temperatura para prevenir la degradación térmica del eritritol. Un secado adecuado asegura un producto con buena pureza, fluidez y apariencia cristalina uniforme (Ohshima, 1993).

- **Tamizado**

Después del secado, el eritritol sólido se somete a un proceso de tamizado con el propósito de clasificar los cristales según su tamaño de partícula y retirar aglomerados formados durante el secado. En esta operación se emplean mallas de distintas aperturas que permiten obtener fracciones granulométricas homogéneas, lo cual mejora la fluidez y calidad del producto. El tamizado no solo asegura una separación adecuada entre cristales finos, medianos y gruesos, sino que también facilita la preparación del material para la siguiente etapa de reducción de tamaño, ya que permite identificar y dirigir las fracciones que requieren molienda adicional para cumplir con las especificaciones industriales establecidas (VanHook, 2017).

- **Reducción de tamaño.**

Después del tamizado, el eritritol seco y clasificado se somete a una etapa de reducción de tamaño con el fin de obtener una granulometría fina y uniforme adecuada para su presentación comercial y para asegurar una correcta fluidez durante el envasado. Para esta operación se emplea un molino cónico, una alternativa de bajo costo y eficiente que permite triturar suavemente los cristales sin generar calentamiento excesivo ni alterar sus propiedades fisicoquímicas, favoreciendo una distribución homogénea del tamaño de partícula. El uso de este tipo de molino garantiza un control adecuado sobre el tamaño final del producto y facilita su manipulación en la etapa posterior de envasado, asegurando un eritritol estable y con características físicas uniformes (Kotamarthy, 2020).

- **Envasado**

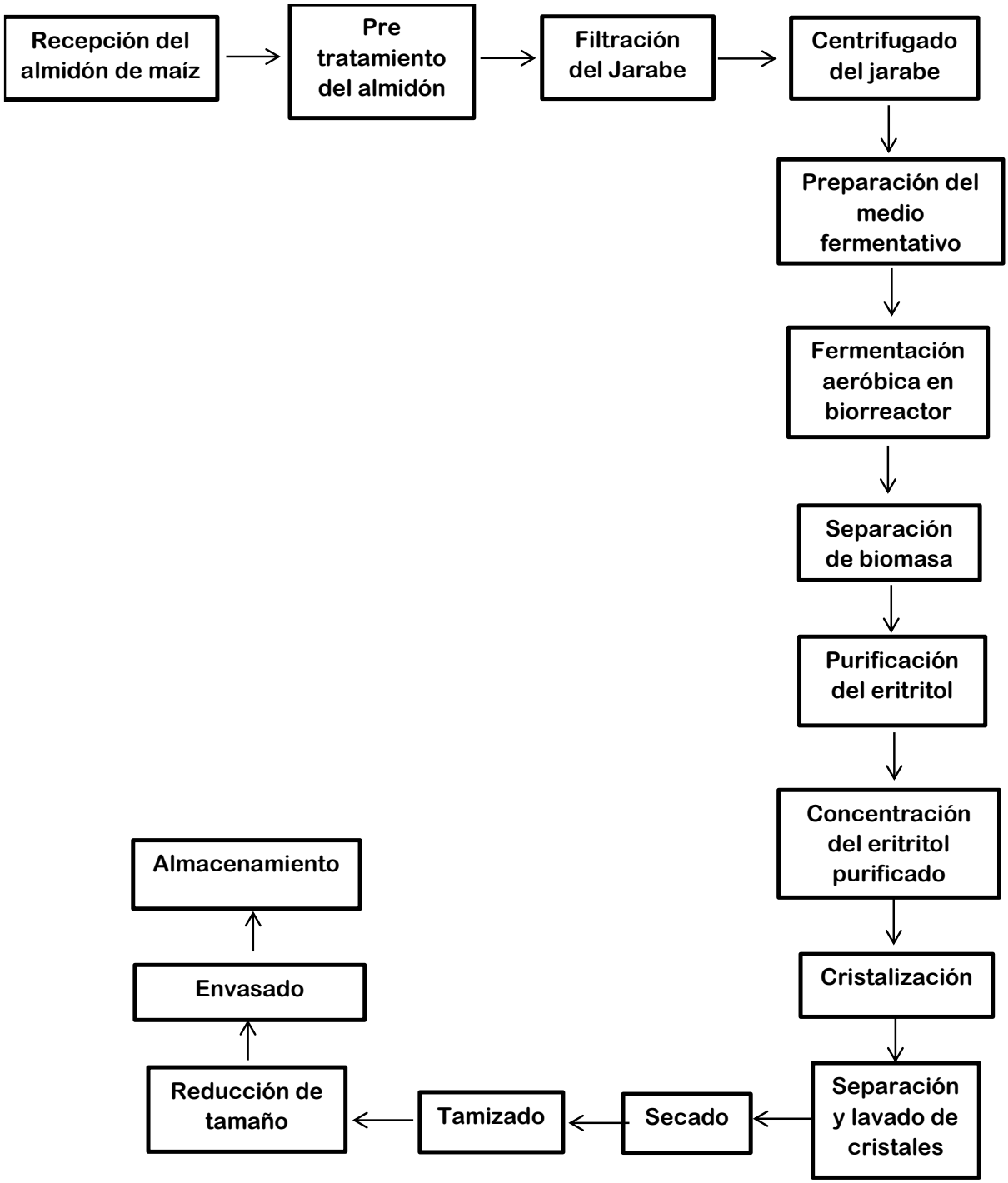
El envasado constituye la etapa final del proceso productivo del eritritol y tiene como objetivo preservar la calidad del producto seco y cristalino. En esta fase, el eritritol previamente secado y tamizado se introduce en envases adecuados, los cuales pueden ser bolsas multilaminadas, sacos de polietileno o contenedores herméticos, según el volumen y el destino comercial. Es fundamental mantener condiciones de baja humedad y ambiente controlado durante el envasado para evitar la absorción de agua, ya que el eritritol es higroscópico. Además, los envases se sellan herméticamente y se etiquetan conforme a las normas de trazabilidad y seguridad alimentaria. Un adecuado proceso de envasado garantiza la estabilidad físico-química del producto y su aptitud para el almacenamiento y distribución (Verma, 2021).

- **Almacenamiento**

Después del envasado, el eritritol debe almacenarse en un ambiente seco y con baja actividad de agua, ya que la naturaleza higroscópica de los productos en polvo favorece la absorción de humedad y la formación de grumos; por ello, se mantienen condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, y los envases se colocan sobre tarimas limpias y separadas del piso para evitar contaminación y variaciones térmicas. Un almacenamiento adecuado preserva la fluidez, estabilidad fisicoquímica y vida útil del eritritol hasta su distribución (Türksever, 2025).

Este proceso se resume en la Figura 1:

Figura 1. *Flujograma del proceso productivo de eritritol a partir de almidón de maíz.*



Fuente: *Elaboración Propia (2025).*

4.2.4. Diseño de plantas

En el análisis del diseño de la planta es esencial considerar variables operativas como el volumen de producción, la capacidad de diseño, la capacidad del sistema, la capacidad real, el rendimiento, la eficiencia del proceso y el Tiempo Normal de Operación (TNO). Estos parámetros permitirán establecer una relación directa entre la demanda potencial insatisfecha identificada en el estudio de mercado y la capacidad proyectada de producción necesaria para cubrirla. Los cálculos correspondientes se llevarán a cabo utilizando fórmulas previamente definidas y recopiladas para este propósito (Ec. 13 a 18).

1. $Capacidad\ de\ diseño\ =\ (1\ +\ 0.2)\times\ capacidad\ normal$ **Ec. 13**
2. $Capacidad\ de\ diseño\ por\ hora\ =\ Capacidad\ de\ diseño\ \times\ 1/ton.$ **Ec. 14**
3. $Capacidad\ del\ real\ =\ 0.90\ \times\ Capacidad\ normal$ **Ec. 15**
4. $TNO = 8\frac{horas}{días}\left[365\frac{días}{año} - (días\ feriados + días\ de\ mantenimiento + domingos)\right]$ **Ec.16**
5. $Capacidad\ del\ sistema\ =\ 0.95\ \times\ Capacidad\ de\ diseño$ **Ec. 17**
6. $Capacidad\ normal\ =\ m^3\ /\ año$ **Ec. 18**

Adicionalmente, el estudio de localización de la planta procesadora permitirá definir la ubicación óptima desde una perspectiva técnico-económica, garantizando la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Para ello, se analizarán diversas alternativas dentro del territorio nacional, considerando factores determinantes como la disponibilidad de recursos hídricos, el acceso a energía eléctrica y la proximidad a los proveedores de materias primas e insumos. La selección final se realizará con base en los criterios establecidos en la Tabla 2 y la puntuación obtenida en la Tabla 3.

Tabla 2. *Criterios para localización de la planta (ejemplo).*

Terreno No. 1	
Ubicación	Km 24.3 Carretera a Masaya, 300 mtrs al oeste
Precio	USD 49,000.00
Precio por m^2	USD 25.33
Tamaño	1,934m^2
Servicios	Agua potable y energía eléctrica
Acceso	Carretera a Masaya, acceso pavimentado
Características del sitio	Terreno plano, fácil acceso desde la carretera

Fuente: *Elaboración propia (2025).*

Tabla 3. *Puntaje y asignación cualitativa*

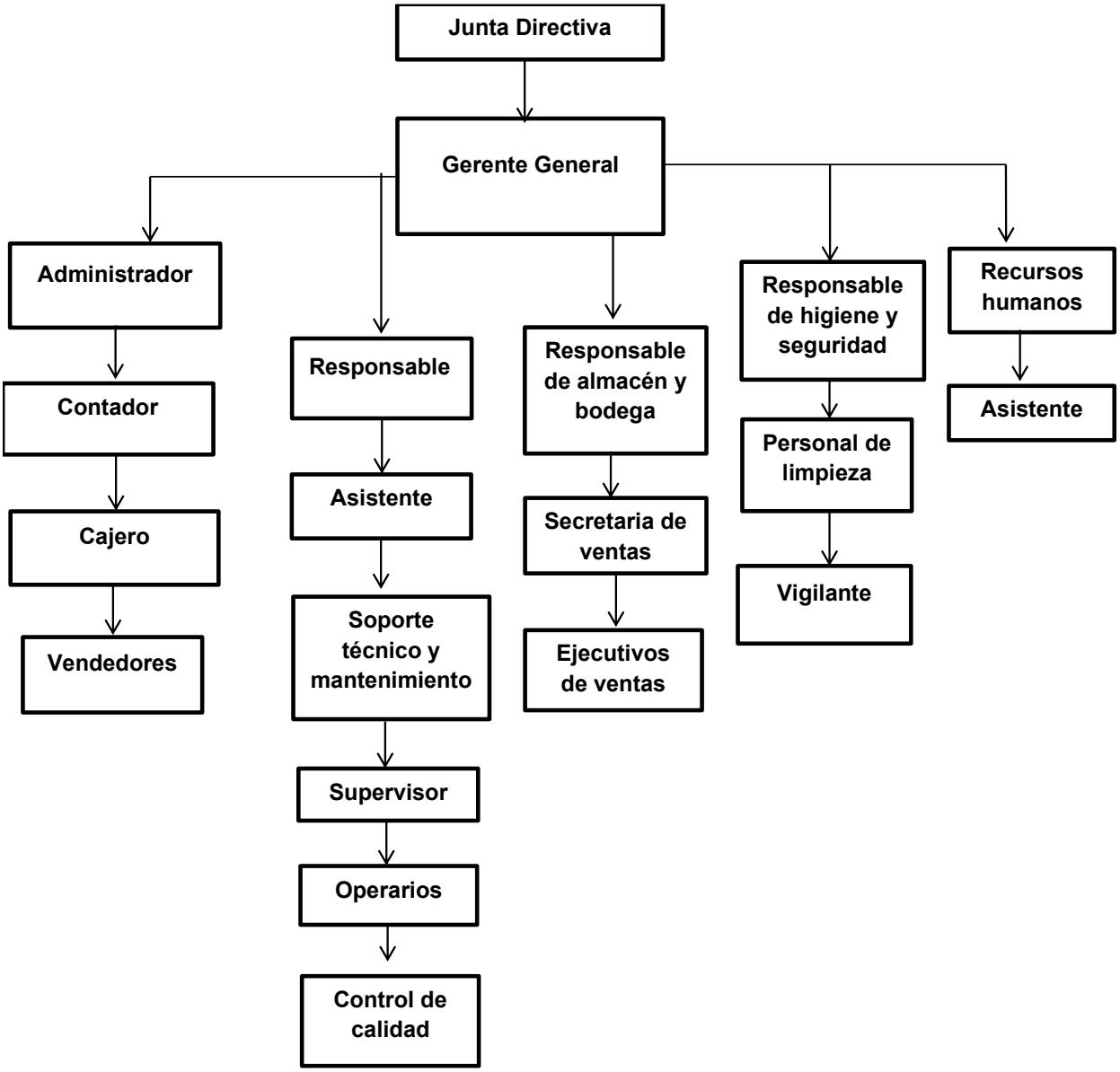
Asignación de puntaje a cada alternativa	**Asignación Cualitativa**
100	Excelente
75	Regular
50	Mal

Fuente: *Elaboración propia (2025).*

Aspectos administrativos.

En el análisis de los aspectos administrativos se tomará en cuenta la estructura organizacional de la planta, incluyendo las diferentes áreas administrativas y la distribución correspondiente del recurso humano. La Figura 2 muestra el organigrama funcional de la planta de producción, en el cual se describen los niveles jerárquicos y las principales funciones relacionadas con la gestión operativa y administrativa.

Figura 2. *Diagrama Organizacional de operaciones de la planta de producción.*



Fuente: *Elaboración propia (2025).*

4.3. Estudio financiero

El estudio financiero tiene como objetivo evaluar la rentabilidad económica del proyecto, determinar el periodo de recuperación de la inversión y analizar los posibles escenarios que garanticen su estabilidad financiera. Para el desarrollo de este estudio se contemplarán los siguientes aspectos:

4.3.1. Inversión financiera

La inversión financiera de la planta productora de eritritol a partir de almidón de maíz considerará los diferentes tipos de inversiones necesarias para su ejecución, entre ellas la inversión fija y la inversión diferida. Esta última se dividirá en dos categorías: activos tangibles y activos intangibles.

Los activos tangibles corresponden a todos aquellos elementos físicos que conforman la planta, como equipos y maquinaria, vehículos, obras civiles, terrenos, entre otros. Por su parte, los activos intangibles comprenden los aspectos relacionados con la planificación e integración del proyecto, incluyendo la ingeniería de producción, la supervisión de la construcción y la gestión administrativa del mismo.

4.3.2. Costos de operación

Los costos de operación corresponden a los gastos relacionados con la puesta en marcha y el funcionamiento de la planta productora, y se calcularán en función del tiempo de operación de la planta y de la producción proyectada. Estos costos se clasifican en las siguientes categorías:

- ✓ Costos de materia prima e insumos
- ✓ Costos de materiales indirectos
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Costos de operación y administración
- ✓ Consumo energético
- ✓ Consumo de agua
- ✓ Consumo de combustible

4.3.3. Fuentes de financiamiento

Dentro de las fuentes de financiamiento se considerarán las entidades financieras capaces de proporcionar al proyecto el capital necesario para su ejecución. Se recopilará información sobre las distintas tasas de interés y los montos disponibles de los préstamos, con el objetivo de compararlas y seleccionar la alternativa más conveniente para financiar el proyecto.

Una vez elegida la opción de financiamiento más adecuada, será necesario determinar la tasa de interés bancaria, la cual servirá para calcular la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) y, de esta manera, estimar las ganancias esperadas de la inversión. Para evaluar el proyecto, se calculará la TMAR mixta, determinada por la proporción de las tasas provenientes de las diferentes fuentes de financiamiento, ya sea a través de préstamos o de capital propio, tal como se indica en las Ecuaciones 19 y 20.

$$TMAR_{inversion} = Inflación + Premio\ al\ riesgo + Premio\ al\ riesgo * inflación \quad \textbf{Ec. 19}$$

$$TMAR_{mixta} = \%Inversion * TMAR_{Inversion} + \%Inversion * TMAR_{prestamo} \quad \textbf{Ec. 20}$$

4.3.4. Depreciación

Para el cálculo de la depreciación de los equipos se utilizará el método de línea recta, basado en la premisa de que el valor en libros de un activo disminuye de manera lineal a lo largo del tiempo. Este método permite recuperar el valor del activo en cantidades iguales durante cada año de su vida útil, de tal forma que, al graficar el tiempo frente al valor en libros, se obtiene una línea recta. La depreciación por línea recta se determina mediante la siguiente fórmula:

$$D_t = \frac{P-VS}{n} \quad \textbf{Ec. 21}$$

Donde:

- ✓ Dt: depreciación
- ✓ P: valor presente
- ✓ VS: valor de salvamento
- ✓ n: períodos de tiempo

De acuerdo con la Ley 822 de Concertación Tributaria y su reglamento, se aplica lo dispuesto en el Artículo 34 sobre sistemas de depreciación y amortización para cada tipo de activo. Se ha establecido una vida útil de diez años para la depreciación de los equipos de proceso, ocho años para los equipos de transporte, cinco años para el mobiliario y equipo de oficina, cinco años para los equipos auxiliares y diez años para las obras civiles.

4.3.5. Estados de resultado y análisis financiero

Los estados de resultados se elaborarán considerando todos los elementos previamente mencionados, incluyendo los costos asociados a la instalación y operación de la planta, así como los ingresos proyectados para los años 2025 a 2030. En el Apéndice B se presenta el formato de estado de resultados que se utilizará para el análisis financiero anual, lo cual permitirá calcular los principales indicadores financieros, tales como el VPN, VAUE o CAUE, PR, TIR y la relación Beneficio/Costo (B/C).

4.3.6. Análisis de sensibilidad

Con el objetivo de evaluar la rentabilidad del proyecto frente a variaciones en los escenarios previamente planteados, se calcularán los indicadores financieros correspondientes a la alternativa más favorable, con el fin de analizar la estabilidad económica del proyecto. A continuación, se presentan los escenarios a los que se someterá el proyecto:

a) Incremento del 2,5% en la tasa de interés del préstamo

b) Reducción de un 5% en los ingresos proyectados para todos los períodos

c) Incremento de 15% en la tasa de impuesto sobre la renta

d) Incremento de un 5% anual adicional en los costos de operación, gastos de venta

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Estudio de Mercado

5.1.1. Definición del producto

El eritritol es un alcohol de azúcar de origen vegetal que se encuentra de forma natural en algunas frutas y se produce industrialmente por fermentación de azúcares; se caracteriza por aportar cerca del 70 % del dulzor de la sacarosa sin calorías, no elevar la glucosa en sangre y ser apto para personas con diabetes; tecnológicamente es estable al calor, no higroscópico, con buen flujo y sabor limpio, por lo que se usa ampliamente en alimentos y bebidas sin azúcar, productos keto y formulaciones con estevia, presentando una alta demanda creciente en el mercado de edulcorantes.

Tabla 4. *Algunas características fisicoquímicas del eritritol*

Propiedad	**Valor**
Peso molecular (g/mol)	122 g/mol
Punto de fusión	118–122 °C
Solubilidad en agua a 20°C (%DS)	37 %
Estabilidad térmica (°C)	Estable hasta ~160

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.1.2. Materia prima e insumos

Almidón de maíz: corresponde a la principal fuente de carbono del sistema, constituido por polímeros de glucosa organizados en forma de amilosa y amilopectina, los cuales pueden ser hidrolizados para la obtención de azúcares fermentables o transformables durante el proceso.

Agua: actúa como medio de disolución y transporte de los componentes, facilitando las reacciones químicas y biológicas, además de garantizar una adecuada homogeneidad y condiciones operativas del proceso.

Inóculo de *Moniliella pollinis*: corresponde al microorganismo responsable de llevar a cabo la fermentación aeróbica para la producción de eritritol, mediante la conversión de los azúcares disponibles en el medio fermentativo. Su incorporación permite el desarrollo

de la actividad metabólica necesaria para la síntesis del producto, bajo condiciones controladas de temperatura, aireación y nutrientes.

5.1.3. Área Geográfica del Mercado Meta

El Distrito I del municipio de Managua, en el departamento de Managua, Nicaragua, fue seleccionado para el proyecto, debido a su alta concentración de infraestructura y actividad comercial. En este distrito se encuentran importantes centros comerciales de referencia nacional y principales hoteles de Managua. Por lo tanto, con una población de aproximadamente 218,518 habitantes y un área de 46 km², el Distrito I representa un área estratégica con potencial para atraer una amplia afluencia de clientes (Alcaldía de Managua, 2020).

5.1.4. Material de Empaque

El material de empaque y las presentaciones del producto fueron definidos con el propósito de garantizar su adecuada conservación, facilidad de dosificación y aceptación comercial, considerando que el eritritol es un edulcorante en forma de polvo cristalino con sensibilidad a la humedad ambiental. En este sentido, se proponen cuatro presentaciones comerciales diferenciadas según el perfil de consumo: caja con 50 sachets individuales de 5 g (250 g), caja con 100 sachets individuales de 5 g (500 g), bolsa flexible resellable de 1 libra (454 g) y bolsa flexible resellable de 2 libras (908 g).

Las presentaciones en sachets individuales estarán conformadas por sobres monodosis de 5 g, elaborados en material laminado tipo papel recubierto o estructura papel–polímero, similar al utilizado en edulcorantes comerciales como los sobres individuales de mesa, lo que permite una adecuada barrera frente a la humedad y facilita una dosificación precisa para el consumo en bebidas como café o té. La caja de 50 sachets se orienta a consumidores que desean probar el producto o que presentan un consumo moderado, mientras que la caja de 100 sachets responde a usuarios frecuentes que buscan mayor rendimiento y conveniencia económica sin sacrificar practicidad.

Por su parte, las presentaciones en bolsa flexible estarán elaboradas en material multilaminado con estructura basada en PET como capa externa, incorporando barrera intermedia contra humedad y oxígeno y un sistema de cierre tipo zipper resellable. Este

diseño permite mantener la estabilidad fisicoquímica del eritritol durante el almacenamiento y uso continuo. La bolsa de 1 libra está dirigida al consumo doméstico estándar y a usos ocasionales en repostería, ofreciendo un equilibrio entre volumen y accesibilidad económica; mientras que la bolsa de 2 libras se proyecta para hogares con mayor frecuencia de consumo o para aplicaciones culinarias más intensivas, proporcionando mejor relación costo–cantidad sin llegar a volúmenes excesivos que puedan comprometer la rotación del producto. En conjunto, estas presentaciones permiten cubrir distintos segmentos del mercado objetivo, asegurando protección del producto, funcionalidad en el uso y viabilidad comercial.

5.1.5. Análisis de la demanda

La información primaria (encuesta) recopilada se muestra a continuación:

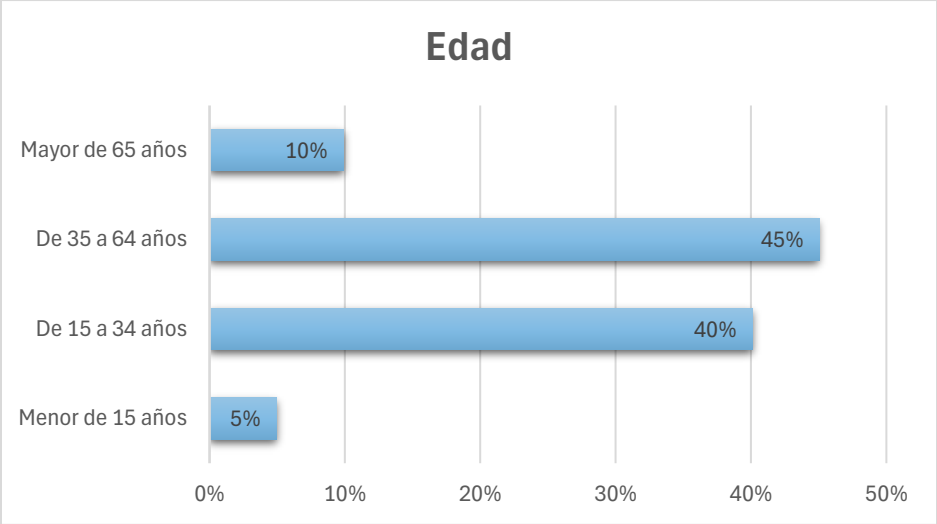
Pregunta 1: Género

De las 384 personas encuestadas, el 55% (211) correspondió al sexo femenino, mientras que el 45% (173) fueron del sexo masculino. Esto evidencia una ligera mayor participación femenina en el estudio, lo cual es coherente con la toma de decisiones de compra en productos alimentarios.

Pregunta 2: Edad

La figura 2 presenta la distribución porcentual de los distintos rangos de edad correspondientes a las 384 personas encuestadas.

Figura 3. *Diagrama de barras de la distribución por edades de las personas encuestadas.*



Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Pregunta 3: ¿Consume actualmente azúcar o algún tipo de edulcorante?

Del total de 384 personas, el 91.9% (353) manifestó consumir actualmente azúcar o algún tipo de edulcorante, mientras que el 8.1% (31) indicó no consumirlos. En consecuencia, solo los 353 consumidores continuaron con la encuesta.

Pregunta 4: ¿En qué forma consume azúcar actualmente?

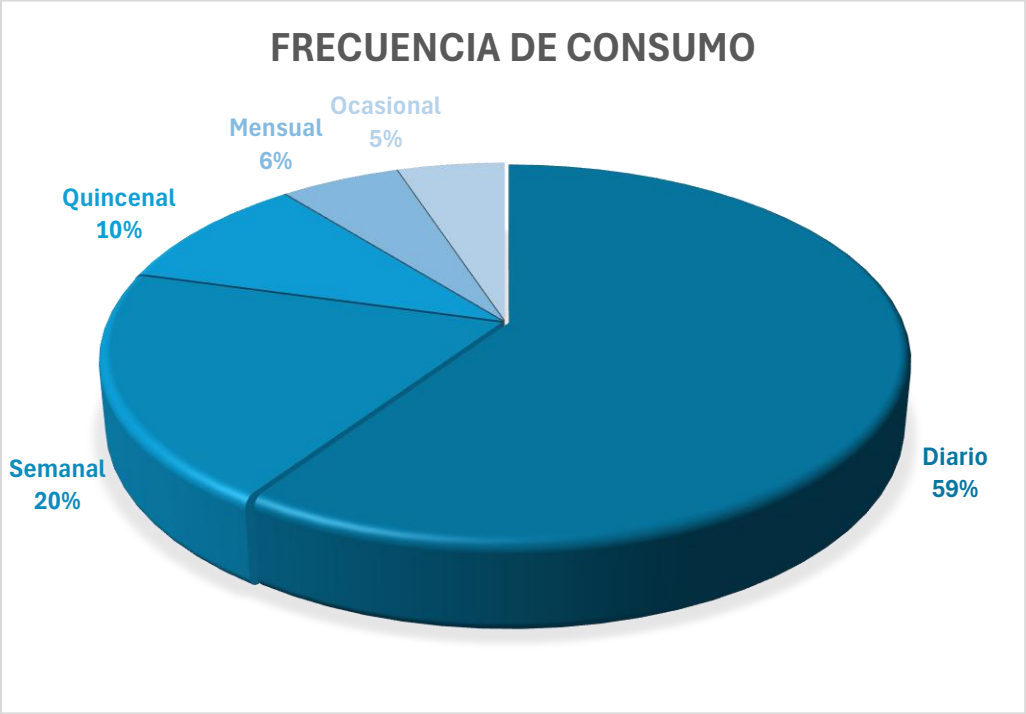
De los 353 consumidores, el 45% (160) indicó consumir azúcar principalmente en bebidas, el 25% (90) en postres y repostería, el 21% (75) en dulces y productos procesados, y el 8% (28) en otras formas. Se evidencia que el consumo en bebidas representa el principal uso.

Pregunta 5: ¿Con qué frecuencia consume azúcar o edulcorantes?

En la Figura 4 se presentan las distintas frecuencias de consumo de azúcar o edulcorantes entre los encuestados. Los resultados muestran que el 59% (210 personas) consume estos productos de forma diaria, el 20% (70 personas) de manera semanal, el 10% (35 personas) quincenalmente, el 6% (20 personas) mensualmente, y el 5% (18 personas) de forma ocasional. Los datos obtenidos en esta pregunta serán utilizados

para estimar el consumo anual por persona, multiplicando cada frecuencia por su equivalente en número de periodos por año: diario (365), semanal (52), quincenal (26), mensual (12). Para la categoría “ocasional”, se considerará una estimación conservadora basada en un promedio anual definido metodológicamente para efectos de proyección de demanda.

Figura 4. *Diagrama de pastel de frecuencia de consumo de edulcorantes o azucares de las personas encuestadas*



Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Pregunta 6: ¿Conoce algún producto que sustituya el azúcar?

Entre los 353 consumidores, el 45% (160) identificó principalmente edulcorantes no calóricos, el 27% (95) mencionó mieles regulares, el 13% (45) señaló otros productos, el 9% (33) reconoció el eritritol, y el 6% (20) indicó conocer la miel de agave. Se observa que el conocimiento específico del eritritol aún es bajo en comparación con otros sustitutos.

Pregunta 7: Si el eritritol estuviera disponible en el mercado nacional, ¿estaría dispuesto(a) a sustituir el azúcar por este producto?

De los 353 consumidores, el 60% (212) manifestó estar dispuesto a sustituir el azúcar por eritritol si estuviera disponible en el mercado nacional, mientras que el 40% (141) indicó que no lo haría. Solo los 212 interesados continuaron con las siguientes preguntas.

Pregunta 8: ¿En qué presentación preferiría adquirir el eritritol?

Entre los 212 interesados, el 38% (80) prefirió la caja de 100 sachets, el 31% (65) la bolsa de 1 libra, el 20% (42) la caja de 50 sachets, y el 11% (25) la bolsa de 2 libras. Se evidencia mayor inclinación hacia presentaciones prácticas y de tamaño intermedio.

Pregunta 9: ¿Cuántas unidades de la presentación seleccionada compraría en cada ocasión?

Respecto a la cantidad a adquirir, el 57% (120) compraría 1 unidad, el 26% (55) adquiriría 2 unidades, el 12% (25) optaría por 3 unidades, y el 5% (12) compraría más de 3 unidades por ocasión. Esto indica una intención de compra moderada.

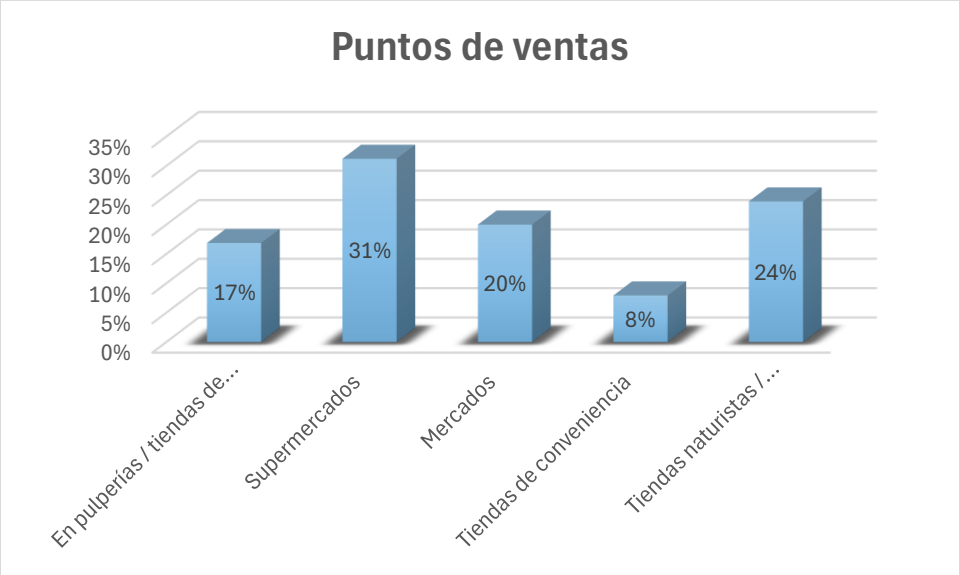
La información recopilada en esta pregunta complementa los datos necesarios para el cálculo del consumo per cápita, ya que permite proyectar la cantidad adquirida por cada consumidor; asimismo, dado que el eritritol no se comercializa actualmente en el mercado nacional, la formulación en tiempo condicional posibilita estimar la demanda potencial y el comportamiento esperado de compra del producto.

Pregunta 10: ¿En qué lugares le gustaría poder comprar el edulcorante Eritritol? (Seleccione todas las que crea conveniente)

Las preferencias manifestadas sobre los lugares donde les gustaría adquirir el edulcorante eritritol muestran una distribución variada de puntos de venta, ya que, al tratarse de una pregunta de selección múltiple aplicada a 247 encuestados, varios participantes eligieron más de una opción; en este sentido, los supermercados concentraron el mayor interés con un 31 %, seguidos por las tiendas naturistas o especializadas en salud con un 24 %, los mercados con un 20 %, las pulperías o tiendas de barrio con un 17 % y, en menor proporción, las tiendas de conveniencia con un 8 %,

lo que sugiere que una estrategia de comercialización diversificada en distintos tipos de establecimientos podría facilitar el acceso al producto y favorecer su aceptación por parte de los consumidores.

Figura 5. *Diagrama de barras de los puntos de venta preferidos por los encuestados.*



Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Porcentaje total de encuestados que consumen el producto

En la pregunta 3, 30 personas aseguraron no consumir azucares ni edulcorantes; en la pregunta 7, 142 personas afirmaron no estar interesadas por el eritritol, en total 172 personas no consumirían este producto y 212 si lo harían. A partir de estos datos se calcula el porcentaje total de los encuestados que consumirían eritritol derivado del almidón de maíz (%CP) y los que no (%NP).

$$\%CP = \frac{212}{354} * 100\% = 55.20\%$$

$$\%NP = \frac{172}{384} * 100\% = 44.80\%$$

Estos porcentajes fueron utilizados para calcular la Demanda Actual Local (DAL).

5.1.5.1. Cálculo del Consumo per Cápita (CPC) a partir de los datos de la Encuesta

El consumo per cápita anual de eritritol se estimó a partir de la información recopilada en la encuesta aplicada al mercado objetivo, específicamente utilizando la frecuencia de consumo declarada por los encuestados. Para cada individuo se asignó un equivalente anual según su frecuencia de consumo (diario = 365 veces/año, semanal = 52, quincenal = 26, mensual = 12 y ocasional = 1), y se asumió un consumo promedio de 5 gramos por ocasión, correspondiente a un sachet individual. El consumo anual individual se calculó multiplicando el número de veces por año por la cantidad promedio utilizada en cada ocasión. Posteriormente, el consumo per cápita se obtuvo mediante el promedio aritmético de los consumos anuales individuales del segmento dispuesto a sustituir el azúcar por eritritol. Como resultado, se determinó un consumo per cápita estimado de 1.14 kg por persona al año, valor que sirve como base para la proyección de la demanda potencial del proyecto.

5.1.6. Demanda Actual Local

Para calcular la Demanda Actual Local (DAL), se estimó la población actual del Distrito I a partir de la población registrada en 2016 (218,525 habitantes) y la tasa de crecimiento anual del 0.5 %. Con estos parámetros, se proyectó la población vigente del distrito mediante la ecuación de crecimiento poblacional, la cual permite actualizar el número de habitantes en función del tiempo transcurrido y la tasa de incremento anual.

$$P_f = P_0(1+t)^n$$

$$P_{2026} = (218{,}525\ habitantes)\ (1+0.005)^{10} = 229{,}700.39\ \text{habitantes}$$

Con la población proyectada, el Consumo Per Cápita (CPC), el porcentaje de encuestados que consumen el producto (%CP) y el porcentaje de pobreza extrema en Nicaragua (6.4 %), se procedió a estimar la Demanda Actual Local (DAL) del eritritol derivado del almidón de maíz, ajustando la población objetivo para reflejar únicamente el segmento con capacidad real de consumo.

$$DAL = CPC \times PAL \times \%CP \times (1 - \%PE)$$

$$DAL = 136{,}124 \text{ Kg}/a\tilde{n}o$$

Para facilitar los cálculos en el estudio técnico, la Demanda Actual Local se convirtió de kilogramos a toneladas, considerando que 1 tonelada equivale a 1,000 kg; de esta manera, los 136,124 Kg/año estimados corresponden a 136.12 toneladas por año, unidad más adecuada para el dimensionamiento de la planta.

5.1.7. Proyección de la Demanda Local 2026-2030

La proyección de la demanda local para el periodo 2026-2030 se realizó a partir de la información de la tasa de crecimiento de la población del distrito I, igual a 0.5% (0.005), y la Demanda Actual Local (DAL) de 136,124 Kg/año. Esta proyección se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación y mostrada en la Tabla 5:

$$DAL_i = DAL \times (1 + t)^n$$

Tabla 5. *Proyección de la demanda local 2026-2030*

Año	Demanda local (ton/año)
2026	136.8
2027	137.48
2028	138.17
2029	138.86

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.1.8. Análisis de la Oferta

Con respecto a la producción, importación y exportación de edulcorantes en Nicaragua, la información disponible es limitada. En el caso de edulcorantes naturales como la miel, no existen datos precisos sobre el inicio ni el control de su producción; únicamente se conoce que más del 80 % se exporta como producto bruto. Asimismo, se identificó información de la empresa Agroindustria Alimenticia de Occidente (AGROALSA), que inició la producción nacional de Stevia (mezcla de sacarosa y extracto de estevia), el 30 de enero de 2015. Esta empresa, ubicada en

León, fue pionera en la elaboración y comercialización de este edulcorante natural, extraído de una planta con poder endulzante superior al del azúcar.

En 2016, AGROALSA registró una producción anual de 400 kg a nivel nacional y proyectaba exportaciones hacia Costa Rica y Panamá. La empresa participó en diversas ferias comerciales e ingresó a cadenas de gran escala como Walmart y PriceSmart; sin embargo, no se encontraron datos actualizados sobre su producción o exportaciones posteriores.

5.1.8.1. Oferta Actual Nacional

Se realizó una búsqueda de información relacionada con la oferta nacional del producto; sin embargo, no se encontraron datos sobre producción, importación ni comercialización. Tampoco se identificó oferta proveniente de mercados extranjeros que cumpla con los estándares del mercado nacional, por lo que se considera que la oferta actual es inexistente.

5.1.9. Demanda Potencial Insatisfecha

La Demanda Potencial Insatisfecha (DPI) se determinó mediante la diferencia entre la Demanda Actual Local (DAL) y la Oferta Actual Local (OAL). Considerando que no existe producción nacional formal de eritritol en Nicaragua, ni una oferta estructurada en el mercado local, la oferta actual local se considera nula. En consecuencia, la DPI es equivalente a la Demanda Actual Local estimada, resultando en 136.12 toneladas por año.

$$\boldsymbol{DPI = DAL}$$

5.1.10. Análisis de Precios

A continuación, se presenta el análisis de precios (Tabla 6) de datos recopilados en diferentes establecimientos en el Distrito I del municipio de Managua.

***Tabla 6**. Precios de los productos competencias en diferentes puntos de venta.*

Establecimiento	Marca	Producto	Presentación (g)	Precio $	Precio C$
La Unión	Splenda	Sucralosa	100 g	8.19	300
La Unión	Splenda	Sucralosa	200 g	12.69	465
La Unión	Splenda	Stevia	40 g	5.73	210
La Unión	Splenda	Stevia	80 g	10.42	382
La Unión	Splenda	Endulzante de fruta del monje	40 g	6.41	235
La Unión	Great value	Stevia	160 g	7.5	275
La Unión	Great value	Stevia granulada	275 g	8.4	308
La Unión	Great value	Stevia liquida	50 ml	4.64	170
La Unión	Great value	Sucralosa granulada	275 g	6.63	243
La Unión	Great value	Sucralosa	200 g	7.26	266
La Unión	Great value	Sucralosa	50 g	1.44	53
La Unión	Svetia	Stevia	100 g	5.86	215
La Colonia	Splenda	Sucralosa	100 g	9.3	340.75
La Colonia	Splenda	Sucralosa	50 g	5.21	191
La Colonia	Splenda	Sucralosa	200 g	13.86	508
La Colonia	Svetia	Stevia	50 g	2.85	104.44
Walmart	Splenda	Sucralosa	100 g	7.97	292
Walmart	Splenda	Stevia	80 g	10.37	380
Walmart	Splenda	Endulzante de fruta del monje	40 g	6.36	233
Walmart	Splenda	Sucralosa	200 g	12.33	452
Walmart	Great value	Sucralosa	200 g	7.15	262
Walmart	Great value	Stevia	275 g	8.38	307
Walmart	Great value	Stevia liquida	50 ml	4.5	165
Walmart	Great value	Stevia	160 g	7.48	274
Walmart	Great value	Sucralosa	50 g	1.41	52
Walmart	Great value	Sucralosa granulada	275 g	6.6	242
Walmart	Svetia	Stevia	50 g	3.71	136
Pricesmart	Splenda	Sucralosa	1000 g	26.84	983.25
Pricesmart	Members Selection	Sucralosa	1000 g	12.71	465.69
Pricesmart	Members Selection	Stevia	500 g	8.73	319.95

***Nota**. 1 USD = 36.63 córdoba con fecha 16 de febrero de 2026.*

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

El precio preliminar del eritritol se determinó mediante un análisis comparativo del precio por libra de los principales edulcorantes granulados disponibles en el mercado nacional (sucralosa y stevia granulada), calculando un promedio ponderado en función del tamaño de presentación. El resultado obtenido fue de 14.84 USD por libra, por lo que se propone un precio estratégico de introducción de 14.00 USD por libra, posicionándolo dentro del rango medio competitivo, garantizando accesibilidad al consumidor y viabilidad económica del proyecto.

5.1.11. Comercialización

Se ha seleccionado un canal de distribución corto conformado por productor – puntos de venta especializados – consumidor final, el cual se ajusta a las características del eritritol como edulcorante granulado de consumo doméstico y a la estrategia de introducción en el Distrito I de Managua.

***Figura 6**. Canal de Distribución Corto*



***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

Este modelo permite posicionar el producto en supermercados y tiendas naturistas, identificados en el estudio de mercado como los principales puntos de compra preferidos por los consumidores potenciales, facilitando el control sobre la exhibición, rotación y disponibilidad del producto. La reducción de intermediarios contribuye a optimizar el margen de comercialización y a mantener un precio competitivo dentro del rango medio del mercado de edulcorantes granulados, determinado mediante el análisis comparativo del precio por libra. La distribución se realizará mediante acuerdos comerciales directos con estos establecimientos estratégicamente ubicados en zonas de alto tráfico, efectuando entregas periódicas desde la planta productora para garantizar un abastecimiento continuo y ajustar los volúmenes de producción conforme al

comportamiento de la demanda local proyectada. Este esquema resulta adecuado para la etapa de introducción del producto, ya que permite un mayor control sobre la estrategia de posicionamiento, el monitoreo del comportamiento del consumidor y la evaluación progresiva de la aceptación en el mercado local.

5.2. Estudio Técnico

5.2.1. Tamaño de la Planta

El tamaño de la planta se determinó a partir de la proyección de la Demanda Potencial Insatisfecha (DPI), estimada en el estudio de mercado. Para efectos del dimensionamiento técnico, se decidió considerar el 45% de la DPI como base para el cálculo del volumen de producción anual. La selección de este porcentaje responde a que el eritritol constituye un producto nuevo en el mercado nacional y aún no se encuentra consolidado entre los edulcorantes de consumo habitual; por lo tanto, no resulta metodológicamente prudente asumir una captación total de la demanda disponible.

Sin embargo, dado que actualmente no existe oferta estructurada de eritritol en el país y el mercado se encuentra desatendido en este segmento específico, se considera técnicamente viable proyectar una participación significativa, aunque moderada, que permita justificar la instalación de los equipos necesarios y garantizar coherencia entre el estudio de mercado, el dimensionamiento de planta y el análisis financiero. Los resultados correspondientes al volumen de producción anual calculado se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. *Proyección del volumen de producción 2026-2030*

n	Año	DPI (ton/año)	Volumen de producción (ton/año)
1	2026	136.80	61.56
2	2027	137.48	61.87
3	2028	138.17	62.18
4	2029	138.86	62.49
5	2030	139.55	62.80

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.2.1.1. Capacidad Normal

La capacidad normal de la planta será igual al volumen de producción del último año del horizonte (2030), es decir, el mayor volumen de producción proyectado.

$Capacidad\ normal$ = 62.80 $\mathrm{ton}/año$

5.2.2. Capacidad de Diseño

Para la capacidad de diseño Se consideró un 15% de sobrediseño respecto a la capacidad normal con el fin de absorber variaciones operativas, posibles incrementos en la demanda y pérdidas inherentes al proceso productivo, garantizando estabilidad en la operación de la planta.

$Capacidad\ de\ diseño$ = (1 + 0.15) × $capacidad\ normal$

$Capacidad\ de\ diseño$ = 1.15 × 62.80 $\mathrm{ton}/año$

$Capacidad\ de\ diseño$ = 72.22 $\mathrm{ton}/año$

De esta manera, la planta se dimensiona para una capacidad de diseño de 72.22 toneladas por año.

5.2.3. Capacidad del Sistema

La capacidad del sistema (capacidad efectiva) se obtuvo ajustando la capacidad de diseño mediante la aplicación de un factor de eficiencia operativa del 90%. Este ajuste se realizó con el propósito de considerar factores que pueden afectar el desempeño real de la planta, tales como paros programados por mantenimiento, tiempos de limpieza y preparación entre lotes, variaciones propias del proceso fermentativo, ajustes operativos, y otras eventualidades que inciden temporalmente en la continuidad productiva.

La adopción de un 90% de eficiencia se considera un valor técnicamente prudente para una planta biotecnológica en fase de introducción, ya que permite estimar una capacidad operativa realista sin sobrestimar el rendimiento del sistema.

La capacidad efectiva del sistema se determinó mediante la siguiente ecuación:

$Capacidad\ del\ sistema$ = 0.90 × $Capacidad\ de\ diseño$

$Capacidad\ del\ sistema$ = 0.90 × 72.22 $\text{ton}/año$

$Capacidad\ del\ sistema$ = 64.99 $\text{ton}/año$

5.2.4. Capacidad Real

La capacidad real de la planta se estimó considerando una operación al 90% de la capacidad de diseño, con el propósito de reflejar el desempeño efectivo del sistema bajo condiciones normales de trabajo (Tabla 8). Este valor incorpora ajustes derivados de tiempos improductivos y ligeras variaciones propias del proceso, permitiendo obtener una estimación más representativa de la producción anual alcanzable.

La capacidad real se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Capacidad\ del\ real = 0.90 \times Capacidad\ normal$$

$$Capacidad\ del\ real = 0.90 \times 62.80\ \text{ton/año}$$

$$Capacidad\ del\ real = 56.52\ \text{ton/año}$$

Tabla 8*. Capacidad de diseño, capacidad del sistema y capacidad real de la planta*

Año	Capacidad de diseño (ton/año)	Capacidad del sistema (ton/año)	Capacidad real (ton/año)
2030	72.22	64.99	56.52

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.2.5. Localización de la Planta

Para la localización de la planta productora de eritritol a base de almidón de maíz, se evaluaron dos alternativas viables dentro del municipio de Managua, considerando las condiciones técnicas, logísticas y económicas propias de la zona. La selección de la ubicación más adecuada se realizó mediante la aplicación de un método de factores ponderados, basado en los criterios de localización que se presentan en la Tabla 9:

***Tabla 9**. Valores asignados a los factores de localización*

Código	Factores de Localización	Coeficiente ponderado
A	Acceso a servicios básicos (agua potable, energía eléctrica y alcantarillado)	10
B	Proximidad a la materia prima (almidón de maíz)	9
C	Costo del terreno	8
D	Acceso al mercado	7

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Descripción de los factores de localización

- Factor A: La disponibilidad de servicios básicos es indispensable para el funcionamiento de una planta industrial dedicada a la producción de eritritol, ya que el proceso requiere un suministro constante de agua, energía eléctrica y un sistema adecuado de manejo de efluentes. La ausencia de estos servicios implicaría una mayor inversión inicial, por lo que se asignó a este factor el mayor peso, con un valor de 10.
- Factor B: La cercanía a los transportistas de almidón de maíz, tanto a nivel local como regional, es un aspecto clave para reducir costos de transporte y garantizar un abastecimiento continuo de materia prima. Managua, por su ubicación estratégica y conectividad vial con zonas productoras y centros de distribución, resulta favorable, razón por la cual este factor recibió un coeficiente de 9.
- Factor C: El costo del terreno se evaluó en función del precio por metro cuadrado y del área requerida para la construcción de la planta, considerando tanto las áreas de producción como las zonas administrativas y de almacenamiento. Este factor

incide directamente en la inversión inicial del proyecto, por lo que se le asignó un valor de 8.

- Factor D: El acceso al mercado objetivo es fundamental para la comercialización del eritritol, ya que facilita la distribución hacia industrias alimentarias y comercios mayoristas. Al concentrar una gran parte de la población y de la actividad económica del país, Managua ofrece ventajas logísticas y comerciales, motivo por el cual este factor fue ponderado con un valor de 7.

La Tabla 10 muestra los puntajes asignados a cada factor de localización para las dos alternativas evaluadas.

Tabla 10. *Puntaje y asignación cualitativa*

Asignación de puntaje a cada alternativa	Asignación Cualitativa
100	Excelente
75	Regular
50	Mal

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

Las Tablas 11 y 12 presentan las dos alternativas de terreno propuestas para la localización de la planta productora de eritritol a base de almidón de maíz. Cada una de estas alternativas fue evaluada mediante la aplicación de un método cualitativo por puntos, con el objetivo de identificar la opción más adecuada y favorable para la inversión, considerando aspectos técnicos, económicos y logísticos que influyen directamente en la eficiencia operativa y el desarrollo del proyecto.

***Tabla 11**. Especificaciones del terreno 1*

Terreno No. 1	
Ubicación	Km 24.3 Carretera a Masaya, 300 mtrs al oeste
Precio	USD 49,000.00
Precio por m^2	USD 25.33
Tamaño	1,934m^2
Servicios	Agua potable y energía eléctrica
Acceso	Carretera a Masaya, acceso pavimentado
Características del sitio	Terreno plano, fácil acceso desde la carretera

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Evaluación de alternativa No. 1 Carretera Masaya Kilómetro 24.

• Factor A: Dispone de todos los servicios básicos necesarios, por lo que obtiene una calificación de 100.

• Factor B: Su cercanía a los proveedores ubicados en Masaya permite disminuir los costos de transporte y asegura un abastecimiento eficiente de la materia prima, alcanzando una calificación de 100.

• Factor C: El costo por metro cuadrado es más económico y no requiere gastos adicionales por trabajos de demolición, lo que le otorga una calificación de 100.

• Factor D: Se encuentra próximo al distrito 5 de Managua, zona que cuenta con una de las principales vías de transporte de la ciudad, por lo cual recibe una calificación de 100.

***Tabla 12**. Especificaciones del terreno 2*

Terreno No. 2	
Ubicación	Km 13.5 Carretera Vieja a León, Managua
Precio	USD 75,000.00
Precio por m^2	USD 31.30
Tamaño	2,395.8 m²
Servicios	Disponibilidad de energía eléctrica y agua potable
Acceso	Carretera Vieja a León, acceso pavimentado
Características del sitio	Terreno de topografía mayormente plana, cercanía a la vía principal, apto para uso industrial ligero, con facilidad para ingreso y salida de transporte de carga.

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Evaluación de alternativa No. 2 – Carretera Vieja a León

• Factor A: El terreno cuenta con servicios básicos de agua potable y energía eléctrica; sin embargo, se presentan interrupciones ocasionales que pueden afectar la continuidad del proceso productivo, haciendo necesaria la implementación de sistemas de respaldo, lo que incrementa los costos operativos (calificación 50).

• Factor B: La ubicación presenta una mayor distancia respecto a los transportistas de materia prima, lo cual incrementa los costos de transporte y los tiempos de abastecimiento necesarios para la operación de la planta (calificación 75).

• Factor C: El precio por metro cuadrado es más elevado y el terreno cuenta con infraestructura existente, lo que implica asumir costos adicionales por demolición, adecuación del sitio y gestión de residuos antes de iniciar la construcción (calificación 50).

• Factor D: Se encuentra más alejado del mercado meta de Managua, lo que puede generar mayores costos logísticos y afectar la eficiencia en la distribución del producto terminado (calificación 75).

***Tabla 13**. Tabla de puntajes ponderados*

CP	Factor de Ubicación	Calificación no ponderada (I)	Calificación no ponderada (II)	Puntaje ponderado (I)	Puntaje Ponderado (II)
10	A	100	50	1000	500
9	B	100	75	900	675
8	C	100	50	800	400
7	D	100	75	700	525
TOTAL				3400	2100

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Tras aplicar el método cualitativo por puntos, se determinó que la ubicación más estratégica para la planta es la alternativa No. 1, Km 24.3 Carretera a Masaya, con un puntaje de 3,400 en la tabla de ponderación.

5.2.6. Descripción del Proceso Productivo

5.2.6.1. Programa de Producción

Para establecer el programa de producción de helado de eritritol, fue necesario determinar el Tiempo Normal de Operación (TNO) y la capacidad de diseño por hora de la planta. Con esta información, es posible estimar la producción diaria, semanal, mensual y anual del producto.

5.2.6.2. Tiempo Normal de Operación (TNO)

El tiempo normal de operación (TNO) se definió considerando los días programados para mantenimiento preventivo de los equipos, equivalentes a 12 días al año, así como la deducción de los días domingo, establecidos como jornada de descanso para el personal de la planta, sumando un total de 52 días anuales. El proceso productivo del eritritol se llevará a cabo bajo un esquema por lotes, incluyendo la etapa de fermentación en biorreactor, la cual requiere el control de variables como temperatura y pH; debido a

que no se trata de un sistema de operación continua, no es necesario mantener actividades todos los días de la semana, por lo que la planta operará de lunes a sábado sin afectar la continuidad del proceso. Esta modalidad permite programar adecuadamente los ciclos de producción, evitando que coincidan con los días de parada y asegurando la estabilidad y el rendimiento del sistema. Asimismo, este esquema resulta adecuado para la escala de producción propuesta, ya que contribuye a la reducción de costos operativos asociados a mano de obra y consumo energético, sin comprometer la eficiencia ni la calidad del producto final. El TNO estará dado por la siguiente ecuación:

$$TNO = 24\frac{horas}{días} * \left[365\frac{días}{\text{año}} - (días\ de\ mantenimiento) - (Domingos)\right]$$

$$TNO = 24\frac{horas}{días} * \left[365\frac{días}{\text{año}} - (12) - (52)\right]$$

$$TNO = \left(\frac{24\ horas}{día}\right) * \left(\frac{301 días}{\text{año}}\right)$$

$$TNO = 7224\ {}^{horas}/_{\text{año}}$$

5.2.6.3. Capacidad de diseño por hora

Este dato se utilizó para los cálculos de los balances de masa y energía, así como para la selección de los equipos de la planta de eritritol derivado de almidón de maíz.

$$Capacidad\ de\ diseño\ por\ hora = capacidad\ de\ diseño \times \frac{1}{TNO}$$

$$Capacidad\ de\ diseño\ por\ hora = 72{,}220\ kg/\text{año} \times \frac{1}{7{,}224\ h/\text{año}}$$

$$Capacidad\ de\ diseño\ por\ hora = 9.99\ kg/h$$

Se consideró un horizonte de cinco años (2026- 2030), tomándose la capacidad de diseño proyectada para el año 2030 (9.99 kg/h) como base para los balances de materia y la selección de los equipos. Esto se debe a la necesidad de adaptarse al crecimiento de la Demanda Potencial Insatisfecha (DPI) durante los cinco años del horizonte, que garanticen la capacidad de producción de la planta para el incremento proyectado en la demanda.

La Tabla 14 presenta el programa de producción de la planta de eritritol derivado de almidón de maíz, proyectado para los cinco años del horizonte:

***Tabla 14**. Programa de producción 2026-2030*

Año	Producción por hora (kg/h)	Producción diaria (kg/día)	Producción semanal (kg/semana)	Producción mensual (kg/mes)	Producción anual (kg/año)
2026	9.80	235.20	1,411.18	5,899.50	70,794.00
2027	9.85	236.37	1,418.19	5,928.83	71,145.90
2028	9.90	237.55	1,425.31	5,958.58	71,502.98
2029	9.95	238.74	1,432.43	5,988.34	71,860.05
2030	10.00	239.92	1,439.54	6,018.09	72,217.13

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

5.2.6.4. Secuencia de operaciones

Consideraciones operativas

La planta opera bajo un esquema de producción por lotes, en el cual las operaciones unitarias se desarrollan de manera secuencial y no simultánea. Debido a la escala de producción y a la configuración del proceso, un mismo operario de producción por turno es responsable de ejecutar y supervisar las distintas etapas, desplazándose entre equipos conforme avanza el lote. Esta estrategia permite optimizar el uso del recurso humano sin afectar la continuidad operativa, ya que los tiempos de proceso, especialmente en la etapa de fermentación, permiten una operación escalonada.

Para el manejo de materiales y corrientes dentro de la planta se emplean carretillas manuales, pallet jack, palets plásticos, bandejas de acero inoxidable, bandejas plásticas apilables, estibas móviles, recipientes plásticos grado alimenticio, mangueras sanitarias, cubetas de acero inoxidable y contenedores intermedios tipo IBC (1000 L), los cuales facilitan el transporte, almacenamiento temporal y manipulación higiénica de sólidos y líquidos a lo largo del proceso.

El control de calidad se realiza de forma puntual en etapas críticas, mientras que las actividades de mantenimiento se ejecutan de manera programada.

a. Recepción de materia prima

El almidón de maíz es suministrado por la empresa Kíkitos Industrial S.A., ubicada en Honduras, y transportado hacia la planta mediante servicios logísticos terrestres proporcionados por la empresa Empremar, ubicada en carretera norte, Managua, la cual se encarga del traslado de la materia prima desde Honduras hacia Nicaragua. Considerando una producción anual aproximada de 70,794 kg de eritritol y un consumo cercano a 92,000 kg de almidón al año, el abastecimiento se realiza de forma mensual, evitando acumulación excesiva de inventarios y garantizando la continuidad del proceso productivo.

La cepa microbiológica *Moniliella pollinis* es adquirida mediante un proveedor especializado en cultivos microbiológicos para aplicaciones biotecnológicas industriales. La cepa es importada en presentaciones liofilizadas y posteriormente propagada bajo condiciones controladas para la preparación del inóculo requerido en el proceso fermentativo.

Durante la recepción, el analista de calidad realiza controles de calidad orientados a verificar las condiciones físicas del almidón, verifica contenido de humedad, integridad del empaque, apariencia visual y ausencia de contaminación. Asimismo, se supervisan las condiciones de almacenamiento de la cepa microbiológica, garantizando temperaturas adecuadas de conservación y condiciones sanitarias apropiadas para mantener su viabilidad.

Las materias primas son trasladadas desde el área de almacenamiento mediante carretillas manuales y pallets plásticos. El almidón es pesado utilizando la balanza industrial WINTRONIX WX-K600 y posteriormente descargado en la tolva vibratoria y la tolva cónica de acero inoxidable, asegurando una alimentación continua hacia el reactor de gelatinización.

b. Pretratamiento del almidón

El pretratamiento del almidón se realiza en el reactor de gelatinización con camisa modelo JM-150 de 150 L. El almidón es alimentado por gravedad desde la tolva de

almacenamiento, mientras el agua es incorporada desde el tanque vertical de polietileno mediante mangueras sanitarias y bombeo controlado.

Durante esta etapa, la mezcla es sometida a condiciones controladas de temperatura y agitación, promoviendo la gelatinización del almidón y la formación de un jarabe homogéneo. El operario supervisa continuamente variables críticas como temperatura del reactor, velocidad de agitación y tiempo de residencia, manteniendo condiciones adecuadas para evitar formación de grumos, sobrecalentamientos o pérdidas de producto.

El jarabe obtenido es transferido mediante bomba centrífuga sanitaria de acero inoxidable y tuberías sanitarias AISI 304 hacia la etapa de filtración. Asimismo, el operario verifica el funcionamiento de la bomba, conexiones sanitarias y flujo adecuado del sistema

c. Filtración del jarabe

La filtración se lleva a cabo utilizando el filtro prensa modelo XMY20/320, el cual permite remover sólidos no disueltos presentes en el jarabe proveniente del pretratamiento.

Durante esta operación, el operario supervisa el flujo del jarabe, presión de operación y nivel de saturación del filtro, garantizando una adecuada retención de sólidos y evitando obstrucciones o pérdidas de eficiencia en el sistema. Los sólidos retenidos son retirados manualmente utilizando recipientes de acero inoxidable, mientras el jarabe filtrado es conducido mediante tuberías sanitarias hacia la etapa de centrifugación.

d. Centrifugado del jarabe (clarificación)

La clarificación del jarabe se realiza en la centrífuga industrial tipo canasta modelo SSC-100, donde se eliminan impurezas finas que podrían afectar la calidad del medio fermentativo.

El operario supervisa continuamente la velocidad de rotación, balance de carga y estabilidad mecánica del equipo, evitando vibraciones excesivas durante la operación. Asimismo, verifica el flujo de descarga del jarabe clarificado y el retiro adecuado de impurezas separadas durante la centrifugación.

e. Preparación del medio fermentativo

La preparación del medio fermentativo se realiza en el tanque mezclador vertical con agitador modelo JB-150. El jarabe clarificado es transferido hacia el tanque mediante líneas sanitarias cerradas, donde se incorporan nutrientes necesarios para el desarrollo metabólico de la levadura Moniliella pollinis, incluyendo extracto de levadura como fuente de nitrógeno y una mezcla nutritiva compuesta por sales minerales y oligoelementos.

Durante esta operación, el operario supervisa la correcta incorporación de nutrientes, homogeneidad de la mezcla, temperatura del medio y condiciones sanitarias del sistema, evitando riesgos de contaminación microbiológica y asegurando condiciones adecuadas para el desarrollo de la fermentación.

f. Fermentación aeróbica

La fermentación aeróbica se desarrolla en el biorreactor de acero inoxidable modelo BLBIO-200GJ de 200 L, donde la levadura *Moniliella pollinis* transforma los azúcares presentes en el medio fermentativo para la producción de eritritol.

El sistema opera bajo condiciones controladas de aireación, agitación y temperatura, utilizando aire filtrado para mantener condiciones estériles dentro del reactor. Durante esta etapa, el operario supervisa continuamente variables críticas como temperatura, pH, velocidad de agitación, flujo de aire y tiempo de residencia aproximado de 48 horas, garantizando condiciones óptimas para la actividad metabólica del microorganismo y la estabilidad del proceso fermentativo.

El caldo fermentado es descargado mediante la válvula inferior del reactor y conducido hacia la siguiente etapa mediante bombeo sanitario.

g. Separación de biomasa.

El caldo fermentado es procesado nuevamente en la centrífuga industrial SSC-100 para separar la biomasa residual del licor que contiene eritritol. Debido a la escala de producción y naturaleza semicontinua del proceso, se reutiliza el mismo equipo empleado en la clarificación del jarabe, optimizando la inversión en equipos.

Previo a su reutilización, el operario ejecuta procedimientos de limpieza y desinfección tipo CIP, utilizando agua caliente y soluciones de limpieza adecuadas para evitar contaminación cruzada entre etapas. Durante la operación se supervisa la velocidad de centrifugación, estabilidad del equipo y calidad de separación obtenida.

h. Purificación del eritritol

La purificación del licor se realiza mediante la columna de carbón activado modelo ACF-50 y el filtro de cartucho modelo CF-20, ambos conectados mediante líneas sanitarias cerradas.

Durante esta etapa se eliminan compuestos no deseados e impurezas presentes en el licor posterior a la fermentación. El operario supervisa continuamente el flujo del licor, presión de operación, estado de saturación del carbón activado y condiciones del filtro de cartucho, garantizando la calidad del licor purificado antes de la etapa de concentración.

i. Concentración del eritritol

La concentración del licor purificado se realiza en el evaporador al vacío modelo RE-3002, conectado a una bomba de vacío de anillo líquido modelo 2BV2060 y a un condensador tubular de acero inoxidable modelo HEX-30.

Durante esta operación se elimina parte del agua contenida en el licor, aumentando la concentración de eritritol previa a la cristalización. El operario supervisa variables críticas como temperatura de evaporación, presión, nivel de vacío y funcionamiento del condensador, garantizando una evaporación eficiente sin afectar la calidad del producto.

j. Cristalización

La cristalización se desarrolla en el cristalizador agitado modelo CR-50, donde el concentrado es sometido a condiciones controladas de enfriamiento y agitación para inducir la formación de cristales de eritritol.

El operario controla la temperatura, velocidad de agitación y tiempo de cristalización, favoreciendo una formación uniforme de cristales y evitando variaciones granulométricas o aglomeraciones durante el proceso.

k. Separación y lavado de cristales

La suspensión cristalina es conducida nuevamente hacia la centrífuga industrial SSC-100, donde se separan los cristales del licor madre y posteriormente se realiza el lavado de cristales.

Durante esta etapa, el operario supervisa la velocidad de centrifugación, tiempo de operación y estado higiénico del equipo, asegurando una adecuada separación del producto y minimizando pérdidas de eritritol.

Previo a su reutilización, el operario ejecuta un procedimiento de limpieza CIP, el cual consiste en la circulación interna de agua caliente y soluciones de limpieza a través del sistema, permitiendo remover residuos adheridos y reducir riesgos de contaminación cruzada entre operaciones. Posteriormente, el equipo es enjuagado y verificado sanitariamente antes de iniciar una nueva operación.

l. Secado

Los cristales húmedos son transportados mediante bandejas de acero inoxidable hacia el horno secador industrial modelo CT-1, donde se reduce el contenido de humedad del producto.

El operario supervisa continuamente la temperatura del secador, tiempo de residencia y humedad final del eritritol, garantizando condiciones adecuadas para la conservación y estabilidad del producto terminado

m. Tamizado

El eritritol seco es alimentado al tamiz vibratorio circular modelo ZS-350, donde se realiza la clasificación granulométrica del producto.

Durante esta operación, el operario supervisa el flujo del producto, vibración del equipo y uniformidad del tamaño de partícula obtenido, asegurando que el eritritol cumpla con las especificaciones requeridas.

n. Reducción de tamaño

La reducción de tamaño se realiza mediante el molino cónico modelo FZ-150, el cual permite obtener un tamaño de partícula uniforme previo al envasado.

El operario verifica la alimentación adecuada del equipo, velocidad de operación y granulometría del producto final, evitando acumulaciones o sobrecargas durante la molienda.

o. Envasado

El producto es dosificado mediante el dosificador volumétrico (DCS-15) y envasado en presentaciones comerciales mediante la selladora de sachets (DXD-50) o la empacadora de bolsas (FR-900). El flujo del producto se mantiene controlado mediante sistemas cerrados y alimentación por tolva.

Durante esta etapa, el operario supervisa el peso del producto, correcto sellado de los envases, continuidad del flujo de alimentación y condiciones higiénicas del área de empaque, garantizando la adecuada presentación comercial del producto terminado.

p. Almacenamiento

El producto terminado es transportado mediante carretillas manuales y pallet jack hacia estanterías industriales (SR-2000), donde se almacena bajo condiciones controladas hasta su distribución.

5.2.6.5. Balance de Masa

La Tabla 15 presenta los resultados de los cálculos del balance de masa en cada etapa del proceso, organizados por corrientes y resumidos para los cinco años del horizonte del proyecto.

***Tabla 15**. Flujos másicos de cada una de las corrientes del proceso 2026-2030.*

Corriente	2026	2027	2028	2029	2030
A	12.74	12.81	12.87	12.94	13.00
B	28.57	28.71	28.86	29.00	29.15
C	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43
D	41.31	41.52	41.73	41.94	42.15
E	39.22	39.42	39.62	39.82	40.02
F	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13
G	38.45	38.64	38.84	39.03	39.23
H	0.77	0.78	0.78	0.79	0.79
I	38.87	39.07	39.26	39.46	39.66
J	23.17	23.29	23.40	23.52	23.64
K	9.81	9.86	9.91	9.96	10.01
L	5.89	5.92	5.95	5.98	6.01
M	20.85	20.95	21.06	21.16	21.27
N	2.32	2.33	2.35	2.36	2.37
O	19.85	19.95	20.05	20.15	20.25
P	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02
Q	11.19	11.25	11.31	11.36	11.42
R	8.65	8.70	8.74	8.79	8.83
S	11.19	11.25	11.31	11.36	11.42
T	10.50	10.55	10.60	10.66	10.71
U	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71
V	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71
W	9.80	9.85	9.90	9.95	10.00
X	9.80	9.85	9.90	9.95	10.00

Nota: Los cálculos fueron desarrollados utilizando Microsoft Excel. Los balances correspondientes al volumen de producción del último año del horizonte se presentan redondeados a dos cifras decimales para facilitar su interpretación, lo que puede generar ligeras variaciones en los flujos de algunas corrientes.

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

5.2.6.6. Balance de Energía

En la Tabla 16 se presentan los resultados de los cálculos del balance de energía requeridos en las etapas del proceso de eritritol derivado de almidón de maíz.

***Tabla 16**. Resultados del balance de energía en las etapas del proceso requeridas*

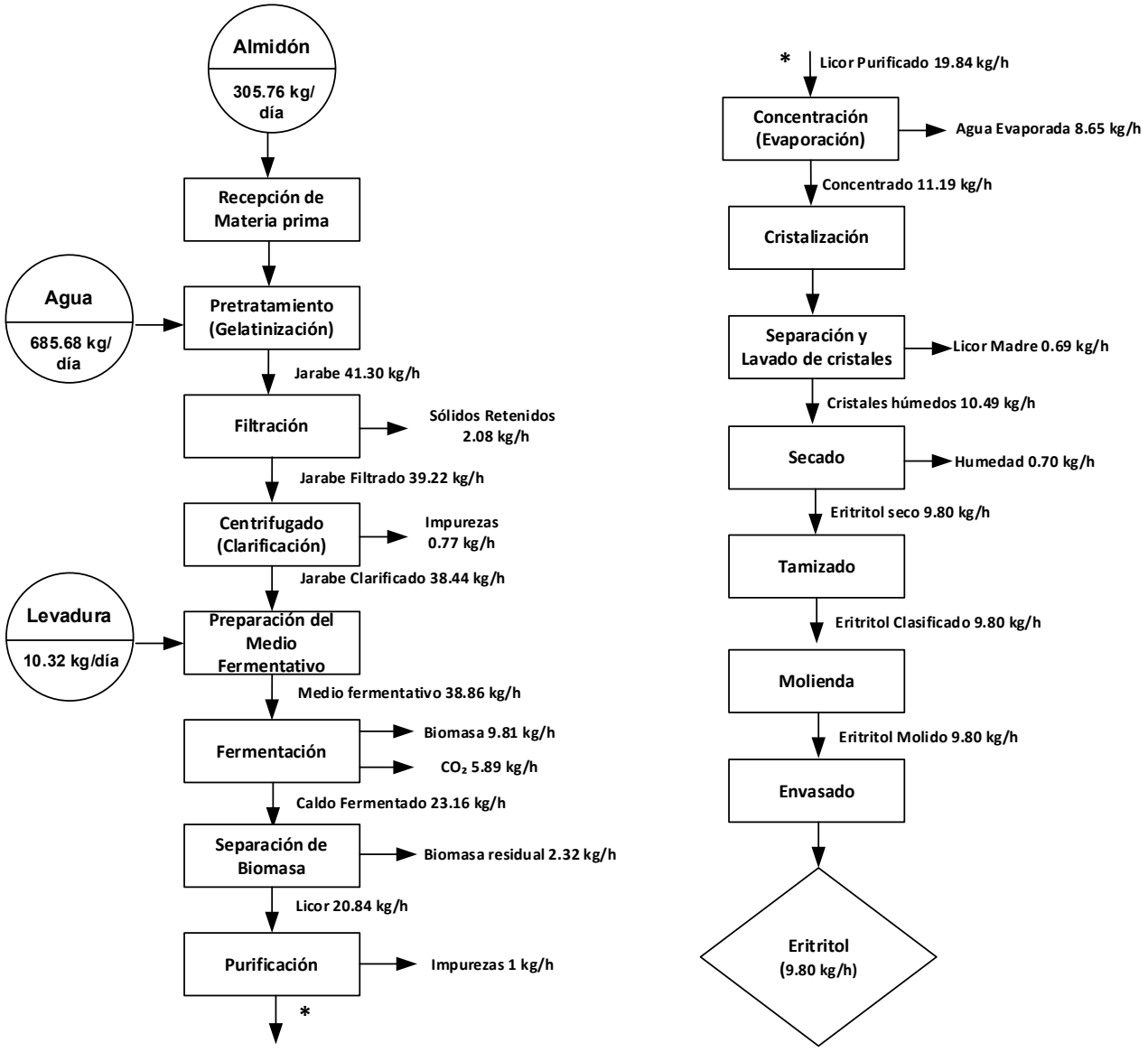
Nº	Etapa	Tipo de energía	Energía (kJ/h)	Potencia (kW)
1	Pretratamiento	Calor	10,959.00	3.04
2	Fermentación	Mecánica	4,320	1.2
3	Centrifugado	Mecánica	1,440	0.4
4	Evaporación	Calor	45,480.00	12.63
5	Cristalización	Enfriamiento	2,880	0.8
6	Secado	Calor	11,520	3.2
TOTAL			**76,599.00**	**21.27**

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

5.2.6.7. Diagrama de bloques

En la Figura 7 se presenta el Diagrama de flujo del proceso de producción de eritritol derivado del almidón de maíz.

Figura 7: *Flujograma del proceso de producción de Eritritol derivado del almidón de maíz.*



Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.2.7. Requerimientos Tecnológicos

5.2.7.1. Requerimientos de Equipos

En las Tablas 17 y 18 se presenta los requerimientos de los equipos y materiales (**Ver Anexos III**) propuestos para la producción de eritritol derivado de almidón de maíz:

***Tabla 17**. Requerimientos de los equipos del proceso.*

Equipos	Capacidad	Dimensión (m)	Capacidad requerida	n
Tolva de alimentación (Tolva vibratoria de acero inoxidable)	50 L (~30 kg)	0.6 × 0.6 × 0.8	16.7 kg/h	1
Balanza industrial (WINTRONIX WX-K600)	50 kg	0.40 × 0.30 × 0.75	20 kg/batch	1
Tanque de agua (Tanque vertical de polietileno Karmod)	1000L	0.95 × 0.95 × 1.61	900 L/día (37.4 kg/h)	1
Tolva de almidón (Tolva cónica de acero inoxidable)	100 L (~60 kg)	0.60 × 0.60 × 0.90	50kg	1
Reactor de gelatinización (Tanque mezclador con camisa 150 L – modelo JM-150)	150L	0.70 × 0.70 × 1.30	50–55 kg/h (~100 L)	1
Filtro prensa (modelo XMY20/320)	100 L/h	1.20 × 0.60 × 0.80	50–55 kg/h	1
Centrífuga (Centrífuga industrial tipo canasta 100 L – modelo SSC-100)	100 L/batch	0.90 × 0.70 × 0.80	50 kg/h	1
Tanque mezclador (Tanque mezclador vertical con agitador modelo JB-150)	150L	0.65 × 0.65 × 1.20	50 kg/h (~100 L)	1
Biorreactor aeróbico (Fermentador de acero inoxidable 200 L – modelo BLBIO-200GJ)	200L	0.80 × 0.80 × 1.80	100 L (TR ≈ 48 h)	1
Columna de carbón activado (Filtro de carbón activado en acero inoxidable modelo ACF-50)	50L	0.30 × 0.30 × 1.20	20-30L	1

Filtro de cartucho (Simple en acero inoxidable 20 L/min – modelo CF-20)	20 L/min	0.25 × 0.25 × 0.70	10–15 L/min	1
Evaporador al vacío (Evaporador rotatorio industrial 30 kg/h – modelo RE-3002)	30 kg/h	1.20 × 0.60 × 1.80	25–30 kg/h	1
Bomba de vacío (Bomba de vacío de anillo líquido modelo 2BV2060)	2 HP	0.50 × 0.25 × 0.30	1-2 HP	1
Condensador (Condensador tubular de acero inoxidable modelo HEX-30)	30 kg/h	1.00 × 0.30 × 0.30	30kg/h	1
Cristalizador agitado (Cristalizador con agitador modelo CR-50)	50 L	0.50 × 0.50 × 1.00	30-50 L	1
Secador de bandejas (Horno secador industrial modelo CT-1)	20 kg/batch	1.10 × 0.80 × 1.50	10–15 kg/batch	1
Tamiz vibratorio (Circular– modelo ZS-350)	20 kg/h	0.50 × 0.50 × 0.90	10–15 kg/h	1
Molino cónico (Modelo FZ-150)	15 kg/h	0.50 × 0.40 × 0.90	10 kg/h	1
Dosificador volumétrico (Dosificador de tornillo sinfín modelo DCS-15)	15 kg/h	0.60 × 0.40 × 0.80	10 kg/h	1
Selladora de sachets (Máquina empacadora vertical automática– modelo DXD-50)	15 unid/min	0.80 × 0.70 × 1.70	10–15 unid/min	1
Empacadora de bolsas (Selladora continua de banda– modelo FR-900)	10 bolsas/min	0.85 × 0.40 × 0.60	5–10 bolsas/min	1
Estanterías industriales (Rack metálico de almacenamiento modelo SR-2000)	2–3 ton	2.00 × 0.60 × 2.00	2000 kg	1
Bomba centrífuga (Bomba sanitaria acero inoxidable modelo ZX)	3 m^3/h	0.50 × 0.25 × 0.30	2 m^3/h	2

Nota. Las dimensiones de los equipos corresponden al orden largo x ancho x alto.
Fuente: *Elaboración propia (2026).*

***Tabla 18**. Materiales requeridos en el área producción*

Materiales	Cantidad
Carretillas manuales	2
Pallet jack (transpaleta manual)	1
Bandejas de acero inoxidable	15
Bandejas plásticas apilables	15
Palets plásticos	10
Estibas móviles (carros de bandejas)	2
Recipientes plásticos grado alimenticio (50 L)	10
Mangueras sanitarias	8
Cubetas de acero inoxidable	8
Contenedores intermedios (IBC 1000 L)	2
Equipo de limpieza manual	1 set

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

5.2.7.2. Materia prima e insumos

Para estimar los requerimientos de materia prima e insumos, se tomaron como base los balances de materia y los días anuales de operación de la planta (301 días), definidos en el programa de producción. Dichos requerimientos se proyectaron a lo largo de los cinco años del horizonte de evaluación, cuyos resultados se muestran en la tabla 19.

***Tabla 19.** Requerimientos de materia prima e insumos 2026-2030*

Año	Materia prima requerida		
	Almidón (kg/año)	Agua (kg/año)	Levadura (kg/año)
2026	92034	206390	3,106.32
2027	92467	207473	3,120.95
2028	92973	208412	3,138.02
2029	93406	209496	3,152.65
2030	93912	210580	3,169.72

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

Además de los insumos previamente mencionados, el proceso contempla materiales de empaque como cajas para sachets, los propios sachets individuales y bolsas multilaminadas con sistema de cierre tipo zipper, los cuales son fundamentales para la presentación y conservación del producto final; en función de la preferencia del mercado identificada, el 58% de la producción se destinará al envasado en cajas de sachets (38% en presentaciones de 100 unidades y 20% en presentaciones de 50 unidades), mientras que el 42% restante se empacará en bolsas multilaminadas con cierre zipper (31% en presentaciones de 1 libra y 11% en presentaciones de 2 libras). A continuación, se detallan los requerimientos de estos materiales en la siguiente tabla.

Tabla 20*.Requerimientos de empaques para eritritol 2026-2030*

Año	Cajas 100 Sachets (500 g)	Cajas 50 Sachets (250 g)	Bolsas 1 lb (453.6 g)	Bolsas 2 lb (907.2 g)
2026	53,803	56,635	48,372	8,585
2027	54,071	56,917	48,647	8,626
2028	54,342	57,202	48,919	8,668
2029	54,614	57,488	49,192	8,709
2030	54,885	57,774	49,465	8,751

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.2.7.3. Requerimientos del área administrativa-financiera

En la tabla 21 se presentan los requerimientos en mobiliario y materiales del área administrativa-financiera:

***Tabla 21**. Mobiliario y materiales requeridos en el área admirativa-financiera*

Mobiliario y materiales	**Cantidad**
Escritorios	4
Computadoras	4
sillas de oficina	6
Cafetera	1
Mesa para cafetera	1
Mesa de conferencia	1
Impresoras	2
Engrapadoras y grapas	4
Archiveros	3
Teléfono convencional	4
Aire condicionado	2
Lámparas LED	10
Internet de 500 Mbps (Claro)	1
Extintores	4

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

5.2.7.4. Control de Calidad

Las pruebas de control de calidad en la producción de eritritol a partir de almidón de maíz son fundamentales para garantizar que el producto final cumpla con los estándares de calidad, pureza e inocuidad alimentaria, así como con las especificaciones requeridas para su uso en la industria alimentaria. Por esta razón, en el área de control de calidad de la planta se realizarán análisis físicos, químicos y microbiológicos en las diferentes etapas del proceso y en el producto terminado.

I. Análisis Físicos

Determinación de granulometría: Permite evaluar el tamaño y la uniformidad de los cristales de eritritol obtenidos tras la cristalización y el secado. Una granulometría adecuada asegura buena solubilidad, fluidez y facilidad de manejo del producto durante el envasado y su aplicación industrial.

Determinación de densidad aparente: Se mide la relación entre la masa y el volumen del eritritol en polvo, influyendo en el almacenamiento, transporte y dosificación del producto, así como en la evaluación indirecta de la eficiencia del secado y la cristalización.

Evaluación de humedad: Permite verificar la eficiencia del secado y garantizar la estabilidad del producto durante su almacenamiento, evitando la aglomeración de cristales.

Actividad de agua (a_w): Se determina la cantidad de agua libre disponible en el producto, lo cual está directamente relacionado con el crecimiento microbiano y la estabilidad del eritritol durante su almacenamiento. Valores bajos de actividad de agua contribuyen a una mayor vida útil y seguridad del producto.

II. Análisis Químicos

Contenido de eritritol (pureza): Este análisis permite determinar el porcentaje de eritritol presente en el producto final, estableciendo como criterio de calidad una pureza mínima de ≥ 99%, lo cual garantiza un producto con sabor neutro, estabilidad química y cumplimiento de normativas alimentarias.

Contenido de sólidos solubles: Se emplea principalmente durante etapas intermedias del proceso, como la fermentación y concentración del jarabe, para monitorear el consumo de azúcares y el avance del proceso fermentativo.

Determinación de pH: El control del pH es esencial para asegurar condiciones óptimas durante la fermentación con la levadura Moniliella spp., así como para prevenir el desarrollo de microorganismos no deseados. En el caso del eritritol, al ser un polialcohol

químicamente neutro, presenta un pH cercano a la neutralidad (aproximadamente entre 6.5 y 7.5 en solución acuosa), lo cual favorece su estabilidad y su aplicación en la industria alimentaria.

III. Análisis microbiológicos

Conteo de microorganismos: Este análisis garantiza la inocuidad del eritritol producido mediante la verificación de la carga microbiana total. Se realiza mediante conteo en placa para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, utilizando medios de cultivo específicos.

Detección de microorganismos indicadores: Se incluye la evaluación de microorganismos indicadores de contaminación, como coliformes, con el objetivo de asegurar la ausencia de contaminación fecal y condiciones higiénicas adecuadas durante el proceso.

Criterio microbiológico: El producto final debe cumplir con criterios de inocuidad, estableciendo la ausencia de coliformes y niveles mínimos de carga microbiana, lo cual, junto con los bajos valores de actividad de agua, contribuye a la estabilidad y seguridad del eritritol durante su almacenamiento.

IV. Equipos, materiales y reactivos requeridos

A continuación, se presentan las tablas de los equipos (22), materiales y reactivos (23) necesarios en el área de control de calidad que permiten llevar a cabo de manera efectiva cada prueba de control de calidad del Eritritol derivado de almidón de maíz.

***Tabla 22**. Requerimientos de equipos en el área de control de calidad*

Equipos	Unidades	Prueba de calidad
pH-metro digital	1	Control de pH en fermentación y purificación
Balanza analítica	1	Determinación de masa y concentración
Refractómetro digital	1	Medición de sólidos solubles
Viscosímetro	1	Evaluación de viscosidad del jarabe
Estufa de secado	1	Determinación de humedad
Espectrofotómetro	1	Cuantificación de eritritol y azúcares
Incubadora microbiológica	1	Cultivo microbiológico
Autoclave	1	Esterilización de material
Microscopio óptico	1	Observación de cultivos
Contador de colonias	1	Recuento microbiológico

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 23. *Requerimientos de materiales y reactivos del área de control de calidad*

Materiales y reactivos	Cantidad	Prueba de calidad
Placas Petri estériles	2 paquetes	Cultivo microbiológico
Tubos de ensayo estériles	2 paquetes	Preparación de muestras
Pipetas estériles desechables	3 paquetes	Transferencia de muestras
Asa bacteriológica	2 unidades	Siembra microbiológica
Frascos estériles para muestreo	6 unidades	Toma de muestras
Cápsulas de porcelana	4 unidades	Determinación de humedad
Papel filtro	2 paquetes	Filtración de muestras
Guantes desechables	3 cajas	Bioseguridad
Mascarillas	2 cajas	Control sanitario
Bolsas para residuos biológicos	2 paquetes	Eliminación de residuos
Agua destilada	2 bidones (20 L)	Preparación de soluciones
Soluciones buffer pH 4 y 7	2 frascos (cada uno)	Calibración del pH-metro
Ácido clorhídrico (HCl)	1 frasco (1 L)	Ajuste de pH
Hidróxido de sodio (NaOH)	1 frasco (1 L)	Neutralización
Fenolftaleína	1 frasco	Indicador químico
Reactivos enzimáticos para glucosa	1 kit	Determinación de azúcares
Agar PCA	1 frasco (500 g)	Recuento total
Agar MacConkey	1 frasco (500 g)	Detección de coliformes
Agar para mohos y levaduras	1 frasco (500 g)	Control microbiológico
Reactivos para tinción de Gram	1 kit	Identificación microbiológica

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.7.5. Requerimientos del área de comedor/casilleros

En la Tabla 24 se presentan los requerimientos en mobiliario y materiales en el área de comedor/casillero:

Tabla 24*.Mobiliario y materiales requeridos en el área de comedor/casillero*

Mobiliario y Materiales	Cantidad
Mesas rectangulares (6–8 personas)	2
Sillas plásticas apilables	16
Microondas	1
Refrigeradora	1
Bote de basura industrial	2
Bandejas	20
Set de vasos plásticos (6 unidades)	4
Set de cubiertos (24 piezas)	2
Armario para almacenamiento de utensilios	1
Dispensador de agua fría y caliente	2
Lockers (casilleros para personal)	8
Cocina doméstica (4 quemadores)	1

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.7.6. Requerimientos del Área de Servicios Sanitarios

En la Tabla 25 se presentan los requerimientos en mobiliarios y materiales en el área de servicios sanitarios:

Tabla 25. *Requerimientos del área de servicios sanitarios.*

Mobiliario y materiales	Cantidad
Inodoros	3
Lavamanos	2
Espejos	2
Cubos de basura de acero inoxidable	4
Dispensador de jabón líquido	2
Dispensador de papel higiénico	3
Dispensador de toallas de papel	2

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.7.7. Requerimientos de Agua

Para calcular el consumo de agua anual de la planta de eritritol se consideró lo siguiente:

Proceso de producción: El consumo de agua en el proceso se determinó a partir de los balances de materia proyectados para el horizonte de planeación. Según dichos balances, el flujo de agua requerido es de aproximadamente 28.57 L/h. Considerando que la planta opera de forma continua durante 24 horas al día, el consumo diario es de aproximadamente 685.68 L/día, equivalente a 0.69 m^3/día.

En términos anuales, considerando una operación de 301 días al año, el consumo de agua del proceso es de aproximadamente 206.71 m^3/año.

Área de baños: De acuerdo con criterios de diseño sanitario y considerando una planta con 23 empleados, se estableció la instalación de 3 inodoros y 2 lavamanos, garantizando condiciones adecuadas de higiene. Se considera que cada descarga de inodoro consume aproximadamente 5 litros de agua, mientras que el uso de lavamanos requiere 1 litro por uso, con un promedio de 3 usos diarios por empleado.

Dado que la planta opera en tres turnos, se estima un uso diario promedio equivalente a 15 personas por día en términos de consumo acumulado. Con base en estos parámetros, el consumo de agua en el área de baños es de aproximadamente 375 L/día, equivalente a 0.38 m³/día, lo que representa un consumo anual de 113.03 m³/año.

Área de comedor: Para el área de comedor, se considera el consumo de agua asociado a la limpieza de utensilios, uso básico y mantenimiento del área. Se estima un consumo de 4 litros por persona al día para limpieza y uso general. Considerando el mismo promedio de 15 personas por día, el consumo total es de aproximadamente 60 L/día, equivalente a 0.06 m³/día, lo que corresponde a 18.07 m³/año.

Consumo personal: El consumo personal de agua incluye el agua destinada para beber y usos menores. Se considera un consumo de 4 litros por persona al día. Con un promedio de 15 empleados diarios, el consumo total es de aproximadamente 60 L/día, equivalente a 0.06 m³/día, lo que representa 18.07 m³/año.

Lavado de equipos: El consumo de agua para el lavado de equipos se estimó con base en la cantidad y tipo de equipos utilizados en el proceso (reactor, biorreactor, centrífuga, filtros, evaporador, entre otros), así como en la operación continua de la planta. Se considera un consumo aproximado de 0.40 m³/día, equivalente a 120.45 m³/año, lo cual es consistente con plantas de pequeña escala con limpieza periódica tipo CIP.

En la tabla 26 se presentan los requerimientos anuales de agua anuales para la planta procesadora de eritritol derivado de almidón de maíz, proyectados para los cinco años del horizonte:

Tabla 26. *Requerimientos de agua 2026-2030*

Requerimiento	2026	2027	2028	2029	2030
Proceso de producción	206.71	210.85	215.07	219.37	223.76
Área de baños	113.03	115.29	117.6	119.95	122.35
Área de comedor	18.07	18.43	18.8	19.18	19.56
Consumo personal	18.07	18.43	18.8	19.18	19.56
Lavado de equipos	120.45	122.86	125.32	127.83	130.38
TOTAL	476.33	485.86	495.59	505.51	515.61

Nota: El consumo de agua fue calculado considerando una operación de 301 días al año, acorde con el calendario productivo de la planta. Se proyectó un incremento anual del 2%, obteniendo los requerimientos hídricos para el horizonte de planeación.

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.7.8. Requerimientos de Combustible

El consumo de combustible de la planta corresponde al uso de un generador eléctrico de respaldo y una camioneta de uso operativo para actividades logísticas y de distribución a pequeña escala. Para el transporte de mayores volúmenes de producto y materia prima se considera la contratación de servicios externos, lo cual permite reducir costos operativos y evitar la inversión en flota pesada. El detalle del consumo de combustible estimado para cada equipo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 27. *Requerimientos de combustible 2026-2030*

Equipos	Cantidad	Capacidad (L/día)	Consumo de combustible (L/año)
Generador eléctrico (diésel)	1	2.5	323
Camioneta Toyota Hilux (cabina simple, diésel)	1	4	1,204

Nota: El generador eléctrico opera únicamente como respaldo ante interrupciones del suministro eléctrico, por lo que su consumo de combustible es intermitente. Se estimó un uso promedio de 3 horas por semana, resultando en un consumo anual aproximado de 323 L de diésel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

5.2.7.9. Requerimientos energéticos

Las Tablas 28 a 31 presentan los requerimientos energéticos de los equipos utilizados en las diferentes áreas de la planta productora de eritritol derivado de almidón de maíz.

***Tabla 28**. Requerimientos energéticos de los equipos del proceso*

Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	h/día	Días/año	Consumo (kWh/año)
Tolva de alimentación	0.5	1	6	150	450
Balanza industrial	0.1	1	2	150	30
Reactor de gelatinización	5	1	8	150	6,000
Filtro prensa	2	1	6	150	1,800
Centrífuga	4	1	6	150	3,600
Tanque mezclador	2	1	6	150	1,800
Biorreactor	3	1	24	301	21,672
Columna carbón activado	0.5	1	6	150	450
Filtro de cartucho	0.3	1	6	150	270
Evaporador al vacío	6	1	8	150	7,200
Bomba de vacío	2	1	8	150	2,400
Condensador	1.5	1	8	150	1,800
Cristalizador	2	1	8	150	2,400
Secador de bandejas	8	1	6	150	7,200
Tamiz vibratorio	1	1	4	150	600
Molino cónico	2	1	4	150	1,200
Dosificador volumétrico	1	1	6	180	1,080
Selladora de sachets	2.5	1	6	180	2,700
Empacadora de bolsas	1.5	1	4	180	1,080
Bombas centrífugas (2)	1.5	2	8	150	3,600
TOTAL	—	—	—	—	73,332 kWh/año

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

El consumo energético de los equipos fue estimado considerando la operación por lotes del proceso. Dado que no todas las unidades operan de manera continua durante los 301 días al año, se ajustaron los días efectivos de uso según la secuencia del proceso. El biorreactor presenta operación continua, mientras que el resto de equipos opera de forma intermitente, resultando en un consumo energético total aproximado de 73,332 kWh/año.

***Tabla 29**. Requerimientos energéticos de los equipos del área de control de calidad*

Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	h/día	Días/año	Consumo (kWh/año)
pH-metro digital	0.02	1	2	250	10
Balanza analítica	0.05	1	2	250	25
Refractómetro digital	0.02	1	2	250	10
Viscosímetro	0.1	1	2	200	40
Estufa de secado	1.5	1	4	200	1,200
Espectrofotómetro	0.3	1	3	250	225
Incubadora microbiológica	0.8	1	24	300	5,760
Autoclave	2	1	2	200	800
Microscopio óptico	0.05	1	3	200	30
Contador de colonias	0.05	1	2	200	20
TOTAL	—	—	—	—	8,120 kWh/año

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

El consumo energético del área de control de calidad se estimó considerando el uso intermitente de los equipos analíticos, en función de la frecuencia de muestreo y análisis requeridos. Los equipos microbiológicos presentan mayor tiempo de operación, mientras que los instrumentos de medición se utilizan de forma puntual. El consumo total estimado es de 8,120 kWh/año.

Tabla 30. *Requerimientos energéticos de los equipos del área administrativa- financiera*

Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	Tiempo de uso (h/día)	Días/año	Consumo de energía (kWh/año)
Computadora Lenovo (ThinkCentre)	0.14	4	8	301	1,347
Cafetera Black & Decker (CM0941B)	0.9	1	2	301	542
Impresora HP (5SD78A 6475 AIO)	0.5	2	1	301	301
Aire acondicionado MINISPLIT MIRAGE (Absolut X)	3.5	2	8	301	16,856
Lámparas PLAFON LED (T243L)	0.02	10	8	301	482
TOTAL	—	—	—	—	19,528 kWh/año

***Fuente*:** Elaboración adaptada (2026).

Tabla 31. *Requerimientos energéticos de los equipos de las áreas comedor/casillero*

Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	Tiempo de uso (h/día)	Nº días	Consumo de energía (kWh/año)
Microondas LG (MS2042D)	1.2	1	1	301	361
Refrigeradora MABE (10–12 pies)	0.15	1	24	301	1,084
Dispensador de agua fría/caliente (MABE/Primo)	0.5	2	8	301	2,408
TOTAL	—	—	—	—	**3,853 kWh/año**

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.7.10. Requerimientos indirectos

Para la operación de la planta es necesario considerar los requerimientos indirectos que aseguren la eficiencia de las operaciones, así como el cumplimiento de las normas de calidad, inocuidad e higiene propias de la industria alimentaria. En la Tabla 32 se presenta el desglose de los materiales necesarios para las distintas áreas y actividades dentro de la planta, incluyendo materiales de limpieza y desinfección, uniformes para el personal de limpieza y vigilancia, equipo de protección personal para operarios de producción, almacenamiento y mantenimiento, así como insumos utilizados en las labores de sanitización y mantenimiento de los equipos.

Adicionalmente, se incluyen los materiales necesarios para el etiquetado y embalaje secundario del producto, los cuales son fundamentales para garantizar la adecuada presentación, protección y distribución del eritritol en sus diferentes presentaciones comerciales, cumpliendo con los requerimientos del mercado.

Tabla 32. *Materiales indirectos de la planta.*

Materiales	Cantidad/anual
Detergente industrial (25 kg)	12
Desengrasantes (1 gal)	4
Máscaras de seguridad	6
Gafas de seguridad	6
Cascos	6
Guantes de seguridad	6
Botas de seguridad punta de acero	6
Uniforme de los vigilantes	4
Uniformes del personal de limpieza	6
Caja de guantes de látex	18
Caja de red para el cabello	12
Caja de mascarillas desechables	24
Caja de tapones para oídos reutilizables	4
Desinfectante (1 gal)	24
Jabón líquido	12
Set de 6 papel higiénico	30
Etiquetas	**8,269,007**
Cajas de cartón corrugado	**167,395**
Cinta adhesiva industrial	800

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

5.2.8. Obras Civiles

5.2.8.1. Descripción de las áreas de la planta

a. Descripción general de los alrededores y accesos

El perímetro de la planta se encuentra delimitado mediante un cerramiento perimetral que restringe el acceso a personal no autorizado y garantiza la seguridad operativa. Se dispone de un acceso vehicular principal destinado al ingreso de materia prima, insumos, despacho de producto terminado y entrada de vehículos del personal de la empresa así

como un acceso peatonal independiente para el personal. El acceso vehicular permite la circulación de camiones de carga y maniobras de entrada y salida, facilitando la logística sin interferir con las áreas internas de proceso.

b. Recepción de materia prima (110 m²)

El área de recepción de materia prima está diseñada para la descarga, inspección y pesaje del almidón de maíz, levadura e insumos auxiliares. Su dimensión permite la circulación de equipos de transporte interno, la instalación de balanzas y la ejecución de controles de calidad iniciales, asegurando un flujo continuo y eficiente hacia las etapas posteriores del proceso. Su ubicación cercana al acceso principal reduce tiempos de descarga y evita interferencias con otras áreas.

c. Almacenes (300 m²)

El área de almacenamiento se encuentra dividida en tres secciones funcionales:

- Almacén de materia prima (almidón)
- Almacén de insumos (levadura y auxiliares)
- Almacén de producto terminado

Cada uno de estos espacios ha sido dimensionado para garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento, facilitar la rotación de inventarios y evitar contaminación cruzada. El almacén de producto terminado contará con estanterías industriales que permiten un orden adecuado y optimizan la logística de despacho.

d. Área de producción (576 m²)

El área de producción constituye la zona principal de la planta, donde se desarrollan las operaciones unitarias del proceso de obtención de eritritol, incluyendo pretratamiento, fermentación, separación, purificación, concentración, cristalización, secado y empaque. Su tamaño ha sido definido para permitir una distribución adecuada de los equipos, garantizar un flujo ordenado del proceso y cumplir con las normativas de inocuidad alimentaria, evitando cruces entre materia prima y producto terminado.

e. Control de calidad (40 m²)

Esta área está destinada a la realización de análisis físico-químicos y microbiológicos tanto de la materia prima como del producto en proceso y terminado. Su dimensionamiento permite la instalación de equipos de laboratorio, áreas de trabajo para el personal especializado y almacenamiento de reactivos e insumos, ubicándose estratégicamente próxima al área de producción para facilitar el control continuo del proceso.

f. Área administrativa y financiera (32 m²)

Incluye oficinas destinadas a la gestión administrativa, financiera y de recursos humanos. Su tamaño permite la instalación de estaciones de trabajo, equipos informáticos y espacios para reuniones, proporcionando un ambiente adecuado para el desarrollo de actividades administrativas, manteniendo una separación funcional respecto al área productiva.

g. Comedor y casilleros (48 m²)

El área de comedor y casilleros está destinada al bienestar del personal, permitiendo el consumo de alimentos y el resguardo de pertenencias. Incluye lockers individuales y mobiliario básico, ubicándose en una zona separada del área de producción para evitar riesgos de contaminación y cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

h. Servicios sanitarios (24 m²)

El área de servicios sanitarios está equipada con 3 inodoros y 2 lavamanos, dimensionados de acuerdo con la cantidad de trabajadores de la planta. Su diseño garantiza condiciones adecuadas de higiene, accesibilidad y cumplimiento de normativas sanitarias, ubicándose estratégicamente para facilitar su acceso sin interferir con las áreas críticas del proceso.

i. Estacionamiento (80 m²)

El área de estacionamiento está destinada a vehículos livianos del personal y visitantes. La circulación se organiza en un solo sentido para reducir riesgos de accidentes y mejorar la movilidad interna. Los carriles para vehículos pesados presentan un ancho de 4.5 m,

mientras que los carriles para vehículos livianos cuentan con un ancho de 3.5 m, incluyendo espacios debidamente señalizados.

j. Pasillos de circulación y accesos a la planta (500 m²)

La planta se encuentra segmentada en áreas funcionales interconectadas mediante pasillos de circulación diseñados para garantizar seguridad y eficiencia operativa. En áreas de tránsito peatonal, los pasillos tienen un ancho mínimo de 1.2 m, mientras que, en zonas con transporte de materiales o equipos, el ancho se incrementa hasta 1.8 m, permitiendo el paso seguro y continuo sin obstrucciones.

En la tabla 33 se presenta la distribución de la planta procesadora de eritritol.

Tabla 33. *Distribución de la planta por área*

No.	Área	Superficie (m²)
1	Recepción de materia prima	120
2	Almacenes	300
3	Área de producción	576
4	Control de calidad	40
5	Área administrativa y financiera	32
6	Comedor y casilleros	48
7	Servicios sanitarios	24
8	Estacionamiento	80
9	Pasillos de circulación interna	300
10	Accesos y maniobras vehicular	110
TOTAL	—	**1,620 m²**

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

k. Matriz System Layout Planning (SLP)

Para la elaboración de la matriz System Layout Planning (SLP), se identificaron todas las áreas que conforman la planta, considerando su función dentro del proceso productivo y las interacciones entre ellas. Cada celda de la matriz fue representada mediante un

rombo que contiene el código de razones correspondiente, el cual indica el grado de proximidad requerido entre dos áreas específicas.

De esta manera, cada relación refleja la necesidad de cercanía basada en criterios como flujo de materiales, frecuencia de interacción, condiciones de seguridad e higiene, y eficiencia operativa.

A continuación, se presenta la **Tabla 34,** la cual contiene los códigos utilizados en la matriz SLP para la evaluación de las relaciones entre las diferentes áreas de la planta.

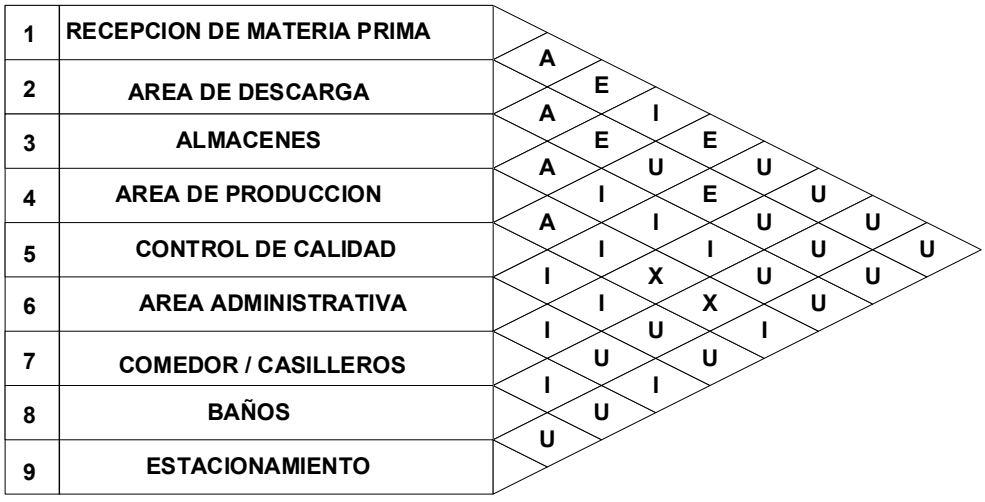
Tabla 34. *Código de orden de proximidad entre áreas de la planta*

Letra	Orden de proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
U	Sin importancia
X	Indeseable

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

En la Figura 8 se presenta la Matriz System Layout Plan (SLP)de la planta productora de eritritol:

Figura 8. *Matriz System Layout Plan (SLP)*



Fuente: *Elaboración adaptada (2026)*

I. Diagrama de Hilos

El diagrama de hilos de la planta es una representación gráfica de las relaciones de proximidad entre las diferentes áreas funcionales, basada en la planificación del espacio industrial y la logística del proceso. Este diagrama permite visualizar la interacción entre áreas, identificando relaciones críticas, niveles de cercanía y separaciones necesarias, sin representar rutas específicas de flujo de materiales, productos o personal. (ver tabla 35).

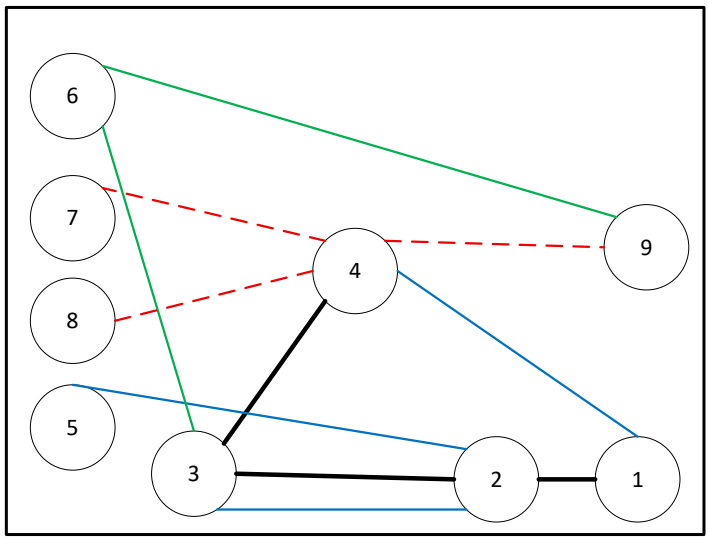
Tabla 35. Leyenda del diagrama de hilos

Letra	Código de proximidad	Valor en líneas
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
X	Indeseable	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

En la Figura 9 se muestra el diagrama de hilo para la planta productora de eritritol de almidón de maíz.

Figura 9. *Diagrama de hilo*

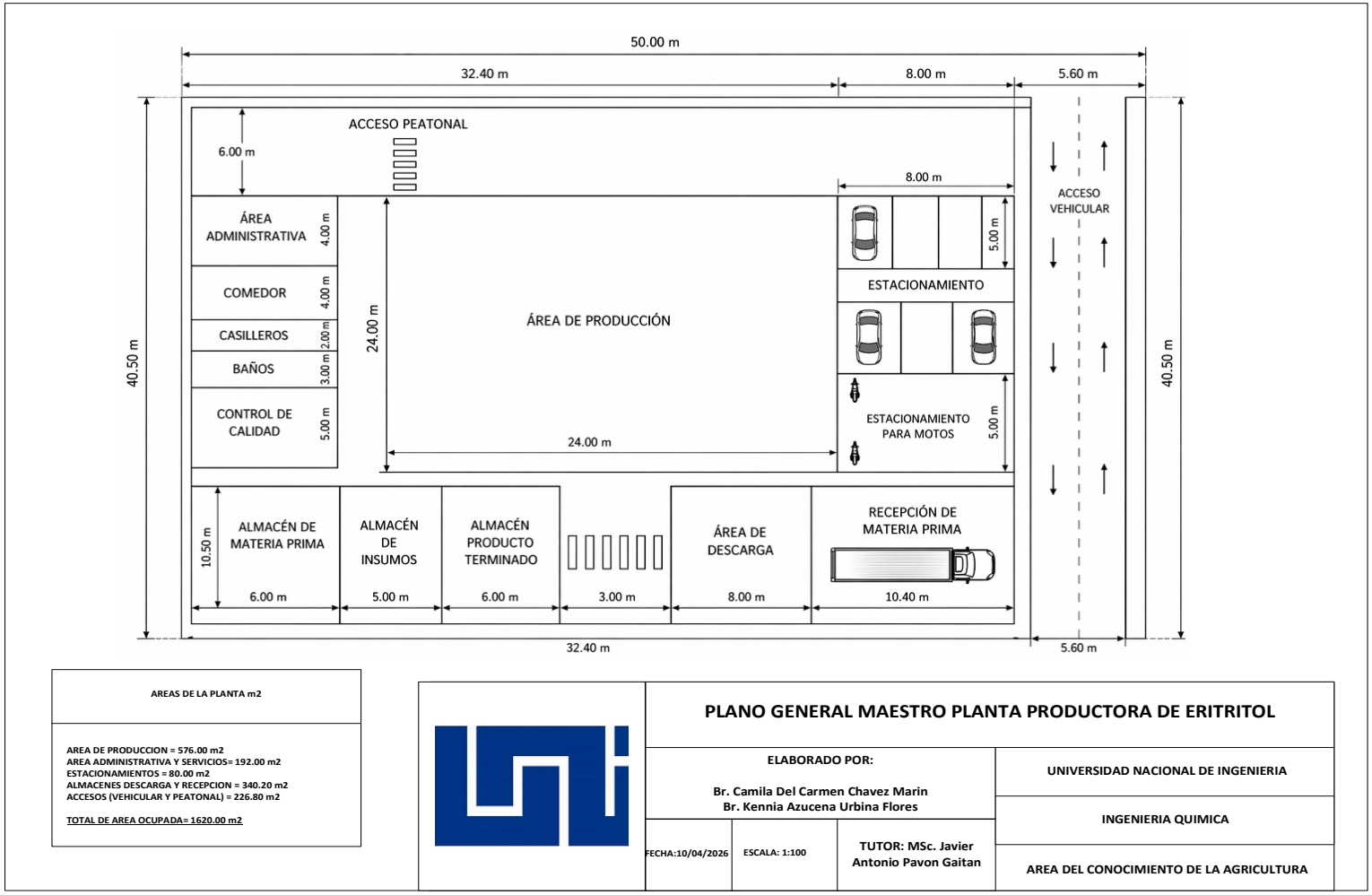


Fuente: *Elaboración propia*

m. Plano General Maestro

En la Figura 10 muestra el Plano General Maestro que representa la distribución de las áreas de la planta.

Figura 10. *Plano general maestro*



Fuente: *Elaboración propia*

5.2.9. Cronograma de actividades

El cronograma de actividades del proyecto se elaboró a partir de la definición del programa de actividades necesarias para la implementación de la planta productora, con el objetivo de garantizar una adecuada planificación, control del tiempo y seguimiento de cada etapa del proyecto. Este programa se presenta en la Tabla 36, donde se detallan las actividades requeridas para la puesta en marcha de la planta, junto con su duración estimada en semanas.

Asimismo, se establecieron las relaciones de precedencia entre actividades, identificando aquellas que dependen de la finalización de otras para su ejecución. Esto permite estructurar de manera lógica el desarrollo del proyecto, facilitar la estimación del tiempo total requerido y apoyar la toma de decisiones ante posibles ajustes o retrasos durante la ejecución.

***Tabla 36**. Programa de actividades*

Actividad	ID	Duración (semanas)	Precedencia
Estudio de prefactibilidad de la planta	A	10	-
Constitución legal de la empresa	B	2	A
Gestión y obtención de financiamiento	C	3	A, B
Adquisición del terreno	D	1	A, C
Contratación de diseño y supervisión del proyecto	E	1	C, D
Contratación de empresa constructora	F	1	C, D, E
Diseño de obras civiles e instalaciones	G	4	D, E, F
Construcción de la planta	H	12	F, G
Adquisición de maquinaria y equipos	I	2	H
Instalación y montaje de equipos	J	3	I
Reclutamiento y contratación de personal	K	1	H
Capacitación del personal	L	2	J, K
Pruebas de proceso y equipos	M	2	L
Puesta en marcha de la planta	N	3	M

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

5.2.10. Planificación del Talento Humano

5.2.10.1. Fichas Ocupacionales

Las fichas ocupacionales del talento humano se detallan para cada cargo desde la Tabla 37 a 51:

Tabla 37. Ficha ocupacional del gerente general

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	01
Nombre de Cargo	Gerente general
Ubicación	Gerencia
Jefe Superior inmediato	N/A
Cargos subordinados	✓ Administrador (RRHH y finanzas) ✓ Jefe de producción ✓ Encargado de ventas ✓ Técnico de mantenimiento ✓ Jefe de higiene y seguridad ✓ Encargado de almacén y bodegas
Salario	$555
Descripción general	
Dirige y controla las operaciones de la planta, supervisando producción, calidad, mantenimiento, ventas y administración. Garantiza eficiencia del proceso, cumplimiento de normas sanitarias y rentabilidad. Administra recursos, controla presupuesto y define estrategias para mejorar productividad e ingresos.	
Funciones	
✓ Definir e implementar estrategias de crecimiento y posicionamiento del eritritol en el mercado. ✓ Supervisar la operación diaria (fermentación, purificación y cristalización), asegurando calidad y eficiencia. ✓ Gestionar recursos financieros, humanos y materiales de forma eficiente. ✓ Liderar y coordinar las áreas clave, promoviendo un trabajo integrado. ✓ Impulsar mejoras en el proceso productivo y desarrollo de nuevos productos derivados. ✓ Garantizar el cumplimiento de normativas de inocuidad alimentaria, seguridad industrial y regulatorias. ✓ Gestionar relaciones con clientes, proveedores y aliados estratégicos. ✓ Evaluar indicadores operativos y financieros, aplicando acciones correctivas cuando sea necesario.	

***Tabla 38**. Ficha ocupacional del administrador de RRHH Y finanzas*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	02
Nombre de Cargo	Administrador RRHH y Financias
Ubicación	Administración y finanzas
Jefe Superior inmediato	Gerente general
Cargos subordinados	Asistente Administrativo
Salario	$480
Descripción general	
Dirige y supervisa la gestión financiera y administrativa de la planta, garantizando el uso eficiente de los recursos económicos, el control presupuestario y el soporte a la operación productiva. Coordina procesos de recursos humanos, pagos y registros contables, asegurando cumplimiento normativo y disponibilidad de información para la toma de decisiones.	
Funciones	
✓ Administrar las finanzas de la planta, optimizando recursos y asegurando sostenibilidad. ✓ Elaborar y controlar el presupuesto anual. ✓ Analizar estados financieros y reportar a gerencia. ✓ Controlar costos operativos del proceso (fermentación, purificación y utilidades). ✓ Cumplir obligaciones fiscales y legales. ✓ Apoyar el cumplimiento de normativas administrativas y de inocuidad. ✓ Gestionar pagos y relaciones con proveedores y clientes. ✓ Evaluar desempeño financiero y proponer mejoras.	

***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 39. *Ficha ocupacional del jefe de producción*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	03
Nombre de Cargo	Jefe de producción
Ubicación	Area de producción
Jefe Superior inmediato	Gerente general
Cargos subordinados	Supervisor de turnos
Salario	$400
Descripción general	
Planifica, coordina y supervisa las operaciones de producción por lotes, asegurando el cumplimiento de la calidad, la eficiencia del proceso y los tiempos de producción. Gestiona al personal operativo y recursos, resolviendo desviaciones y optimizando el desempeño de la planta.	
Funciones	
✓ Planificar y programar la producción por lotes según demanda y capacidad. ✓ Supervisar las etapas del proceso (fermentación, purificación y cristalización). ✓ Coordinar al personal operativo y supervisores de turno. ✓ Controlar el cumplimiento de parámetros de proceso y calidad. ✓ Optimizar el uso de materias primas, tiempos y recursos. ✓ Detectar y corregir desviaciones operativas. ✓ Coordinar con mantenimiento y calidad para asegurar continuidad del proceso. ✓ Elaborar reportes de producción e indicadores operativos.	

Fuente*: Elaboración propia*

Tabla 40. *Ficha ocupacional del asistente de administración*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	04
Nombre de Cargo	Asistente de administración
Ubicación	Administración y finanzas
Jefe Superior inmediato	Administrador RRHH y Financias
Cargos subordinados	N/A
Salario	$300
Descripción general	
Apoya la gestión administrativa de la planta, realizando tareas de registro, control documental, manejo de información y apoyo en procesos financieros y de recursos humanos, garantizando el orden y flujo adecuado de las actividades administrativas.	
Funciones	
✓ Registrar y organizar documentación administrativa y contable. ✓ Apoyar en la elaboración de reportes financieros y administrativos. ✓ Gestionar archivos, facturas, órdenes de compra y pagos. ✓ Coordinar tareas administrativas internas y comunicación entre áreas. ✓ Apoyar en procesos básicos de recursos humanos (asistencia, planillas). ✓ Dar seguimiento a proveedores y compras menores. ✓ Controlar inventarios administrativos y suministros de oficina. ✓ Brindar apoyo logístico a las operaciones de la planta.	

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 41. *Ficha ocupacional del supervisor de turno*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	05
Nombre de Cargo	Supervisor de turno
Ubicación	Area de producción
Jefe Superior inmediato	Jefe de producción
Cargos subordinados	Operarios de producción/empaque
Salario	$380
Descripción general	
Supervisa y coordina las operaciones de producción durante su turno, asegurando el cumplimiento de los parámetros del proceso, la calidad del producto y el uso eficiente de los recursos. Dirige al personal operativo, atiende incidencias y garantiza la continuidad y seguridad de la operación.	
Funciones	
✓ Supervisar la ejecución del proceso por lotes en su turno. ✓ Coordinar y asignar tareas al personal operativo. ✓ Verificar el cumplimiento de parámetros de proceso y calidad. ✓ Registrar datos de operación y elaborar reportes de turno. ✓ Detectar y corregir desviaciones durante la producción. ✓ Coordinar con mantenimiento y calidad ante incidencias. ✓ Garantizar el cumplimiento de normas de seguridad e higiene. ✓ Asegurar la continuidad operativa entre turnos.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 42. *Ficha ocupacional del operario de producción*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	06
Nombre de Cargo	Operario de producción
Ubicación	Area de producción
Jefe Superior inmediato	Supervisor de turno
Cargos subordinados	N/A
Salario	$240
Descripción general	
Ejecuta las operaciones del proceso productivo por lotes (fermentación, purificación y cristalización), manipulando equipos y materiales según procedimientos establecidos. Asegura el cumplimiento de parámetros operativos, calidad del producto y buenas prácticas de manufactura, apoyando la continuidad y eficiencia de la producción.	
Funciones	
✓ Ejecutar las etapas del proceso por lotes según procedimientos establecidos. ✓ Operar y monitorear equipos (fermentadores, filtros, centrífuga, cristalizadores). ✓ Controlar y registrar parámetros de proceso (temperatura, pH, tiempos). ✓ Preparar y dosificar materias primas e insumos. ✓ Detectar y reportar desviaciones o fallas en la operación. ✓ Cumplir con las buenas prácticas de manufactura (BPM). ✓ Apoyar en la limpieza y saneamiento de equipos y áreas. ✓ Mantener el orden y la seguridad en su área de trabajo.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 43. *Ficha ocupacional del operario de empaque*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	07
Nombre de Cargo	Operario de empaque
Ubicación	Area de producción
Jefe Superior inmediato	Supervisor de turno
Cargos subordinados	N/A
Salario	$230
Descripción general	
Realiza el empaque, etiquetado y acondicionamiento del eritritol terminado, asegurando la correcta presentación, peso y cumplimiento de estándares de calidad. De forma complementaria, apoya en actividades de limpieza y saneamiento de equipos y áreas cuando no hay operaciones de empaque, contribuyendo a la eficiencia del proceso.	
Funciones	
✓ Realizar el empaque, pesaje y sellado del producto terminado. ✓ Verificar etiquetado, presentación y cumplimiento de especificaciones. ✓ Organizar y almacenar el producto empacado en bodega. ✓ Preparar materiales de empaque (bolsas, etiquetas, envases). ✓ Apoyar en el control de inventario de materiales de empaque. ✓ Ejecutar actividades de limpieza y saneamiento (CIP/COP) de equipos y áreas. ✓ Preparar soluciones de limpieza y sanitización según procedimientos. ✓ Cumplir con buenas prácticas de manufactura (BPM) y normas de higiene.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 44. *Ficha ocupacional del jefe de higiene, seguridad y calidad*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	08
Nombre de Cargo	Jefe de higiene, seguridad y calidad
Ubicación	Calidad, Higiene y Seguridad
Jefe Superior inmediato	Gerente general
Cargos subordinados	✓ Vigilante ✓ Personal de limpieza ✓ Monitor/analista de calidad
Salario	$450
Descripción general	
Planifica, implementa y supervisa los programas de higiene, seguridad industrial y aseguramiento de la calidad, garantizando el cumplimiento de buenas prácticas de manufactura (BPM), normativas de inocuidad alimentaria y condiciones seguras de trabajo. Controla que los procesos y el producto cumplan con los estándares establecidos, minimizando riesgos y asegurando la calidad del eritritol producido.	
Funciones	
✓ Implementar y supervisar programas de BPM, higiene y saneamiento. ✓ Verificar el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad del producto. ✓ Establecer y controlar procedimientos de limpieza y desinfección (CIP/COP). ✓ Supervisar condiciones de seguridad industrial y uso de EPP. ✓ Coordinar el muestreo y análisis de control de calidad en proceso y producto final. ✓ Capacitar al personal en higiene, seguridad y calidad. ✓ Gestionar registros, auditorías internas y cumplimiento normativo. ✓ Detectar riesgos o desviaciones y proponer acciones correctivas.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 45. *Ficha ocupacional del analista y monitor de calidad*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	09
Nombre de Cargo	Analista y monitor de calidad
Ubicación	Calidad, Higiene y Seguridad
Jefe Superior inmediato	Jefe de higiene, seguridad y calidad
Cargos subordinados	N/A
Salario	$280
Descripción general	
Ejecuta y supervisa el control de calidad en proceso y producto terminado, realizando muestreos, análisis y verificaciones operativas para asegurar el cumplimiento de especificaciones, BPM e inocuidad. Registra y reporta resultados, detectando desviaciones y apoyando en la implementación de acciones correctivas bajo la supervisión del jefe de higiene, seguridad y calidad.	
Funciones	
✓ Realizar muestreo de materias primas, proceso y producto terminado. ✓ Ejecutar análisis básicos (pH, sólidos, humedad u otros requeridos). ✓ Verificar el cumplimiento de parámetros de calidad durante la producción. ✓ Monitorear el cumplimiento de BPM e higiene en planta. ✓ Registrar y reportar resultados de control de calidad. ✓ Detectar desviaciones y notificar al jefe de área. ✓ Apoyar en la verificación de limpieza y saneamiento de equipos. ✓ Participar en la implementación de acciones correctivas y preventivas.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 46. *Ficha ocupacional del técnico de mantenimiento*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	10
Nombre de Cargo	Técnico de mantenimiento
Ubicación	Area de producción
Jefe Superior inmediato	Jefe de producción
Cargos subordinados	N/A
Salario	$300
Descripción general	
Ejecuta el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos e instalaciones de la planta, asegurando su correcto funcionamiento y la continuidad del proceso productivo. Atiende fallas, realiza ajustes y apoya en la optimización de los equipos, cumpliendo con normas de seguridad y operación establecidas.	
Funciones	
✓ Ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo de equipos (fermentadores, centrífuga, bombas, etc.). ✓ Diagnosticar y reparar fallas mecánicas, eléctricas básicas y de operación. ✓ Realizar inspecciones periódicas para asegurar el buen estado de los equipos. ✓ Coordinar con producción para programar mantenimientos sin afectar la operación. ✓ Llevar registros de mantenimiento y reportes de fallas. ✓ Apoyar en la instalación y puesta en marcha de equipos. ✓ Garantizar el cumplimiento de normas de seguridad durante las intervenciones. ✓ Proponer mejoras para optimizar el funcionamiento y vida útil de los equipos.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 47. *Ficha ocupacional del encargado de almacén y bodega*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	11
Nombre de Cargo	Encargado de almacén y bodega
Ubicación	Almacen y bodega
Jefe Superior inmediato	Gerente general
Cargos subordinados	N/A
Salario	$240
Descripción general	
Gestiona el almacenamiento y control de materias primas, insumos y producto terminado, asegurando el orden, la correcta rotación de inventarios y la disponibilidad de materiales para la producción. Coordina entradas y salidas, manteniendo registros actualizados y condiciones adecuadas de almacenamiento.	
Funciones	
✓ Recepcionar, verificar y registrar materias primas e insumos. ✓ Almacenar productos bajo condiciones adecuadas (orden, limpieza, rotación). ✓ Controlar inventarios y llevar registros actualizados. ✓ Preparar y despachar materiales para producción y producto terminado. ✓ Aplicar métodos de rotación (PEPS/FIFO) para evitar pérdidas. ✓ Coordinar con producción y compras el abastecimiento oportuno. ✓ Verificar el estado de los productos y reportar anomalías. ✓ Mantener el orden, limpieza y cumplimiento de normas en bodega.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 48. *Ficha ocupacional del encargado de ventas*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	12
Nombre de Cargo	Encargado de ventas
Ubicación	Ventas
Jefe Superior inmediato	Gerente general
Cargos subordinados	Vendedor
Salario	$300
Descripción general	
Planifica, coordina y supervisa las actividades comerciales de la empresa, definiendo estrategias de venta, precios y canales de distribución para el eritritol. Gestiona la relación con clientes y el cumplimiento de metas comerciales, dirigiendo al personal de ventas y asegurando el posicionamiento del producto en el mercado.	
Funciones	
✓ Definir y ejecutar estrategias comerciales para la venta de eritritol. ✓ Establecer metas de ventas y dar seguimiento a su cumplimiento. ✓ Coordinar y supervisar las actividades del vendedor. ✓ Gestionar relaciones con clientes clave y negociar condiciones comerciales. ✓ Analizar el mercado, precios y demanda del producto. ✓ Coordinar con producción la disponibilidad de producto para venta. ✓ Elaborar reportes de ventas e indicadores comerciales. ✓ Proponer acciones para mejorar el posicionamiento y la rentabilidad.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 49. *Ficha ocupacional del vendedor*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	13
Nombre de Cargo	Vendedor
Ubicación	Comercio
Jefe Superior inmediato	Encargado de ventas
Cargos subordinados	Vendedor
Salario	$235
Descripción general	
Ejecuta las actividades de venta del producto, atendiendo clientes, promoviendo el eritritol y gestionando pedidos, con el fin de cumplir las metas comerciales establecidas. Mantiene una comunicación directa con los clientes y apoya en el seguimiento de ventas y distribución.	
Funciones	
✓ Atender clientes y promocionar el producto. ✓ Gestionar pedidos y dar seguimiento a ventas. ✓ Emitir facturas y comprobantes de venta. ✓ Manejar caja (cobros en efectivo u otros medios y control diario). ✓ Registrar ventas y actualizar información comercial. ✓ Coordinar entregas con almacén y logística. ✓ Mantener comunicación con clientes y gestionar reclamos básicos. ✓ Cumplir metas de ventas establecidas.	

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

***Tabla 50**. Ficha ocupacional del auxiliar de limpieza*

Ficha Ocupacional	
Número de ficha	14
Nombre de Cargo	Auxiliar de limpieza
Ubicación	Higiene, seguridad y calidad
Jefe Superior inmediato	Jefe de higiene, seguridad y calidad
Cargos subordinados	N/A
Salario	$230
Descripción general	
Realiza la limpieza y desinfección general de la planta, incluyendo áreas de producción, bodega, oficinas y servicios sanitarios, asegurando condiciones adecuadas de orden e higiene. Apoya en el mantenimiento de ambientes limpios y seguros conforme a las buenas prácticas de manufactura (BPM).	
Funciones	
✓ Realizar la limpieza diaria de áreas de producción, bodega, oficinas y sanitarios. ✓ Ejecutar desinfección de superficies, pisos y áreas comunes. ✓ Mantener el orden y la disposición adecuada de los espacios. ✓ Abastecer y controlar insumos de limpieza y sanitarios. ✓ Disponer correctamente los residuos según normas establecidas. ✓ Apoyar en jornadas de limpieza profunda programadas. ✓ Cumplir con buenas prácticas de higiene y uso de EPP. ✓ Reportar condiciones inadecuadas o necesidades de mantenimiento.	

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

Tabla 51. *Ficha Ocupacional del vigilante*

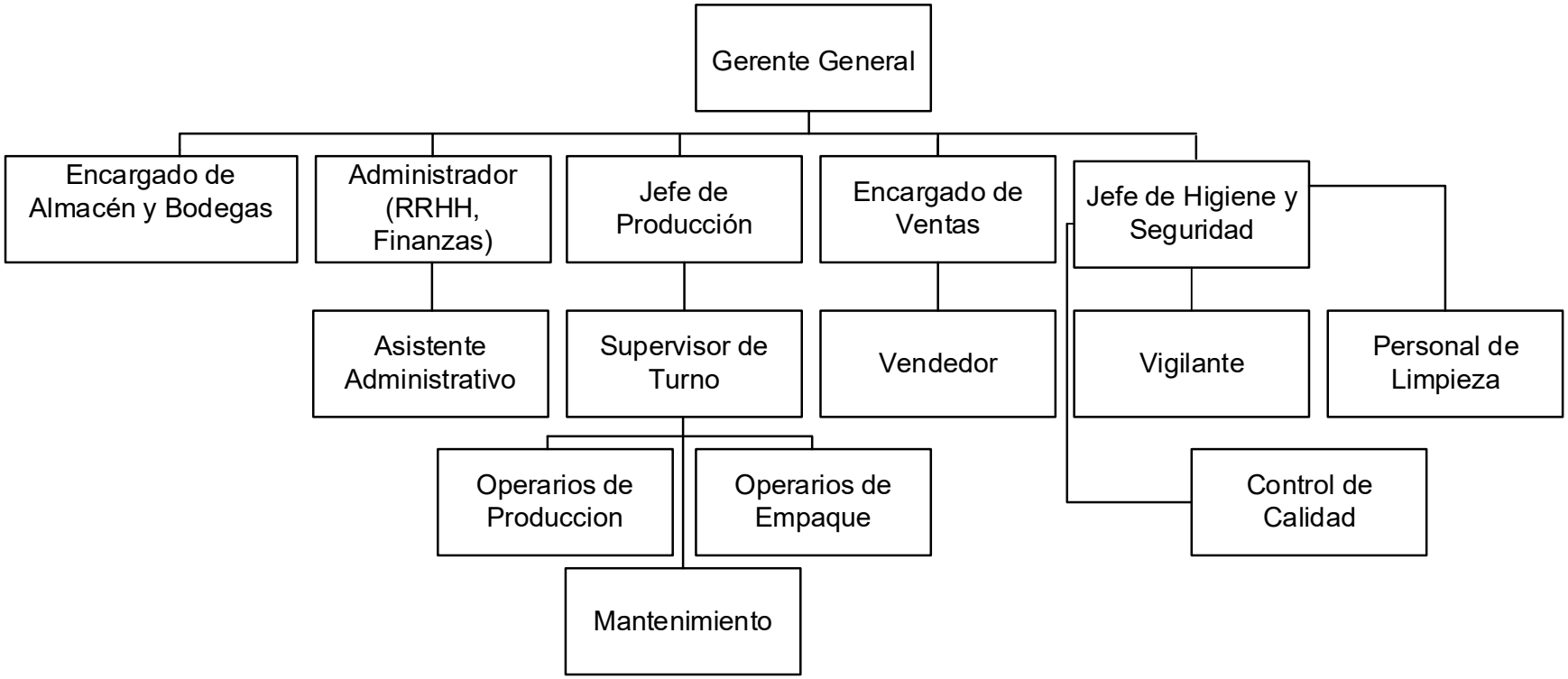
Ficha Ocupacional	
Número de ficha	15
Nombre de Cargo	Vigilante
Ubicación	Higiene, seguridad y calidad
Jefe Superior inmediato	Jefe de higiene, seguridad y calidad
Cargos subordinados	N/A
Salario	$230
Descripción general	
Vigila y resguarda las instalaciones de la planta, controlando el acceso de personas y vehículos, y asegurando la protección de los bienes, equipos y personal. Garantiza el cumplimiento de normas de seguridad y previene situaciones de riesgo dentro de la empresa.	
Funciones	
✓ Controlar el acceso y salida de personal, visitantes y vehículos. ✓ Vigilar las instalaciones y realizar rondas periódicas. ✓ Registrar ingresos y salidas en bitácora. ✓ Verificar el cumplimiento de normas de seguridad. ✓ Prevenir y reportar situaciones de riesgo o incidentes. ✓ Custodiar bienes, equipos y áreas de la planta. ✓ Coordinar con el personal ante emergencias. ✓ Mantener comunicación con la administración y reportar novedades.	

Fuente*: Elaboración propia*

5.2.10.2. Organigrama

En la Figura 11 se presenta el organigrama de la planta productora de eritritol:

Figura 11. *Organigrama de operaciones de la planta de producción*



Fuente: Elaboración propia (2026).

a. Requerimientos de Mano de Obra Directa

Los requerimientos de mano de obra directa de la planta corresponden al personal que participa directamente en las operaciones del proceso productivo del eritritol, incluyendo fermentación, purificación, cristalización y empaque. Debido a que la planta opera por lotes, los operarios cumplen funciones multifuncionales en distintas etapas del proceso, optimizando el uso del recurso humano. Los detalles se presentan en la Tabla 52:

Tabla 52. *Mano de obra directa*

Personal	Nº
Operario de producción (multifuncional)	5
Operario de empaque y saneamiento	2
TOTAL	**7**

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

b. Requerimientos de Mano de Obra Indirecta

La mano de obra indirecta (Tabla 53) comprende al personal que no participa directamente en la transformación del eritritol, pero que es esencial para la supervisión, control, gestión administrativa, mantenimiento, comercialización, calidad, seguridad y servicios generales de la planta. Esta estructura se ha definido considerando una operación por lotes y una escala pequeña, optimizando funciones sin afectar el desempeño operativo.

Tabla 53. *Mano de obra indirecta*

Personal	Nº
Gerente general	1
Administrador (RRHH y finanzas)	1
Asistente administrativo	1
Jefe de producción	1
Supervisor de turno	2
Encargado de almacén y bodega	1
Encargado de ventas	1
Vendedor	1
Jefe de higiene, seguridad y calidad	1
Analista/Monitor de calidad	1
Técnico de mantenimiento	1
Personal de limpieza	2
Vigilante	2
TOTAL	17

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Se requieren 24 trabajadores para la operación de la planta de eritritol: 7 de mano de obra directa y 17 de mano de obra indirecta, considerando una operación por lotes en tres turnos.

5.3. Estudio Financiero

5.3.1. Inversión

a. Inversión de activos fijos

Los detalles relacionados a la inversión necesaria en activos fijos se presentan desde la Tabla 54 a la 63:

Tabla 54. *Equipos de producción*

Equipos	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tolva de alimentación (Tolva vibratoria de acero inoxidable)	1	536	536
Balanza industrial (WINTRONIX WX-K600)	1	120	120
Tanque de agua (Tanque vertical de polietileno Karmod)	1	160	160
Tolva de almidón (Tolva cónica de acero inoxidable)	1	320	320
Reactor de gelatinización (Tanque mezclador con camisa 150 L – modelo JM-150)	1	3500	3500
Filtro prensa (modelo XMY20/320)	1	2200	2200
Centrífuga (Centrífuga industrial tipo canasta 100 L – modelo SSC-100)	1	2800	2800
Tanque mezclador (Tanque mezclador vertical con agitador modelo JB-150)	1	1800	1800
Biorreactor aeróbico (Fermentador de acero inoxidable 200 L – modelo BLBIO-200GJ)	1	28000	28000
Columna de carbón activado (Filtro de carbón activado en acero inoxidable modelo ACF-50)	1	950	950
Filtro de cartucho (Simple en acero inoxidable 20 L/min – modelo CF-20)	1	280	280
Evaporador al vacío (Evaporador rotatorio industrial 30 kg/h – modelo RE-3002)	1	6500	6500
Bomba de vacío (Bomba de vacío de anillo líquido modelo 2BV2060)	1	850	850

Condensador (Condensador tubular de acero inoxidable modelo HEX-30)	1	1300	1300
Cristalizador agitado (Cristalizador con agitador modelo CR-50)	1	2300	2300
Secador de bandejas (Horno secador industrial modelo CT-1)	1	2700	2700
Tamiz vibratorio (Circular– modelo ZS-350)	1	650	650
Molino cónico (Modelo FZ-150)	1	1200	1200
Dosificador volumétrico (Dosificador de tornillo sinfín modelo DCS-15)	1	1000	1000
Selladora de sachets (Máquina empacadora vertical automática– modelo DXD-50)	1	2800	2800
Empacadora de bolsas (Selladora continua de banda– modelo FR-900)	1	550	550
Estanterías industriales (Rack metálico de almacenamiento modelo SR-2000)	1	450	450
Bomba centrífuga (Bomba sanitaria acero inoxidable modelo ZX)	2	320	640
TOTAL			**61,606.00**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 55. *Materiales del área de producción*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Carretillas manuales	2	120.00	240.00
Pallet jack (transpaleta manual)	1	300.00	300.00
Bandejas de acero inoxidable	15	25.00	375.00
Bandejas plásticas apilables	15	8.00	120.00
Palets plásticos	10	35.00	350.00
Estibas móviles (carros de bandejas)	2	180.00	360.00
Recipientes plásticos grado alimenticio (50 L)	10	20.00	200.00
Mangueras sanitarias	8	30.00	240.00
Cubetas de acero inoxidable	8	40.00	320.00
Contenedores intermedios (IBC 1000 L)	2	150.00	300.00
Equipo de limpieza manual	1 set	150.00	150.00
TOTAL			**2,955.00**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 56. *Equipos de transporte*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Camioneta Toyota Hilux (cabina simple, diésel)	1	33994.7	33994.7
TOTAL			33994.7

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 57. *Mobiliario y materiales del área administrativa - financiera*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Escritorios	4	120.00	480.00
Computadoras	4	500.00	2,000.00
sillas de oficina	6	80.00	480.00
Cafetera	1	60.00	60.00
Mesa para cafetera	1	70.00	70.00
Mesa de conferencia	1	200.00	200.00
Impresoras	2	150.00	300.00
Engrapadoras y grapas	4	10.00	40.00
Archiveros	3	90.00	270.00
Teléfono convencional	4	20.00	80.00
Aire condicionado	2	400.00	800.00
Lámparas LED	10	8.00	80.00
Internet de 500 Mbps (Claro)	1	50/mes	600.00
Extintores	4	40.00	160.00
TOTAL			**5,620.00**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 58. *Equipos del área de control de calidad*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
pH-metro digital	1	120	120
Balanza analítica	1	500	500
Refractómetro digital	1	150	150
Viscosímetro	1	800	800
Estufa de secado	1	600	600
Espectrofotómetro	1	1200	1200
Incubadora microbiológica	1	900	900
Autoclave	1	2000	2000
Microscopio óptico	1	400	400
Cabina de flujo laminar	1	1500	1500
Agitador magnético con placa calefactora	1	180	180
Contador de colonias	1	300	300
TOTAL			**8650**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

***Tabla 59**. Materiales y reactivos del área de control y calidad*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Placas Petri estériles	2 paquetes	25	50
Tubos de ensayo estériles	2 paquetes	20	40
Pipetas estériles desechables	3 paquetes	15	45
Asa bacteriológica	2 unidades	8	16
Frascos estériles para muestreo	6 unidades	5	30
Cápsulas de porcelana	4 unidades	10	40
Papel filtro	2 paquetes	15	30
Guantes desechables	3 cajas	12	36
Mascarillas	2 cajas	10	20
Bolsas para residuos biológicos	2 paquetes	15	30
Agua destilada	2 bidones (20 L)	15	30
Soluciones buffer pH 4 y 7	2 frascos (cada uno)	20	40
Ácido clorhídrico (HCl)	1 frasco (1 L)	25	25
Hidróxido de sodio (NaOH)	1 frasco (1 L)	20	20
Fenolftaleína	1 frasco	15	15
Reactivos enzimáticos para glucosa	1 kit	80	80
Agar PCA	1 frasco (500 g)	70	70
Agar MacConkey	1 frasco (500 g)	90	90
Agar para mohos y levaduras	1 frasco (500 g)	85	85
Reactivos para tinción de Gram	1 kit	60	60
Medio de cultivo para levaduras	2 frascos (500 g)	45	90
Alcohol etílico al 70%	2 litros	8	16
Parafilm o cinta microbiológica	2 rollos	12	24
Matraces Erlenmeyer estérile	6 unidades	10	60
TOTAL			**1042**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

Tabla 60. *Mobiliario y materiales del área de comedor/casilleros*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Mesas rectangulares (6–8 personas)	2	150	300
Sillas plásticas apilables	16	12	192
Microondas	1	100	100
Refrigeradora	1	400	400
Bote de basura industrial	2	50	100
Bandejas	20	5	100
Set de vasos plásticos (6 unidades)	4	10	40
Set de cubiertos (24 piezas)	2	20	40
Armario para almacenamiento de utensilios	1	200	200
Dispensador de agua fría y caliente	2	120	240
Lockers (casilleros para personal)	8	90	720
Cocina doméstica (4 quemadores)	1	200	200
TOTAL			**2632**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Tabla 61. *Mobiliario y materiales del área de servicios sanitarios*

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Inodoros	3	120	360
Lavamanos	2	100	200
Espejos	2	40	80
Cubos de basura de acero inoxidable	4	35	140
Dispensador de jabón líquido	2	15	30
Dispensador de papel higiénico	3	20	60
Dispensador de toallas de papel	2	25	50
TOTAL			**920**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel.

Fuente: *Elaboración adaptada (2026).*

***Tabla 62**. Obras Civiles*

Descripción de la obra	Área (m2)	Costo unitario ($/m2)	Costo total ($)
Recepción de materia prima	120	35.2	4224
Almacenes	300	35.2	10560
Área de producción	576	35.2	20275.2
Control de calidad	40	35.2	1408
Área administrativa y financiera	32	35.2	1126.4
Comedor y casilleros	48	35.2	1689.6
Servicios sanitarios	24	35.2	844.8
Estacionamiento	80	35.2	2816
Pasillos de circulación interna	300	35.2	10560
Accesos y maniobras vehicular	110	35.2	3872
TOTAL			**57376**

Nota. El costo por metro cuadrado de cada área de la planta se determinó tomando como referencia el estudio de caso "Lectina de soya" proporcionado en el aula de clase. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:** Elaboración adaptada (2026).*

***Tabla 63.** Inversión de activos fijos*

Inversión	Costo total ($)
Equipos de producción	61606
Materiales del área de producción	2955
Equipos de transporte	33994.7
Mobiliario y materiales del área administrativa-financiera	5620
Equipos del área de control de calidad	8650
Mobiliario y materiales del área de control de calidad	1042
Mobiliario y materiales del área de comedor/casillero	2632
Mobiliario y materiales del área de servicios sanitarios	920
Obras civiles	57376
TOTAL	**174795.7**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*:** Elaboración adaptada (2026).

b. Inversión de activos diferidos

A continuación, se detallan los activos diferidos considerados dentro de la inversión del proyecto:

• **Planeación e integración del proyecto:** Comprendió los costos relacionados con la definición del alcance del proyecto, estudios de factibilidad, análisis de mercado y elaboración del modelo de negocio. Asimismo, incluyó la coordinación e integración de las diferentes áreas involucradas para asegurar una ejecución organizada y eficiente.

• **Ingeniería del proyecto:** Incluyó el desarrollo del diseño técnico y operativo de la planta, contemplando planos arquitectónicos, estructurales y de procesos. Este apartado garantizó el cumplimiento de los requisitos técnicos, productivos y normativos, optimizando el aprovechamiento del espacio y los recursos disponibles.

• **Supervisión de la construcción:** Correspondió a los gastos asociados al control y seguimiento de las actividades de construcción e instalación de maquinaria y equipos. Su propósito fue verificar el cumplimiento de las especificaciones establecidas dentro de los plazos definidos, reduciendo posibles riesgos y sobrecostos.

• **Administración del proyecto:** Abarcó la dirección y gestión integral del proyecto, incluyendo la coordinación de recursos humanos, materiales y financieros. También contempló costos vinculados con la obtención de permisos legales y sanitarios, así como el registro de marcas, patentes y demás trámites requeridos para cumplir con las disposiciones vigentes y facilitar la comercialización del producto.

• **Imprevistos:** Consideró una provisión económica destinada a cubrir gastos inesperados durante la ejecución del proyecto, tales como modificaciones en la construcción o adquisición de insumos adicionales, entre otros. En la Tabla 64 se muestran los cálculos correspondientes a la inversión en activos diferidos.

Tabla 64. *Inversión de activos diferidos*

Concepto	Atribución	Valor del activo	Costo total
Planeación e integración del proyecto	1% de inversión fija	174795.7	1747.957
Ingeniería de proyecto	5% de obras civiles	57376	2868.8
Supervisión de la construcción	2% de obas civiles	57376	1147.52
Administración del proyecto	1% de obras civiles	57376	573.76
Improvistos	5% de obras civiles	57376	2868.8
TOTAL			**9206.837**

Nota. Los porcentajes de atribución se determinó tomando como referencia el estudio de caso " jarabe de glucosa " Diseño de Plantas IIS-2024. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

c. Inversión total

La inversión total se calculó como la suma de la inversión total en activos fijos y la inversión en activos diferidos. Para ello, se empleó la siguiente ecuación:

$$Inversión\ total = Inversión\ activos\ fijos + Inversión\ activos\ diferidos$$

$Inversión\ total$ = \$174,795.70 + \$9,206.84

$Inversión\ total$ = **\$184,002.54**

5.3.2. Costos de producción

Los costos de producción están asociados a la elaboración de eritritol derivado del almidón de maíz. Estos incluyen los costos directos, que abarcan el costo de la materia prima, insumos y materiales de envasado, así como los costos indirectos, entre los que se encuentran los costos de mano de obra, agua, combustible y energía necesarios para el funcionamiento de la planta procesadora.

5.3.2.1. Costos de materia prima e insumos

Los costos de materia prima e insumos se calcularon a partir de los balances de masa y del programa de producción establecido en el estudio técnico. Para el almidón de maíz se consideró un costo unitario de US$ 0.82/kg (C$ 30.04/kg), (Kikitos s.a, 2026) Asimismo, se incluyó el costo inicial correspondiente a la adquisición de la cepa microbiológica Moniliella, utilizada como inóculo en la etapa de fermentación, con un valor de US$ 650.00 (C$ 23,809.50). Para fines de operación y propagación del inóculo, se estimó un costo unitario de US$ 3.00/kg (C$ 109.89/kg), considerando los requerimientos de mantenimiento y multiplicación de la cepa a escala de planta. En el caso del agua, el consumo fue expresado en metros cúbicos, aplicando un costo unitario de US$ 0.95/m³ (C$ 34.80/m³), valor obtenido a partir de precios promedio del agua potable reportados por (Banco Central de Nicaragua (BCN), 2024).

Tabla 65. *Costos de almidón de maíz 2026-2030*

Año	Cantidad (kg/año)	Costo unitario ($/kg)	Costo total ($/año)
2026	92,033.76	0.82	75,467.68
2027	92,467.20	0.82	75,823.10
2028	92,972.88	0.82	76,237.76
2029	93,406.32	0.82	76,593.18
2030	93,912.00	0.82	77,007.84

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 66*.Costos de propagación y mantenimiento del inoculo microbiológico (moniliella pollinis) 2026 - 2030*

Adquisición inicial de cepa microbiológica			$650
Año	**Cantidad (kg/año)**	**Costo unitario ($/kg)**	**Costo total ($/año)**
2026	3,106.32	3.00	9,318.96
2027	3,120.95	3.00	9,362.85
2028	3,138.02	3.00	9,414.06
2029	3,152.65	3.00	9,457.95
2030	3,169.72	3.00	9,509.16

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 67.*Costos de agua totales 2026 - 2030*

Año	Cantidad (m3/año)	Costo unitario ($/m3)	Costo total ($/año)
2026	206.39	0.95	196.07
2027	207.47	0.95	197.10
2028	208.41	0.95	197.99
2029	209.50	0.95	199.03
2030	210.58	0.95	200.05

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 68*. Costos totales de materia prima e insumos 2026 - 2030*

Año	Costo ($/almidón)	Costo ($/Moniliella pollinis)	Costo ($/agua)	Costo total anual ($)
2026	75,467.68	9,318.96	196.07	84,982.71
2027	75,823.10	9,362.85	197.10	85,383.05
2028	76,237.76	9,414.06	197.99	85,849.81
2029	76,593.18	9,457.95	199.03	86,250.16
2030	77,007.84	9,509.16	200.05	86,717.05

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

5.3.2.2. Costos de envases

Los costos de envases se calcularon considerando la cantidad de bolsas multilaminadas con cierre tipo zipper y cajas para sachets necesarias para satisfacer el volumen de producción anual establecido en el apartado de requerimientos de materia prima e insumos del estudio técnico. Para la presentación del eritritol se contemplaron diferentes capacidades de empaque, garantizando la adecuada conservación, protección y comercialización del producto terminado. Los costos de envases en sus distintas presentaciones, proyectados para los cinco años del horizonte de evaluación, se presentan en las Tablas 69 a 72:

***Tabla 69**. Costos totales de cajas de 100 sachets 2026 - 2030*

Año	Unidades de cajas de 100 sachets	Costo unitario ($/caja)	Costo total ($/año)
2026	53,803.00	0.29	15,602.87
2027	54,071.00	0.29	15,680.59
2028	54,342.00	0.29	15,759.18
2029	54,614.00	0.29	15,838.06
2030	54,885.00	0.29	15,916.65

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

***Tabla 70.** Costos totales de caja de 50 sachets de 5g (250 g) 2026-2030*

Año	Unidades de cajas de 50 sachets	Costo unitario ($/Caja)	Costo total ($/año)
2026	56,635.00	0.18	10,194.30
2027	56,917.00	0.18	10,245.06
2028	57,202.00	0.18	10,296.36
2029	57,488.00	0.18	10,347.84
2030	57,774.00	0.18	10,399.32

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:** Elaboración propia (2026).*

***Tabla 71**. Costos totales de bolsas de 1 lb (453.6 g) 2026-2030*

Año	Unidades de bolsas de 1lb	Costo unitario ($/bolsa)	Costo total ($/año)
2026	48,372.00	0.24	11,609.28
2027	48,647.00	0.24	11,675.28
2028	48,919.00	0.24	11,740.56
2029	49,192.00	0.24	11,806.08
2030	49,465.00	0.24	11,871.60

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

***Tabla 72.** Costos totales de bolsas de 2 lb (907.2 g) 2026-2030*

Año	Unidades de bolsas de 2lb	Costo unitario ($/bolsa)	Costo total ($/año)
2026	8,585.00	0.38	3,262.30
2027	8,626.00	0.38	3,277.88
2028	8,668.00	0.38	3,293.84
2029	8,709.00	0.38	3,309.42
2030	8,751.00	0.38	3,325.38

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

5.3.2.3. Costos indirectos

En las siguientes tablas (Tabla 73 a la Tabla 77) se presentan los costos indirectos de la planta productora de eritritol derivado de almidón de maíz:

Tabla 73. *Costos de los materiales indirectos de la planta*

Materiales	Cantidad/anual	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Detergente alcalino industrial (25 kg) para sistema CIP	12	48.50	582
Desengrasantes (1 gal)	4	111.60	446.4
Gafas de seguridad	6	4.96	29.76
Cascos	6	6.84	41.04
Guantes de seguridad	6	20.00	120
Botas de seguridad punta de acero	6	36.66	219.96
Uniforme de los vigilantes	4	12.00	48
Uniformes del personal de limpieza	6	8.25	49.5
Caja de guantes de látex	18	5.03	90.54
Caja de red para el cabello	12	19.29	231.48
Caja de mascarillas desechables	24	4.07	97.68
Caja de tapones para oídos reutilizables	4	50.00	200
Desinfectante (1 gal)	24	4.56	109.44
Jabón líquido	12	2.58	30.96
Set de 6 papel higiénico	30	4.07	122.1
Etiquetas	8,269,007	0.01	82690.07
Cajas de cartón carrugado medianas	9,263	1.15	10652.45
Cajas de cartón carrugado grandes	716	2.35	1682.6
Cinta adhesiva industrial	800.00	1.10	880
TOTAL	**8279960**	**343.02**	**98,323.98**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 74. *Costos de mano de obra*

Cargo	N°	Salario ($/mensual)	INNS ($)	IR	Total a pagar mensual ($)	Total a pagar anual ($)
Gerente general	1	555	38.85	46.34	469.80	5,637.65
Administrador (RRHH y finanzas)	1	480	33.60	32.83	413.57	4,962.89
Jefe de producción	1	400	28.00	21.67	350.33	4,204.01
Asistente administrativo	1	300	21.00	7.72	271.28	3,255.41
Supervisor de turno	2	380	26.60	18.88	334.52	8,028.58
Operario de producción	5	240	16.80	0.00	223.20	13,391.99
Operario de empaque	2	230	16.10	0.00	213.90	5,133.60
Jefe de higiene, seguridad y calidad	1	450	31.50	28.64	389.86	4,678.31
Analista/Monitor de calidad	1	280	19.60	4.92	255.48	3,065.73
Técnico de mantenimiento	1	300	21.00	7.72	271.28	3,255.41
Encargado de almacén y bodega	1	240	16.80	0.00	223.20	2,678.40
Encargado de ventas	1	300	21.00	7.72	271.28	3,255.41
Vendedor	1	235	16.45	0.00	218.55	2,622.60
Personal de limpieza	2	230	16.10	0.00	213.90	5,133.60
Vigilante	2	230	16.10	0.00	213.90	5,133.60
TOTAL	23	4,850.00	339.50	176.42	4,334.08	1,196,205.25

Nota. El cálculo del INSS y del Impuesto sobre la Renta (IR) se realizaron por medio de una calculadora online de Salario netos (Nicatributos, 2024). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 75*. Costo consumo de agua 2026-2030*

Año	Consumo (m3/año)	Costo unitario ($/m3)	Costo total ($/año)
2026	476.33	0.95	452.51
2027	485.86	0.95	461.57
2028	495.59	0.95	470.81
2029	505.51	0.95	480.23
2030	515.61	0.95	489.83

Nota. El costo por m3 fue obtenido de "Precios promedios del agua potable" (Banco Central de Nicaragua (BCN), 2024). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*****:** Elaboración propia *(2026).*

Tabla 76. *Costos de consumo de combustible*

Equipo	Tipo de combustible	Consumo	Costo unitario ($)	Costo total ($)
Generador eléctrico (diésel)	Diesel	323	1.16	374.68
Camioneta Toyota Hilux (cabina simple, diésel)	Diesel	1,204	1.16	1,396.64
TOTAL				**1,771.32**

Nota. El costo por litro de Diesel se tomó de "Nicaragua Precio del Diesel" (GlobalPetrolPrices, 2024). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. *Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 77. *Costos de consumos energéticos*

Equipos	Consumo (kW*h/ anual)	Costo unitario ($/kWh)	Costo total ($)
Equipos de proceso	73,332.00	0.18	13,199.76
Equipos del área de control de calidad	8,120.00	0.18	1,461.60
Equipos del área administrativa-financiera	19,528.00	0.18	3,515.04
Equipos de las áreas comedor/casillero y servicios sanitarios	3,853.00	0.18	693.54
TOTAL			**18,869.94**

Nota. El costo por kWh fue obtenido de "Precios promedios de energía eléctrica" (Banco Central de Nicaragua (BCN), 2025). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

5.3.2.4. Depreciación

Los costos de depreciación se calcularon utilizando el método de línea recta, ya que es el aplicado en Nicaragua. Los porcentajes de depreciación se determinaron de acuerdo con lo establecido en el "Reglamento a la Ley No. 303, de Reforma a la Ley No. 257, Ley de Justicia Tributaria y Comercial", Decreto 72-99 (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). A continuación, se presentan los costos la depreciación de los equipos, mobiliario y materiales de las distintas áreas de la planta (de la Tabla 78 a la Tabla 86):

Tabla 78. *Depreciación de los equipos de producción*

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			61,606.00
2026	6,160.60	6,160.60	49,284.80
2027	6,160.60	12,321.20	36,963.60
2028	6,160.60	18,481.80	43,124.20
2029	6,160.60	24,642.40	36,963.60
2030	6,160.60	30,803.00	30,803.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 10%, se encuentra establecido en la “Ley de Justicia Tributaria y Comercial” (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 79. Depreciación de materiales del área de producción.

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			2,955.00
2026	591.00	591.00	2,364.00
2027	591.00	1,182.00	1,773.00
2028	591.00	1,773.00	1,182.00
2029	591.00	2,364.00	591.00
2030	591.00	2,955.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la “Ley de Justicia Tributaria y Comercial” (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 80. Depreciación de equipos de transporte

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			33,994.70
2026	6,798.94	6,798.94	27,195.76
2027	6,798.94	13,597.88	20,396.82
2028	6,798.94	20,396.82	13,597.88
2029	6,798.94	27,195.76	6,798.94
2030	6,798.94	33,994.70	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 81. Depreciación de mobiliario y materiales del área administrativa-financiera

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			5,620.00
2026	1,124.00	1,124.00	4,496.00
2027	1,124.00	2,248.00	3,372.00
2028	1,124.00	3,372.00	2,248.00
2029	1,124.00	4,496.00	1,124.00
2030	1,124.00	5,620.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 82. Depreciación de equipos del área de control de calidad

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			8,650.00
2026	1,730.00	1,730.00	6,920.00
2027	1,730.00	3,460.00	5,190.00
2028	1,730.00	5,190.00	3,460.00
2029	1,730.00	6,920.00	1,730.00
2030	1,730.00	8,650.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 83. Depreciación de materiales del área de control de calidad

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			1,042.00
2026	208.40	208.40	833.60
2027	208.40	416.80	625.20
2028	208.40	625.20	416.80
2029	208.40	833.60	208.40
2030	208.40	1,042.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 84. Depreciación de mobiliario y materiales del área de comedor/casillero

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			2,632.00
2026	526.40	526.40	2,105.60
2027	526.40	1,052.80	1,579.20
2028	526.40	1,579.20	1,052.80
2029	526.40	2,105.60	526.40
2030	526.40	2,632.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 85. Depreciación de mobiliario y materiales del área de servicios sanitarios

Año	Depreciación anual ($)	Depreciación anual acumulada ($)	Valor en libros ($)
2025			920.00
2026	184.00	184.00	736.00
2027	184.00	368.00	552.00
2028	184.00	552.00	368.00
2029	184.00	736.00	184.00
2030	184.00	920.00	0.00

Nota. El porcentaje de depreciación aplicado, del 20%, se encuentra establecido en la "Ley de Justicia Tributaria y Comercial" (Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas, 1999). Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 86. Depreciación total anual.

Año	Depreciación anual ($)
2025	
2026	17,323.34
2027	17,323.34
2028	17,323.34
2029	17,323.34
2030	17,323.34

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

5.3.2.5. Costos totales de operación

Los costos totales de operación de la planta productora eritritol derivado de almidón de maíz se calcularon como la suma de los costos de materia prima e insumos, los costos de envases PET, los costos indirectos y los costos de depreciación. En la tabla 98 se presentan los cálculos correspondientes:

Tabla 87. *Costos totales de operación*

Concepto	Costo ($)
Materia prima e insumo	85,632.71
Empaques	40,668.75
Materiales indirectos de la planta	98,323.98
Pago personal	1,196,205.25
Consumo de agua	452.51
Consumo de combustibles	1,771.32
Consumo energético	18,869.94
Depreciación	17,323.34
TOTAL	**1,459,247.81**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

5.3.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo se calculó como la diferencia entre los activos circulantes y los pasivos circulantes (Baca Urbina, 2001) mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Capital\ de\ trabajo} = Activos\ circulantes - Pasivos\ circulantes \qquad \textbf{Ecuación 21}$$

Pero es necesario calcular los activos y pasivos circulantes.

5.3.3.1. Activos circulantes

Los activos circulantes representan los valores e inversión, inventario y cuentas por pagar de la planta productora.

i. Valores e inversiones

Es dinero que se invierte en una institución financiera con el fin de apoyar las ventas del producto. Se recomienda contar con valores e inversiones que satisfagan los gastos de venta para 45 días, puesto que se pretende dar crédito de ventas a 30 días (Baca Urbina, 2001). Los costos de ventas serán igual a la sumatoria de los salarios de los empleados del área administrativa-financiera.

$$Valores\ e\ inversiones = \frac{Costos\ de\ ventas}{días\ de\ producción\ al\ año} \times 45\ días$$

$$Valores\ e\ inversiones = \frac{19{,}733.96}{301\ días} \times 45\ días$$

$$Valores\ e\ inversiones = \$2{,}950.26$$

Este cálculo representa el monto necesario para cubrir los gastos operativos de 45 días de producción de la planta productora de eritritol derivado de almidón de maíz.

ii. Inventario

El inventario para la planta productora de eritritol derivado de almidón de maíz se calcula directamente con la cantidad de días que se pretenden dar de crédito, en este caso, 45 días. Este enfoque asegura que, al cumplirse este plazo, se perciban los primeros ingresos reales de la empresa por ventas.

$$Inventario = costo\ unitario \times volumen\ de\ producción\ \times plazo$$

El Cálculo del costo unitario se hizo:

$$Costo\ unitario = \frac{Costo\ total\ diario}{Volumen\ de\ producción\ diario}$$

$$Costo\ unitario = \frac{\$4{,}848.00}{235.20\ {}^{kg}/_{día}} = \$20.61$$

Y el Cálculo del inventario:

$$Inventario = \$\ 20.61 \times 235.20\ kg/día \times 30\ dias$$

$$Inventario = \$\ 145{,}439.98$$

iii. Cuentas por pagar

En este apartado se refiere al crédito extendido a los consumidores. Para la planta productora de eritritol derivado de almidón de maíz, las cuentas por cobrar representan la cantidad de dinero que los clientes deben pagar cuando se otorgan créditos. Esto permite que la venta del producto se alinee con los días estipulados de crédito, asegurando que la operación sea financieramente sostenible.

$$Cuentas\ por\ cobrar = \frac{Costos\ totales\ de\ operación}{Meses\ de\ operación}$$

$$Cuentas\ por\ cobrar = \frac{\$\ 1{,}459{,}247.81}{12} = \$\ 121{,}603.98$$

El Activo circulante

La tabla 88 muestra el activo circulante del proyecto.

Tabla 88. *Activos circulantes*

Concepto	Costo anual ($)
Valores e inversiones	2,950.26
Inventario	145,439.98
Cuentas por cobrar	121,603.98
TOTAL	**269,994.23**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. **Fuente:** Elaboración propia *(2026).*

5.3.3.2. Pasivos corrientes

Los pasivos corrientes se calculan utilizando la relación entre el activo circulante y la tasa circulante. Para el proyecto se adoptó una tasa circulante de 2.25%, siguiendo los estándares establecidos por los proveedores. Esto determinó si se otorgaba crédito o no a corto plazo.

$$Pasivo\ circulante = \frac{Activo\ circulante}{Tasa\ circulante}$$

$$Pasivo\ circulante = \frac{269{,}994.23}{2.25} = \$\ 119{,}997.43$$

Por lo tanto, los pasivos corrientes representan el monto necesario para financiar los activos circulantes a corto plazo, asegurando la viabilidad financiera de las operaciones de la planta.

5.3.3.3. Cálculo de capital de trabajo

$$Capital\ de\ trabajo = \$\ 269{,}994.23 - \$\ 119{,}997.43$$

$$Capital\ de\ trabajo = \$\ 149{,}996.79$$

5.3.4. Fuentes de financiamiento

El apartado de Fuentes de Financiamiento detalla las estrategias y opciones disponibles para asegurar los recursos económicos necesarios para la puesta en marcha y operación de la planta procesadora de eritritol a partir de almidón de maíz. En este apartado se analizan aspectos como la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR), la cual establece el rendimiento esperado de la inversión, así como las alternativas de financiamiento disponibles y la decisión de financiamiento seleccionada para el desarrollo y operación del proyecto.

a. TMAR

La Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) constituye un indicador financiero empleado para determinar si un proyecto de inversión resulta económicamente conveniente. Esta tasa refleja el rendimiento mínimo que los inversionistas esperan obtener como compensación por el capital invertido y por el nivel de riesgo que implica el desarrollo del proyecto. Su cálculo permite establecer un criterio de comparación para analizar la rentabilidad esperada de la inversión y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{TMAR} = tasa\ de\ inflacion + premio\ al\ riesgo$$

De acuerdo con datos del Banco Central de Nicaragua, durante el año 2023 se registró una inflación de 5.6%, reflejando una reducción en comparación con el 11.59% reportado en el año 2022 (BCN, 2022). Asimismo, para el presente estudio se consideró un premio al riesgo del 30%, tomando como referencia el estudio de caso “Jarabe de glucosa” proporcionado en el aula de clase. Con base en estos parámetros se procedió al cálculo de la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR):

$$\boldsymbol{TMAR} = 0.056 + 0.3 = 0.356$$

Las propuestas a considerar son las siguientes:

- ✓ **70% de financiamiento y 30% de capital propio.**
- ✓ **50% de financiamiento y 50% de capital propio.**

Las Tablas 89 y 90 muestran el cálculo de la TMAR para el proyecto:

Tabla 89. TMAR primera propuesta

Fuente	i	%Financiamiento	Promedio
Inversión	0.356	0.30	0.1068
Financiamiento	0.12	0.70	0.084
TMAR			**0.1908**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

Tabla 90. TMAR segunda propuesta

Fuente	i	%Financiamiento	Promedio
Inversión	0.356	0.50	0.178
Financiamiento	0.12	0.50	0.06
TMAR			**0.238**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración adaptada (2026).*

b. Alternativas reales de financiamiento

En Nicaragua, las tasas de interés aplicadas al financiamiento de proyectos productivos varían en función del tipo de crédito, la entidad bancaria y el nivel de riesgo asociado a la inversión. Actualmente, instituciones financieras como BAC Credomatic manejan tasas de interés aproximadas entre 18% y 24% para distintos tipos de emprendimientos y proyectos empresariales. Por otra parte, bancos como LAFISE y BANPRO ofrecen alternativas de financiamiento orientadas a pequeñas y medianas empresas (Pymes) y proyectos agroindustriales, presentando tasas que oscilan entre 12% y 18%, especialmente en créditos relacionados con actividades productivas y de desarrollo sostenible.

c. Decisión de financiamiento

Con base en la información recopilada y el análisis de las alternativas de financiamiento disponibles, se determinó que la opción más conveniente para la ejecución del proyecto corresponde al financiamiento ofrecido por Banco LAFISE Bancentro. Esta decisión se tomó debido a que la entidad presenta mayor flexibilidad en las condiciones del

préstamo, ofreciendo tasas de interés y cuotas de pago ajustables de manera más favorable a las necesidades y capacidad operativa del proyecto.

d. Financiamiento inicial

La inversión inicial del proyecto comprende la totalidad de los recursos económicos requeridos para la puesta en marcha de la planta, incluyendo la inversión en activos fijos, activos diferidos y el capital de trabajo necesario para el inicio de las operaciones. En la Tabla 91 se presenta el cálculo correspondiente a la inversión inicial requerida para el desarrollo del proyecto:

***Tabla 91**. inversión inicial*

Inversión	Valor ($)
Activos fijos	174,795.70
Activos diferidos	9,206.84
Capital de trabajo	149,996.79
TOTAL	**333,999.33**

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*:** Elaboración adaptada *(2026).*

El proyecto contempla tres alternativas de financiamiento para su ejecución: las dos opciones crediticias analizadas previamente y una tercera basada en el aporte de capital propio. Cada una de estas alternativas fue evaluada considerando las condiciones financieras y su impacto en la viabilidad económica del proyecto. En la Tabla 92 se presenta el cálculo correspondiente a las diferentes formas de financiamiento propuestas:

***Tabla 92.** Formas de financiamiento*

Inversión	Valor ($)
Inversión Inicial	333,999.33
Inversión 70% de financiamiento	233,799.53
Inversión 50% de financiamiento	166,999.66

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*:** Elaboración adaptada *(2026).*

Cálculo del pago del financiamiento

El pago a realizar al final de cada año considerando una i = 13% para emprendedores (tomando como referencia el estudio de caso " jarabe de glucosa " proporcionado en el aula de clase) está dado por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{pago} = capital \times \frac{i(i\ +\ 1)^n}{(1\ +\ i)^n\ -1}$$

Para la primera opción con un 70% de financiamiento el pago serio:

$$\boldsymbol{Pago}\ (\boldsymbol{70\%\ financiamiento}) =\ \$\,233{,}838.96 \times \frac{0.13(0.13\ +\ 1)^5}{(1\ +\ 0.13)^5 - 1}$$

$$\boldsymbol{Pago}\ (\boldsymbol{70\%\ financiamiento})\ =\ \$\,66{,}483.81$$

Para la primera opción con un 50% de financiamiento el pago serio:

$$\boldsymbol{Pago}\ (\boldsymbol{50\%\ financiamiento}) =\ \$\,166{,}999.66 \times \frac{0.13(0.13\ +\ 1)^5}{(1\ +\ 0.13)^5 - 1}$$

$$\boldsymbol{Pago}\ (\boldsymbol{70\%\ financiamiento}) =\ \$\,47{,}488.44$$

5.3.5. Ingresos

En este apartado se efectuó el análisis correspondiente a la determinación de los costos unitarios de producción, la definición del precio de venta del eritritol y la proyección de los ingresos estimados durante los cinco años contemplados en el horizonte de planificación del proyecto.

5.3.5.1. Costos unitarios

El cálculo de los costos unitarios se realizó a partir de los parámetros de producción establecidos para las diferentes presentaciones comerciales del eritritol. La producción diaria total corresponde a 240 kg/día, distribuidos en distintas presentaciones de acuerdo con la demanda proyectada del producto. Del total producido, el 38% se destina a cajas de 100 sachets de 5 g, el 20% a cajas de 50 sachets de 5 g, el 31% a bolsas

multilaminadas de 1 lb y el 11% a bolsas multilaminadas de 2 lb. Asimismo, el costo total de producción diario se estimó en US$ 4,848.00. Con base en estos datos se procedió al cálculo de los costos unitarios para cada presentación comercial, obteniéndose un costo unitario de US$ 20.20/kg. La fórmula empleada para determinar los costos unitarios se presenta en la siguiente ecuación y sus resultados se muestran en la Tabla 93:

Tabla 93. *Costos unitarios*

Presentaciones	Total general	Costo de producción diarios ($/día)	Volumen de producción diario (kg/día)	Costos Unitarios ($/kg)
Caja de 100 sachets de 5g	38.00%	1,842.24	91.20	20.20
Caja de 50 sachets de 5g	20.00%	969.60	48.00	20.20
Bolsa multilaminada de 1lb	31.00%	1,502.88	74.40	20.20
Bolsa mulltilaminada de 2lb	11.00%	533.28	26.40	20.20
Total general	**100.00%**	**4,848.00**	**240.00**	20.20

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*****:** Elaboración adaptada *(2026).*

5.3.6. Precio de venta

Para determinar el precio de venta del eritritol en sus diferentes presentaciones comerciales, inicialmente se calculó el costo neto del producto mediante la siguiente fórmula:

$$Costo\ neto = costo\ unitario\left(\frac{\$}{kg}\right) x\ contenido\ Neto\ (kg)$$

Posteriormente, el precio de venta se estableció aplicando un margen de ganancia del 25% sobre el costo neto, mientras que el costo de venta al distribuidor se determinó considerando el 90% del precio de venta. Los resultados obtenidos para cada presentación comercial del producto se presentan en la Tabla 94:

Tabla 94. *Precio de venta del producto*

Presentaciones	Costo neto	Precio de venta (25% ganancia)	Costo de venta al distribuidor (90% costo unitario)
Caja de 100 sachets de 5g	10.10	13.47	12.12
Caja de 50 sachets de 5g	5.05	6.73	6.06
Bolsa multilaminada de 1lb	9.16	12.22	11.00
Bolsa mulltilaminada de 2lb	18.33	24.43	21.99

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. Fuente: Elaboración adaptada *(2026).*

5.3.7. Proyección de ingresos

La proyección de ingresos se efectuó considerando las diferentes presentaciones comerciales del eritritol, incluyendo las cajas de sachets y las bolsas multilaminadas, necesarias para cubrir el volumen de producción anual proyectado durante el horizonte de planificación. Asimismo, se tomó en cuenta el precio de venta establecido para cada presentación del producto terminado. Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 95 a la 99:

Tabla 95. *Ingresos por venta del producto en presentación de cajas de 100 sachets de 5g 2026-2030*

Año	Unidades de Cajas de 100 sachets de 5g	Precio de venta ($)	Ingreso ($/año)
2026	53,803.00	13.47	724,546.97
2027	54,071.00	13.47	728,156.04
2028	54,342.00	13.47	731,805.51
2029	54,614.00	13.47	735,468.44
2030	54,885.00	13.47	739,117.90

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. **Fuente:** Elaboración adaptada *(2026).*

***Tabla 96**. Ingresos por venta del producto en presentación de cajas de 50 sachets de 5g 2026-2030*

Año	Unidades de Cajas de 50 sachets de 5g	Precio de venta ($)	Ingreso ($/año)
2026	56,635.00	5.05	286,006.71
2027	56,917.00	5.05	287,430.81
2028	57,202.00	5.05	288,870.06
2029	57,488.00	5.05	290,314.36
2030	57,774.00	5.05	291,758.66

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*:** Elaboración adaptada *(2026).*

***Tabla 97.** Ingresos por venta del producto en presentación de bolsa de 1lb 2026-2030*

Año	Unidades de bolsa de 1 lb	Precio de venta ($)	Ingreso ($/año)
2026	48,372.00	12.22	590,958.71
2027	48,647.00	12.22	594,318.38
2028	48,919.00	12.22	597,641.39
2029	49,192.00	12.22	600,976.62
2030	49,465.00	12.22	604,311.85

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente*:** Elaboración adaptada *(2026).*

***Tabla 98.** Ingresos por venta del producto en presentación de bolsa de 2lb 2026-2030*

Año	Unidades de bolsa de 2 lb	Precio de venta ($)	Ingreso ($/año)
2026	8,585.00	24.43	209,765.18
2027	8,626.00	24.43	210,766.97
2028	8,668.00	24.43	211,793.19
2029	8,709.00	24.43	212,794.98
2030	8,751.00	24.43	213,821.21

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. **Fuente:** Elaboración adaptada *(2026).*

Tabla 99. *Proyección de ingresos totales por venta del producto 2026-2030*

Año	Ingresos de Caja de 100 sachets de 5g	Ingresos de Caja de 50 sachets de 5g	Ingresos de bolsa de 1lb	Ingresos de bolsa de 2lb	Ingreso total ($/año)
2025	724,546.97	286,006.71	590,958.71	209,765.18	1,811,277.57
2026	728,156.04	287,430.81	594,318.38	210,766.97	1,820,672.19
2027	731,805.51	288,870.06	597,641.39	211,793.19	1,830,110.15
2028	735,468.44	290,314.36	600,976.62	212,794.98	1,839,554.40
2029	739,117.90	291,758.66	604,311.85	213,821.21	1,849,009.62

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. **Fuente:** Elaboración adaptada *(2026).*

5.3.8. Resultados de análisis financiero

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis financiero efectuado para determinar la viabilidad económica del proyecto de producción de eritritol a partir de almidón de maíz, evaluando tres escenarios de financiamiento: inversión con capital propio, financiamiento del 70% y financiamiento del 50%, mediante créditos otorgados por Banco LAFISE Bancentro.

La evaluación financiera del proyecto se realizó tomando en consideración diferentes indicadores económicos que permiten analizar el comportamiento y desempeño de cada alternativa de financiamiento durante el horizonte de planificación. Entre los principales indicadores evaluados se encuentran:

- ✓ **Flujo Neto Acumulado:** Permite identificar la alternativa que genera el mayor valor acumulado al finalizar el período de evaluación del proyecto.
- ✓ **Período de Recuperación de la Inversión:** Determina el tiempo requerido para recuperar la inversión inicial, identificando el año en que el flujo neto acumulado alcanza valores positivos.
- ✓ **Rentabilidad General:** Analiza el comportamiento y crecimiento sostenido de los beneficios netos obtenidos por el proyecto a lo largo de los años evaluados.

5.3.9. Estados financieros

En las Tablas 100 a 102 se presentan los estados de resultados financiero para las tres opciones de financiamiento contempladas:

Tabla 100. *Estado de resultado sin financiamiento*

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales (+)		$1,811,277.57	$1,820,672.19	$1,830,110.15	$1,839,554.40	$1,849,009.62
Costos totales (-)		-$1,441,274.47	-$1,441,893.92	-$1,442,581.06	-$1,443,202.29	-$1,443,890.32
Depreciación (-)		-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34
Interés Bancario (-)						
Utilidad antes de Imp.		$352,679.76	$361,454.93	$370,205.75	$379,028.77	$387,795.96
Impuestos (30%) (-)		-$105,803.93	-$108,436.48	-$111,061.73	-$113,708.63	-$116,338.79
Utilidad neta		$246,875.83	$253,018.45	$259,144.03	$265,320.14	$271,457.17
Pago préstamo (-)						
Depreciación (+)	-$269,994.23	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34
Inversión fija y diferida (-)	-$119,997.43	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54
Valor de salvamento (+)	$0.00					$30,803.00
Capital de trabajo (-)	-$149,996.79					
Inversion total incial (-)	-$333,999.33					
Préstamo Bancario (+)	$0.00					
Flujo Neto de Efectivo	-$483,996.12	$80,196.64	$86,339.26	$92,464.83	$98,640.95	$135,580.97
Flujo Neto acumulado	-$483,996.12	-$403,799.48	-$317,460.23	-$224,995.40	-$126,354.45	$9,226.52

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 101. *Estado de resultado con el 70% de financiamiento*

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales (+)		$1,811,277.57	$1,820,672.19	$1,830,110.15	$1,839,554.40	$1,849,009.62
Costos totales (-)		-$1,441,274.47	-$1,441,893.92	-$1,442,581.06	-$1,443,202.29	-$1,443,890.32
Depreciación (-)		-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34
Utilidad antes de Imp.		$352,679.76	$361,454.93	$370,205.75	$379,028.77	$387,795.96
Impuestos (30%) (-)		-$105,803.93	-$108,436.48	-$111,061.73	-$113,708.63	-$116,338.79
Utilidad neta		$246,875.83	$253,018.45	$259,144.03	$265,320.14	$271,457.17
Depreciación (+)		$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34
Inversión fija y diferida (-)		-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54
Pago de préstamo bancario (-)		-$66,483.81	-$66,483.81	-$66,483.81	-$66,483.81	-$66,483.81
Valor de salvamento						$30,803.00
Capital de trabajo	-$149,996.79					
Inversion total incial	-$333,999.33					
Préstamo Bancario (+)	$233,799.53					
Flujo Neto de Efectivo	-$250,196.59	$13,712.83	$19,855.45	$25,981.02	$32,157.14	$69,097.16
Flujo Neto acumulado	-$250,196.59	-$236,483.76	-$216,628.32	-$190,647.30	-$158,490.16	-$89,393.00

Nota. Los valores de la tabla fueron elaborados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

Tabla 102. *Estado de resultado con el 50% de financiamiento*

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales (+)		$1,811,277.57	$1,820,672.19	$1,830,110.15	$1,839,554.40	$1,849,009.62
Costos totales (-)		-$1,441,274.47	-$1,441,893.92	-$1,442,581.06	-$1,443,202.29	-$1,443,890.32
Depreciación (-)		-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34
Utilidad antes de Imp.		$352,679.76	$361,454.93	$370,205.75	$379,028.77	$387,795.96
Impuestos (30%) (-)		-$105,803.93	-$108,436.48	-$111,061.73	-$113,708.63	-$116,338.79
Utilidad neta		$246,875.83	$253,018.45	$259,144.03	$265,320.14	$271,457.17
Depreciación (+)		$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34
Inversión fija y diferida (-)		-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54
Pago de préstamo bancario (-)		-$47,488.44	-$47,488.44	-$47,488.44	-$47,488.44	-$47,488.44
Valor de salvamento						$30,803.00
Capital de trabajo	-$149,996.79					
Inversion total incial	-$333,999.33					
Préstamo Bancario (+)	$47,488.44					
Flujo Neto de Efectivo	-$436,507.68	$32,708.20	$38,850.82	$44,976.39	$51,152.51	$88,092.53
Flujo Neto acumulado	-$436,507.68	-$403,799.48	-$364,948.67	-$319,972.28	-$268,819.77	-$180,727.24

Nota. Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente:*** *Elaboración propia (2026).*

5.3.10. Decisión

En este apartado se presenta la decisión financiera seleccionada a partir del análisis de los principales indicadores de evaluación económica del proyecto, entre ellos el Valor Actual Neto (VAN) y la Relación Beneficio-Costo (B/C). Estos indicadores permitieron evaluar la rentabilidad y viabilidad financiera del proyecto, así como la capacidad de la inversión para generar beneficios económicos superiores a los costos durante el período de operación.

El análisis realizado permitió establecer una base técnica y financiera para la toma de decisiones, mediante la comparación de los resultados obtenidos en los distintos escenarios de financiamiento evaluados previamente. A partir de ello, se identificó la alternativa más conveniente para optimizar el rendimiento económico del proyecto y asegurar su sostenibilidad financiera a largo plazo.

5.3.10.1. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador financiero utilizado para determinar la rentabilidad de un proyecto mediante la actualización de los flujos de efectivo futuros a valor presente, aplicando una tasa de descuento determinada. Este indicador permite comparar los beneficios económicos esperados con la inversión inicial requerida, facilitando la identificación de si el proyecto generará un valor superior al costo de la inversión en términos actuales.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n=1} \frac{FNE}{(1+i)^t}$$

Donde:

- ✓ I_0**:** Inversión inicial
- ✓ FNE**:** Flujo Neto Efectivo
- ✓ i**:** Tasa de crecimiento (1.2%)
- ✓ t**:** Período (año) Criterio:
- ✓ El proyecto se acepta: $VAN > 0$
- ✓ El proyecto se rechaza: $VAN < 0$
- ✓ El proyecto es indiferente: $VAN = 0$

5.3.11. Beneficio-Costo (B/C)

La Relación Beneficio-Costo (B/C) es un indicador económico utilizado para evaluar la conveniencia financiera de un proyecto, mediante la comparación entre los beneficios esperados y los costos asociados a la inversión. Este índice permite determinar el nivel de rentabilidad del proyecto, identificando si los ingresos y beneficios generados son suficientes para superar los costos totales durante el período de evaluación.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN\ de\ Beneficios}{VAN\ de\ Costos} = \frac{\sum_{t=1}^{n=1} \frac{ingreso}{(1+i)^t}}{I_0 + \sum_{t=1}^{n=1} \frac{ingreso}{(1+i)^t}} - \frac{V_S}{(1+i)^t}$$

Criterio:

- ✓ **El proyecto es rentable (ingresos superan egresos):** $B/C > 0$
- ✓ **El proyecto no es rentable (egresos superan ingresos):** $B/C < 0$
- ✓ **El proyecto no genera ganancias (ingresos = egresos):** $B/C = 0$

En las Tablas 103, 104 y 105 se presentan los resultados del cálculo de la VAN, B/C para las dos formas de financiamiento y sin financiamiento:

Tabla 103. *VAN Y B/C para estado de resultado sin financiamiento*

TMAR =0.356	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
FEN/(1+i)^t	79,245.69	84,303.82	89,214.42	94,044.88	127,730.96
Ingresos/(1+i)^t	1,789,799.97	1,777,750.19	1,765,776.33	1,753,842.48	1,741,953.70
Costos/(1+i)^t	-1,424,184.26	-1,407,901.55	-1,391,870.04	-1,375,957.94	-1,360,290.43
VAN beneficios	8,829,122.69	**Valor Actual Neto (VAN)**			**140,540.45**
VAN costos	8,466,103.82	**Beneficio-Costo(B/C)**			**1.04**

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Tabla 104. *VAN Y B/C para estado de resultado con el 70% de financiamiento*

TMAR =0.1908	1	2	3	4	5
FEN/(1+i)^t	13,550.22	19,387.36	25,067.71	30,658.81	65,096.50
Ingresos/(1+i)^t	1,789,799.97	1,777,750.19	1,765,776.33	1,753,842.48	1,741,953.70
Costos/(1+i)^t	-1,424,184.26	-1,407,901.55	-1,391,870.04	-1,375,957.94	-1,360,290.43
VAN beneficios	8,829,122.69	**Valor Actual Neto (VAN)**			**-180,238.73**
VAN costos	8,466,103.82	**Beneficio-Costo(B/C)**			**1.04**

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Tabla 105. *VAN Y B/C para estado de resultado con el 50% de financiamiento*

TMAR =0.238	1	2	3	4	5
FEN/(1+i)^t	32,320.35	37,934.92	43,395.34	48,769.11	82,992.06
Ingresos/(1+i)^t	1,789,799.97	1,777,750.19	1,765,776.33	1,753,842.48	1,741,953.70
Costos/(1+i)^t	-1,424,184.26	-1,407,901.55	-1,391,870.04	-1,375,957.94	-1,360,290.43
VAN beneficios	8,829,122.69	**Valor Actual Neto (VAN)**			**-88,587.55**
VAN costos	8,466,103.82	**Beneficio-Costo(B/C)**			**1.04**

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Una vez analizado los estados financieros y calculados los indicadores VAN Y B/C, se puede concluir lo siguiente:

5.3.12. Rentabilidad Total

Desde el punto de vista de la rentabilidad total, la alternativa sin financiamiento representa la opción más favorable para el proyecto, debido a que fue la única que presentó un Valor Actual Neto (VAN) positivo, alcanzando un valor de $ 140,540.45 y una relación Beneficio-Costo (B/C) de 1.04. Estos resultados indican que el proyecto logra recuperar la inversión y generar beneficios económicos superiores a los costos cuando se ejecuta mediante capital propio. En contraste, las alternativas con financiamiento del 70% y 50% presentaron VAN negativos de $ -180,238.73 y $ -88,587.55, respectivamente, evidenciando que los costos financieros reducen significativamente la rentabilidad del proyecto.

5.3.13. Riesgo y Presión Inicial

La alternativa sin financiamiento implica asumir una mayor presión financiera inicial, ya que requiere cubrir la totalidad de la inversión mediante recursos propios. Esto puede representar una limitante en términos de liquidez y disponibilidad de capital para otras operaciones de la empresa. Sin embargo, al no existir obligaciones crediticias ni pagos de intereses, el proyecto mantiene mayores flujos netos disponibles durante su operación. Por otra parte, las opciones con financiamiento disminuyen la carga inicial de inversión al distribuir el capital requerido mediante cuotas de pago; no obstante, los intereses y compromisos financieros asociados afectan directamente la rentabilidad y generan una reducción considerable en los beneficios acumulados del proyecto.

5.3.14. Periodo de Recuperación

En relación con el período de recuperación de la inversión, la alternativa sin financiamiento presentó un comportamiento más favorable al permitir la recuperación del capital invertido dentro del horizonte de evaluación del proyecto. En cambio, las opciones con financiamiento del 70% y 50% mostraron mayores dificultades para recuperar la inversión debido al impacto generado por los costos financieros y las obligaciones de pago asociadas a los préstamos adquiridos.

5.3.15. Decisión

Considerando los resultados obtenidos en el análisis financiero, se determinó que la alternativa sin financiamiento constituye la opción más conveniente para la ejecución del proyecto. Esta alternativa presentó el mejor desempeño económico, siendo la única capaz de generar un VAN positivo y mantener una relación Beneficio-Costo superior a la unidad. En consecuencia, el financiamiento mediante capital propio permite maximizar la rentabilidad del proyecto y garantizar una mayor sostenibilidad financiera a largo plazo.

5.3.16. Análisis de sensibilidad

Para el desarrollo del análisis de sensibilidad se consideraron las siguientes variaciones en los ingresos del proyecto:

- ✓ Disminución del 20% en los ingresos de la planta.
- ✓ Aumento del 20% en los ingresos de la planta.

El análisis planteado tiene como finalidad evaluar el comportamiento financiero del proyecto ante posibles cambios en las condiciones del mercado, permitiendo medir el impacto que tendría una reducción o incremento del 20% en los ingresos generados por la planta productora de eritritol a partir de almidón de maíz. Mediante este procedimiento se busca determinar el nivel de sensibilidad del proyecto frente a variaciones en la demanda y en los precios de venta del producto, así como su efecto sobre la rentabilidad y viabilidad económica.

Las variables seleccionadas permiten identificar los riesgos financieros asociados a escenarios desfavorables, como una disminución en las ventas o en el precio de comercialización del eritritol, además de analizar los beneficios potenciales que podrían obtenerse bajo condiciones de mercado más favorables. De igual manera, este análisis permite verificar si el proyecto mantiene condiciones de rentabilidad aceptables ante situaciones menos optimistas y estimar el nivel de mejora económica alcanzable bajo escenarios de crecimiento en los ingresos.

A continuación, se presentan las Tablas 106 a 109, donde se muestran los cálculos correspondientes a los estados de resultados ajustados según las variaciones consideradas, así como los valores obtenidos del Valor Actual Neto (VAN) y la Relación Beneficio-Costo (B/C):

Tabla 106. *Estado de resultado con disminución del 20% en los ingresos de la planta*

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales (+)		$1,449,022.06	$1,456,537.76	$1,464,088.12	$1,471,643.52	$1,479,207.70
Costos totales (-)		-$1,441,274.47	-$1,441,893.92	-$1,442,581.06	-$1,443,202.29	-$1,443,890.32
Depreciación (-)		-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34
Utilidad antes de Imp.		-$9,575.75	-$2,679.51	$4,183.72	$11,117.89	$17,994.03
Impuestos (30%) (-)		$2,872.73	$803.85	-$1,255.12	-$3,335.37	-$5,398.21
Utilidad neta		-$6,703.03	-$1,875.65	$2,928.61	$7,782.53	$12,595.82
Depreciación (+)		$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34
Inversión fija y diferida (-)		-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54
Pago de préstamo bancario (-)						
Valor de salvamento						$30,803.00
Capital de trabajo	-$149,996.79					
Inversion total incial	-$333,999.33					
Préstamo Bancario (+)						
Flujo Neto de Efectivo	-$483,996.12	-$173,382.22	-$168,554.85	-$163,750.59	-$158,896.67	-$154,083.37
Flujo Neto acumulado	-$483,996.12	-$657,378.34	-$825,933.20	-$989,683.79	-$1,148,580.46	-$1,302,663.83

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Tabla 107. *VAN y B/C con disminución del 20% en los ingresos*

TMAR =0.238	1	2	3	4	5
FEN/(1+i)^t	-171,326.31	-164,581.20	-157,994.27	-151,493.06	-145,162.09
Ingresos/(1+i)^t	1,431,839.98	1,422,200.15	1,412,621.07	1,403,073.99	1,393,562.96
Costos/(1+i)^t	-1,424,184.26	-1,407,901.55	-1,391,870.04	-1,375,957.94	-1,360,290.43
VAN beneficios	7,063,298.15	**Valor Actual Neto (VAN)**			**-1,124,556.27**
VAN costos	7,034,278.61	**Beneficio-Costo(B/C)**			**1.00**

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Tabla 108. *Estado de resultado con aumento del 20% en los ingresos de la planta*

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos totales (+)		$2,173,533.09	$2,184,806.63	$2,196,132.18	$2,207,465.28	$2,218,811.54
Costos totales (-)		-$1,441,274.47	-$1,441,893.92	-$1,442,581.06	-$1,443,202.29	-$1,443,890.32
Depreciación (-)		-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34	-$17,323.34
Utilidad antes de Imp.		$714,935.28	$725,589.37	$736,227.78	$746,939.65	$757,597.88
Impuestos (30%) (-)		-$214,480.58	-$217,676.81	-$220,868.33	-$224,081.90	-$227,279.36
Utilidad neta		$500,454.69	$507,912.56	$515,359.45	$522,857.76	$530,318.52
Depreciación (+)		$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34	$17,323.34
Inversión fija y diferida (-)		-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54	-$184,002.54
Pago de préstamo bancario (-)						
Valor de salvamento						$30,803.00
Capital de trabajo	-$149,996.79					
Inversion total incial	-$1,268,505.46					
Préstamo Bancario (+)						
Flujo Neto de Efectivo	-$1,418,502.25	$333,775.50	$341,233.36	$348,680.25	$356,178.56	$394,442.32
Flujo Neto acumulado	-$1,418,502.25	-$1,084,726.75	-$743,493.39	-$394,813.14	-$38,634.58	$355,807.74

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

Tabla 109. *VAN y B/C con aumento del 20% de los ingresos*

TMAR =0.238	1	2	3	4	5
FEN/(1+i)^t	329,817.69	333,188.85	336,423.10	339,582.83	371,604.48
Ingresos/(1+i)^t	2,147,759.97	2,133,300.23	2,118,931.60	2,104,610.98	2,090,344.44
Costos/(1+i)^t	-1,424,184.26	-1,407,901.55	-1,391,870.04	-1,375,957.94	-1,360,290.43
VAN beneficios	10,594,947.22	**Valor Actual Neto (VAN)**			**442,111.50**
VAN costos	10,565,927.69	**Beneficio-Costo(B/C)**			**1.00**

Nota: Los valores de la tabla fueron calculados en Microsoft Excel. ***Fuente****: Elaboración propia (2026).*

La disminución del 20% en los ingresos de la planta ocasiona que el proyecto deje de ser financieramente viable, debido a que el Valor Actual Neto (VAN) obtenido es negativo, alcanzando un valor de $ -1,124,556.27, lo que indica que no sería posible recuperar la inversión inicial ni generar beneficios económicos dentro del horizonte de evaluación establecido. Asimismo, el análisis de sensibilidad permitió identificar que el proyecto presenta un límite de tolerancia reducido frente a disminuciones en los ingresos, evidenciando una alta dependencia del comportamiento de las ventas y de las condiciones del mercado.

Por otra parte, al considerar un incremento del 20% en los ingresos, los resultados financieros muestran una mejora significativa en la rentabilidad del proyecto. Bajo este escenario, el Valor Actual Neto (VAN) aumenta hasta alcanzar un valor de $ 442,111.50, reflejando una recuperación favorable de la inversión y una mayor generación de beneficios económicos. De igual manera, este incremento en los ingresos mejora el comportamiento de los flujos netos de efectivo y fortalece la viabilidad financiera del proyecto, demostrando que un escenario de crecimiento en las ventas tendría un impacto positivo sobre la sostenibilidad económica de la planta productora de eritritol a partir de almidón de maíz.

5.4. Impacto Ambiental

5.4.1. Aprovechamiento sostenible

La planta procesadora de eritritol se desarrollará bajo un enfoque de aprovechamiento sostenible, promoviendo el uso eficiente de agua, energía y materia prima durante todas las etapas del proceso productivo. Operaciones como la fermentación aeróbica, concentración y secado requerirán un control adecuado del consumo energético, por lo que se priorizará el uso de equipos con mayor eficiencia operativa y un adecuado aprovechamiento de los recursos. Asimismo, se buscará minimizar pérdidas de materia prima mediante el control de procesos y la reincorporación de corrientes aprovechables, contribuyendo a reducir el impacto ambiental y mejorar el desempeño económico de la planta.

5.4.2. Gestión de residuos y enfoque de economía circular

Durante la producción de eritritol a partir de almidón de maíz se generarán residuos orgánicos y subproductos provenientes principalmente de las etapas de filtración, centrifugación y separación de biomasa. Estos materiales podrán ser valorizados mediante compostaje o aprovechamiento como materia prima para otros procesos biotecnológicos y alimentarios, disminuyendo la cantidad de residuos enviados a disposición final. Además, el agua residual generada en determinadas operaciones podrá someterse a tratamientos básicos antes de su descarga, reduciendo el impacto ambiental del proceso.

Para cuantificar la carga contaminante y evaluar la eficiencia de los sistemas de depuración propuestos, se establecerá un programa de monitoreo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). Tomándose como referencia los efluentes típicos de la industria de fermentación biotecnológica de eritritol con valores aproximados de DQO entre 10000–25000mg/L, DBO_5 entre 6000–16000mg/L, y relación DBO_5/DQO de 0.55 a 0.65 (Wang et al., 2006; Satyawali & Balakrishnan, 2008).

La valorización de subproductos y el aprovechamiento integral de las corrientes del proceso permiten incorporar principios de economía circular, fomentando una operación más sostenible y eficiente.

5.4.3. Eritritol como opción saludable frente al azúcar

El eritritol es un edulcorante natural bajo en calorías que no eleva la glucosa, no causa caries y es adecuado para dietas especiales, destacándose como opción saludable. Su producción a partir de almidón de maíz permite prácticas más sostenibles, por lo que se consolida como un producto funcional y ambientalmente responsable.

VI. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis de mercado realizado, se identificó una Demanda Potencial Insatisfecha (DPI) de 136.12 toneladas anuales de eritritol en Nicaragua durante el período 2026–2030, representando una oportunidad para la implementación de una planta procesadora de eritritol a partir de almidón de maíz. Para el dimensionamiento del proyecto se planteó cubrir el 45% de la DPI, permitiendo una incorporación gradual del producto al mercado nacional.

El Estudio técnico permitió definir las principales operaciones unitarias del proceso, establecer los balances de materia y seleccionar los equipos necesarios para la operación de la planta. Los resultados demostraron la factibilidad operativa del proceso, con una producción proyectada de 78.03 ton/año en 2026 hasta 79.60 ton/año en 2030, además de determinar cómo ubicación óptima el Km 24.3 Carretera a Masaya.

El análisis económico-financiero permitió determinar que la alternativa sin financiamiento representa la opción más favorable para el proyecto, debido a que fue la única que presentó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de $140,540.45 y una relación Beneficio-Costo (B/C) de 1.04. Estos resultados indican que el proyecto es capaz de recuperar la inversión inicial y generar beneficios económicos superiores a los costos operativos cuando se desarrolla mediante capital propio. Por otra parte, las alternativas con financiamiento del 70% y 50% presentaron VAN negativos de $-180,238.73 y $-88,587.55, respectivamente, evidenciando que los costos financieros afectan considerablemente la rentabilidad del proyecto y disminuyen su viabilidad económica.

En términos generales, el proyecto demuestra ser técnica y económicamente viable bajo condiciones de inversión propia, además de representar una alternativa agroindustrial innovadora para el país, al introducir la producción nacional de eritritol como edulcorante de bajo valor calórico. De igual manera, la implementación de la planta contribuiría al fortalecimiento del sector alimentario y a la diversificación de productos orientados a consumidores que demandan alternativas más saludables, manteniendo además un enfoque de operación eficiente y con bajo impacto ambiental.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones consideradas del presente estudios con las siguientes:

- ✓ Ampliar el estudio de mercado considerando no únicamente un distrito específico del municipio de Managua, sino la totalidad del municipio, con el fin de obtener una proyección más amplia de la demanda potencial de eritritol y un mercado meta más representativo para la comercialización del producto.
- ✓ Considerar el desarrollo de un proceso integrado a partir del maíz nacional, incorporando la producción de almidón de maíz como etapa previa a la obtención de eritritol. Esta alternativa podría representar una oportunidad de aprovechamiento agroindustrial en Nicaragua, debido al bajo costo y disponibilidad del maíz como materia prima, permitiendo generar mayor valor agregado dentro de la cadena productiva nacional.
- ✓ Analizar la posibilidad de ampliar la capacidad de producción de la planta en función del crecimiento de la demanda de productos bajos en azúcar y edulcorantes alternativos dentro del mercado nacional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Beech, D. (2022). *Effect of amylose/amylopectin ratio and extent of processing on the physical properties of expanded maize starches*. Obtenido de International Journal of Food Science & Technology: https://academic.oup.com/ijfst/article/57/4/2298/7807096

Cabeza, C. A. (2022). *Sustainable Industrial Treatment of Starch Hydrolysates.* Recuperado el 2025, de https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/158307/1/Cabeza-2022-Chemical%20Engineering%20Transactions-vor.pdf

Carly, F. &. (2018). *National library of medicine.* Estados unidos.

Carly, F. (2018). *Erythritol production by yeasts: a snapshot of current knowledge.* Recuperado el 2025, de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/yea.3306

Compart, J. (2023). *PMC (PubMed Central).* Recuperado el 2025, de A Review of Starch Modifications and Their Applications.: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10459083/

control, C. (2019). *council.*

Council, C. C. (2019). *Calorie Control Council.* España.

Council, C. C. (2019). *Polioles*. Obtenido de Calorie Control Council: https://datossobrelospolioles.com/

da Silva Timm, N. (2022). *Technological quality of starches under storage conditions: physicochemical and structural changes.* Recuperado el 2025, de Foods: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10326193/

Daza-Serna, L. (2021). *From the culture broth to the erythritol crystals: downstream concentration and crystallization example.* Recuperado el 2025, de Processes: https://www.mdpi.com/2227-9717/9/6/934

Deshpande, M. (2022). *Erythritol production from sugar based feedstocks by Moniliella pollinis using lysate of recycled cells as nutrients source.* Obtenido de rocess Biochemistry, Volumen 112, Páginas 45-52.: https://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2021.11.020

Fickers, C. y. (2017). *Erythritol production by yeast: a snapshot of current knowledge.* Wiley Yeast.

Gómez, L., & Castillo, R. (2020). *Clasificación y propiedades tecnológicas de los edulcorantes nutritivos y no nutritivos.* Obtenido de Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos: https://chatgpt.com/c/691bd1a5-e3e0-8326-b944-8cce2b4c431f

Heizer, J. &. (2017). *Operations Management 11.ª edición.* Boston, MA: Pearson.

Hijosa-Valsero. (2022). *Cell Immobilization for Erythritol Production.* Obtenido de https://www.mdpi.com/2309-608X/8/12/1286

Kotamarthy, L. (2020). *Understanding the Effect of Granulation and Milling Process in Pharmaceutical and Food Applications.* Recuperado el 2025, de https://www.mdpi.com/2227-9717/8/6/683

López, M. (2021). Edulcorantes anturales y sus aplicaciones tecnológicas en la industria alimentaria. México: Reverté.

Mach-Aigner. (2023). *Investigation of ion-exchange membranes and erythritol concentration for the desalination of erythritol culture broth by electrodialysis.* Obtenido de Chemical Engineering and Processing — Process Intensification: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270123002313

Mazi, & Stanhope. (2023). Obtenido de https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol25/pdf/revista-agosto-2023.pdf?utm_source=chatgpt.com

Mazi, & Stanhope. (2023). *Frontera Biotecnológica.* Obtenido de Volumen 25, Mayo-Agosto 2023: https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol25/pdf/revista-agosto-2023.pdf?utm_source=chatgpt.com

Office, U. P. (2000). *Process for producing high-purity erythritol.* Recuperado el 2025, de https://patentimages.storage.googleapis.com/d4/dd/ae/d36ee9769b60e9/US6030820.pdf

Ohshima, Y. (1993). *Method for drying erythritol crystals.* Recuperado el 2025, de Patente EP 0525694A2.: https://patentimages.storage.googleapis.com/d4/dd/ae/d36ee9769b60e9/US6030820.pdf

Pearson Education. (2006). *Pearson Educación – Material académico.* Obtenido de Procesos de transporte y principios de procesos de separación (4ª ed.) – R. Geankoplis: https://uploads.strikinglycdn.com/files/f3328866-f342-4947-ab8d-ee3d37bf4ab4/procesos_de_transporte_y_principios_de_procesos_de_separacin_geankoplis_4ta_edicin.pdf?utm_source=chatgpt.com

Rakicka-Pustułka. (2020). *Journal of Cleaner Production.* Recuperado el 2025, de Scale-up of the erythritol production technology – Process simulation and techno-economic analysis: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620305801

Rakicka-Pustułka, M. (2020). *Scale-up of the erythritol production technology – Process simulation and techno-economic analysis.* Recuperado el 2025, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620305801

Rywińska, A. (2024). Obtenido de Molecules: https://www.researchgate.net/publication/268230289_Optimization_of_Medium_Composition_for_Erythritol_Production_from_Glycerol_by_Yarrowia_lipolytica_Using_Response_Surface_Methodology

Rzechonek, D. A. (2018). Recuperado el 2025, de https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07388551.2017.1380598

Rzechonek, D. A. (2018). *Recent advances in biological production of erythritol.* Recuperado el 2025, de Critical Reviews in Biotechnology: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07388551.2017.1380598

s.a, K. (2026). *Kikitos s.a*. Obtenido de kKkitos s.a: https://kikitos.hn/productos/

Tomaszewska, L. (2012). *Production of erythritol and mannitol by Yarrowia lipolytica in media containing hydrolyzed starch: process overview.* Obtenido de Microbial Biotechnology: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3424290/

Tomaszewska, L. (2014). Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-014-0745-1

Türksever, C. (2025). *Storage Stability of Pudding Powder Under Accelerated Conditions.* Recuperado el 2025, de Foods: https://www.mdpi.com/2304-8158/14/22/3806

Tyapkova, O. (2013). *Thermodynamic behavior of erythritol in aqueous solutions.* Recuperado el 2025, de Thermochimica Acta: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040603113002426

VanHook, A. (2017). *Size Matters: Crystal Size Analysis for the Louisiana Sugar Industry.* Obtenido de Institución: LSU AgCenter: https://www.lsuagcenter.com/profiles/lbenedict/articles/page1491324916020

Verma, M. (2021). *Trends in packaging material for food products: historical background, current scenario, and future prospects.* Recuperado el 2025, de Journal of Food Science and Technology, 58(11), 4069–4082.: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8405760/

Wojtuś, M., Tomaszuk, S., & Wąsik, K. (2022). *Polyols - What do we know about their impact on the gut microbiome?* Obtenido de Journal of Education, Health and Sport: https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/40807

Alcaldía de Managua. (2020). Caracterización de los distritos urbanos de Managua Distrito I. Managua. Recuperado el 2026, de https://Caracterización_de_los_distritos_urbanos_de_managua_distrito_I.urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/04/CARACTERIZACIÓN_DI-1.pdf

Baca Urbina, G. (2001). Evaluación de proyectos (Cuarta ed.). México: McGraw-Hill.

Banco Central de Nicaragua (BCN). (2024). *Precios de Energía y Agua*. Recuperado el 2025, de: https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/precios_de_energia_y_agua

INATEC. (2018). Manual para el protagonista higiene y seguridad del trabajo. Recuperado 2026 de: https://www.tecnacional.edu.ni/media/MANUAL_HIGIENE_Y_SEGURIDAD_DEL_TRABAJO_n0786ag.pdf

INIDE. (2024). *Managua en cifras.* Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Recuperado el 2026, de https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/Managua/Managua.pdf

INIDE. (2017). *Anuario Estadístico 2016.* Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE, Managua. Recuperado el 2026, de: https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario%20Estadistico%202016.pdf

INIDE. (2017). *Reporte de Pobreza y Desigualdad EMNV 2016.* Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Managua. Recuperado el 2026, de: https://www.inide.gob.ni/docs/Emnv/Emnv17/Reporte%20de%20Pobreza%20y%20Desigualdad%20-%20EMNV%202016%20-%20Final.pdf

INIDE. (2021). *Anuario Estadístico 2020.* Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Managua. Recuperado el 2026, de https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario20/Anuario_Estadistico_202 0.pdf

INIDE. (2024). *Anuario Estadístico 2022.* Managua. Obtenido de https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario2022/ANUARIO_ESTADISTICO2022.pdf

Legislación de Nicaragua-Normas Jurídicas. (1999). *Reglamento a la ley no. 303; de reforma a la ley no. 257; ley de justicia* tributaria *y comercial*. Recuperado el 2026, de:http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/77A3615675C5199E0625723A005879BA?OpenDocument

Nicatributos. (2026). *Salario Neto*. Recuperado el 2026, de https://nicatributos.2grow.xyz/salario-neto/#google_vignette

IX. ANEXOS

9.1. **Anexo I.** Formato de encuestas a utilizar en el Estudio de Mercado

Encuesta

Estimado(a) consumidor(a):

Estamos realizando un estudio de prefactibilidad para evaluar la viabilidad técnica, económica y comercial de la elaboración de un edulcorante natural sin calorías (Eritritol) a partir de almidón de maíz. Su opinión es fundamental para conocer la demanda potencial y el grado de aceptación de este producto en el mercado. Agradecemos de antemano el tiempo y la disposición dedicados a completar este cuestionario, cuya información será de gran valor para el desarrollo de esta investigación

INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente cada pregunta y marque con una "X" sobre la línea la opción que mejor refleje su opinión o experiencia.

1. Sexo:

a. Masculino: _____

b. Femenino: _____

2. Edad:

a. Menor de 15 años: _____

b. De 15 a 34 años: _____

c. De 35 a 64 años: _____

d. Mayor de 65 años: _____

3. ¿Consume actualmente azúcar o algún tipo de edulcorante?

a. Sí. → Continúe con la siguiente pregunta. _____

b. No. → Finaliza la encuesta. Muchas gracias por su participación. _____

4. ¿En qué forma consume azúcar actualmente?

a. Bebidas (café, refrescos, leche, gaseosas, etc.). _____

b. Postres, repostería y panes dulces (bizcochos, pasteles, panqueques, etc.). _____

c. Dulces, caramelos, chucherías, galletas, entre otros. _____

d. Otros: _____

5. ¿Con qué frecuencia consume azúcar o edulcorantes?

a. Diario. _____

b. Semanal. _____

c. Quincenal _____

d. Mensual _____

e. Ocasional _____

6. ¿Conoce algún producto que sustituya el azúcar?

a. Mieles regulares (jarabes, miel de panqueque, etc.). _____

b. Miel de agave. _____

c. Edulcorantes no calóricos (sucralosa, estevia, sacarina, etc.) _____

d. Eritritol. _____

e. Otros._____.

7. Si el eritritol estuviera disponible en el mercado nacional, ¿estaría dispuesto(a) a sustituir el azúcar por este producto?

a. Si, Continúe con la siguiente sección de la encuesta. _____

b. No, Finaliza la encuesta. Muchas gracias por su participación. _____

8. ¿En qué presentación preferiría adquirir el eritritol?

a. Una caja de 100 Paquetitos (sachets de 5g). _____

b. Una Bolsa de 1 libra (polvo/granulado). _____

c. Una Bolsa de 2 libras (polvo/granulado). _____

d. Una caja de 50 Paquetitos (sachets de 5g). _____

9. ¿Cuántas unidades de la presentación seleccionada compraría en cada ocasión?

a. 1 unidad. _____

b. 2 unidades. _____

c. 3 unidades. _____

d. Mas de 3 unidades. _____

10. ¿En qué lugares le gustaría poder comprar el edulcorante Eritritol? (Seleccione todas las que crea conveniente)

a. En pulperías / tiendas de barrio. _____

b. Supermercados. _____

c. Mercados. _____

d. Tiendas de conveniencia. _____

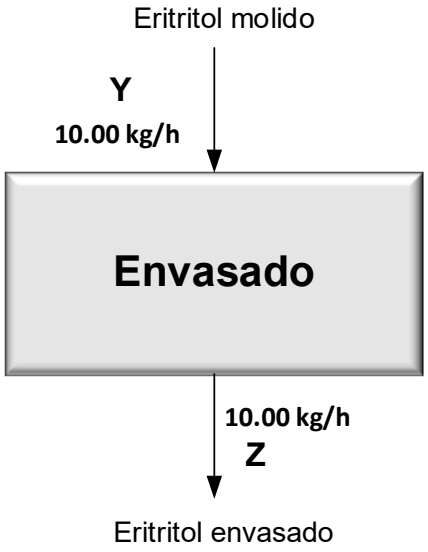
e. Tiendas naturistas / especializadas en salud. _____

¡Muchas gracias por su participación!

9.2. Anexo II. cálculos de Balance de masa y energía.

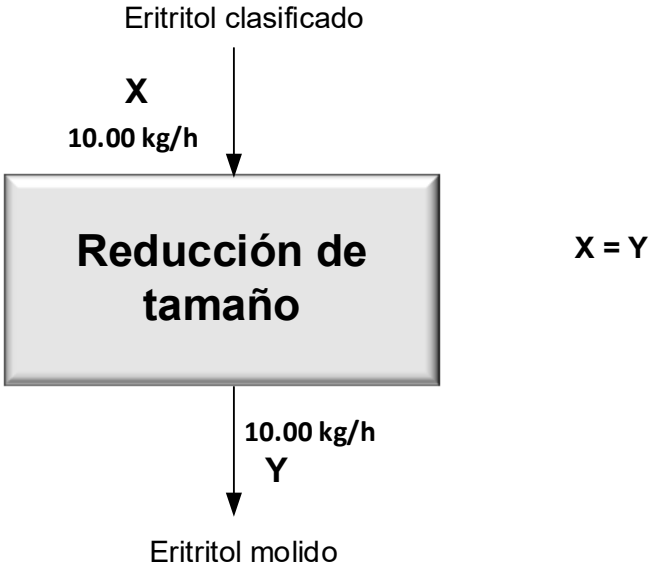
1) Envasado

En la etapa de envasado, el eritritol molido es acondicionado en su presentación final para su posterior almacenamiento y distribución. Debido a que esta operación no modifica la composición del producto ni genera pérdidas significativas de masa, el flujo de entrada se considera igual al flujo de salida.



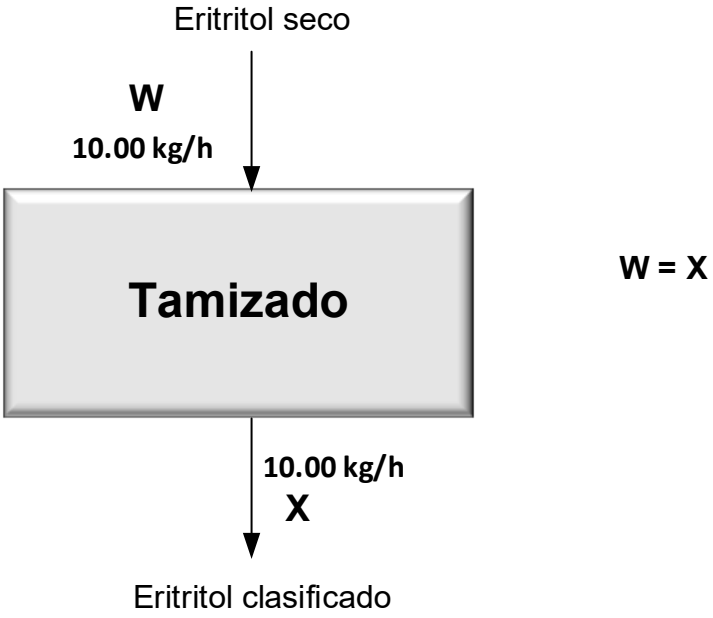
2) Reducción de tamaño

La reducción de tamaño permite obtener eritritol molido con una granulometría adecuada para el envasado. En esta operación solo cambia el tamaño de partícula, no la masa.



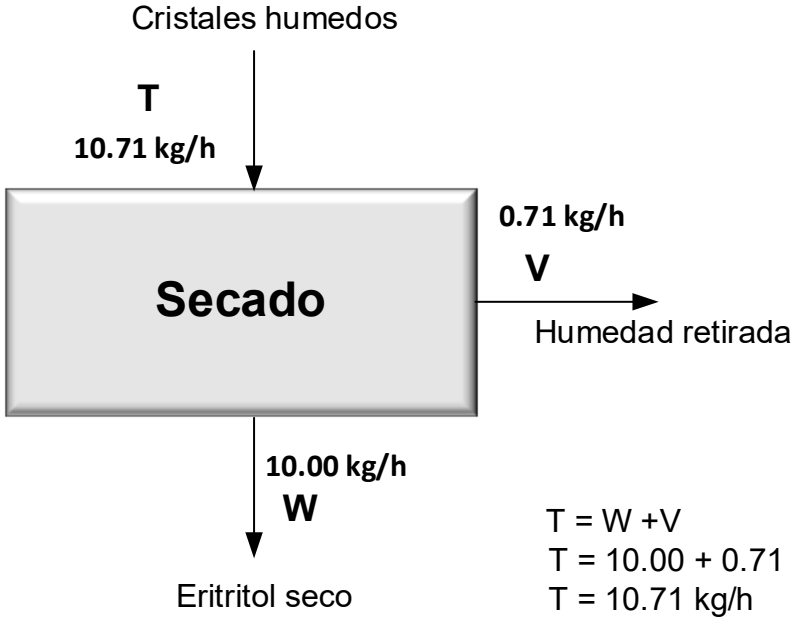
3) Tamizado

El tamizado permite clasificar el eritritol seco según el tamaño de partícula requerido. El material fuera de especificación puede reincorporarse a reducción de tamaño, por lo que no se considera pérdida neta.



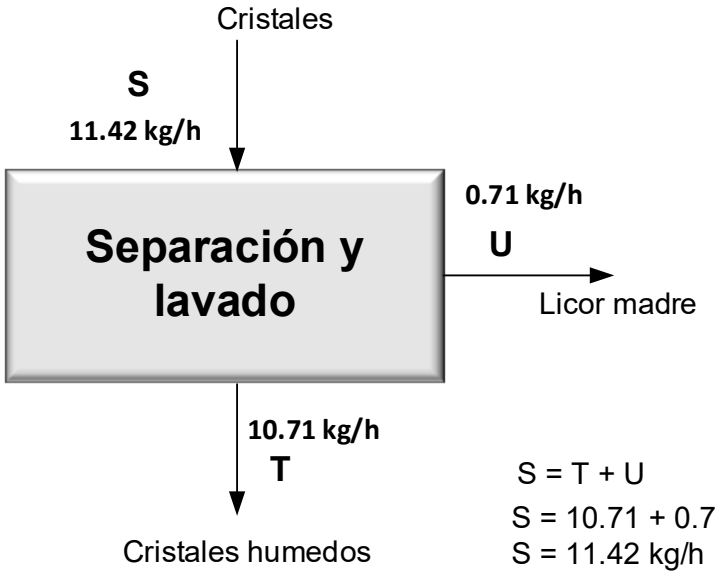
4) Secado

En el secado se elimina la humedad contenida en los cristales húmedos de eritritol, obteniéndose eritritol seco.



5) Separación y lavado de cristales

En esta etapa se separan los cristales húmedos del licor madre. Los cristales continúan al secado y el licor madre se retira del sistema.



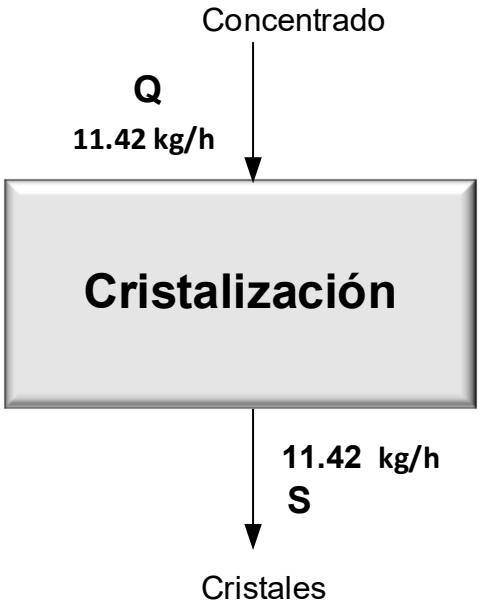
$$S = T + U$$

$$S = 10.71 + 0.71$$

$$S = 11.42 \text{ kg/h}$$

6) Cristalización

Durante la cristalización, el concentrado se acondiciona para promover la formación de cristales de eritritol. En esta etapa no se genera pérdida adicional.

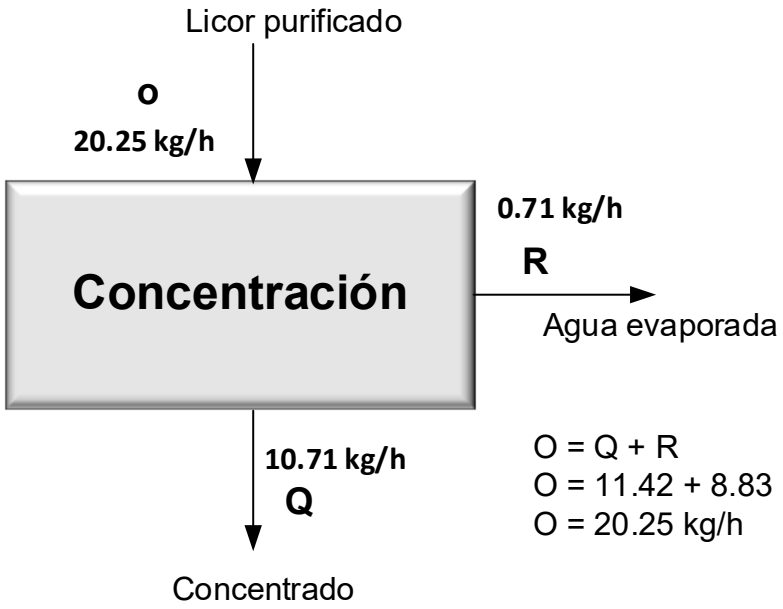


$$Q = S$$

$$S = 11.42 \text{ kg/h}$$

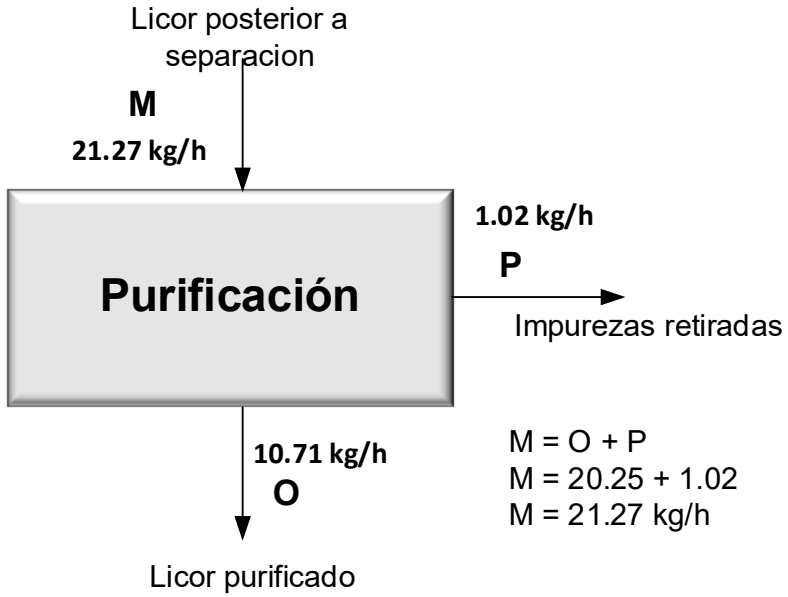
7) Concentración del licor purificado

La concentración elimina parte del agua del licor purificado, aumentando la concentración de eritritol antes de la cristalización.



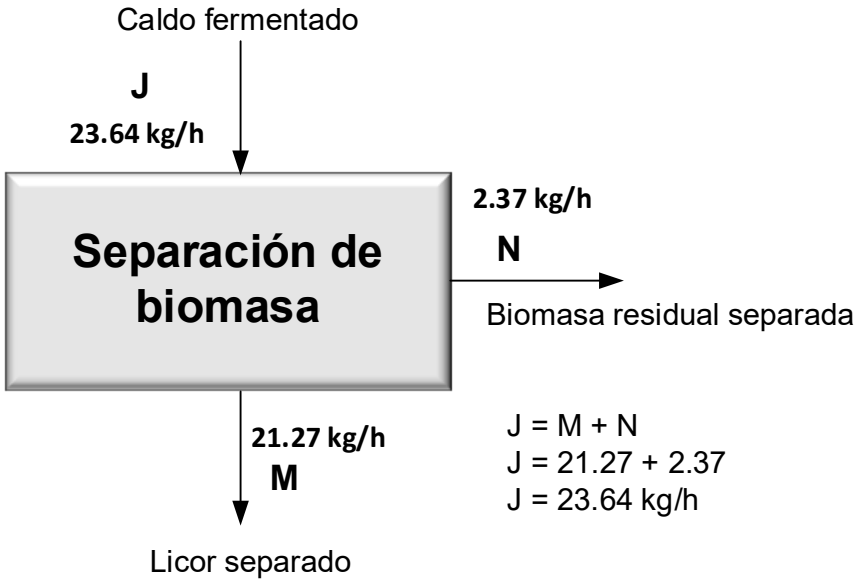
8) Purificación

En la purificación se eliminan impurezas del licor posterior a la separación de biomasa, obteniendo un licor purificado que continúa hacia concentración.



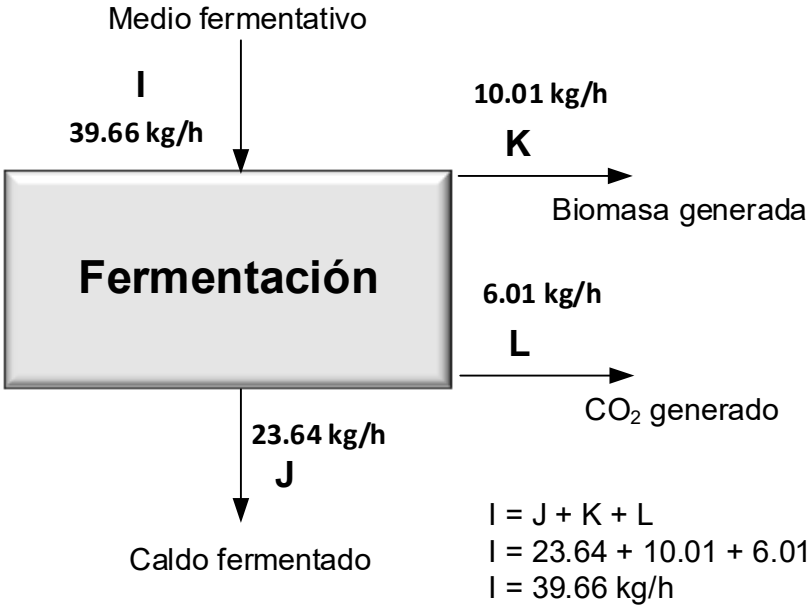
9) Separación de biomasa

Después de la fermentación, el caldo fermentado contiene licor con eritritol y biomasa residual. En esta operación se separa la biomasa para obtener el licor que será purificado.



10) Fermentación aeróbica

Durante la fermentación aeróbica, el medio fermentativo es transformado por la levadura Moniliella, generando caldo fermentado, biomasa y dióxido de carbono.



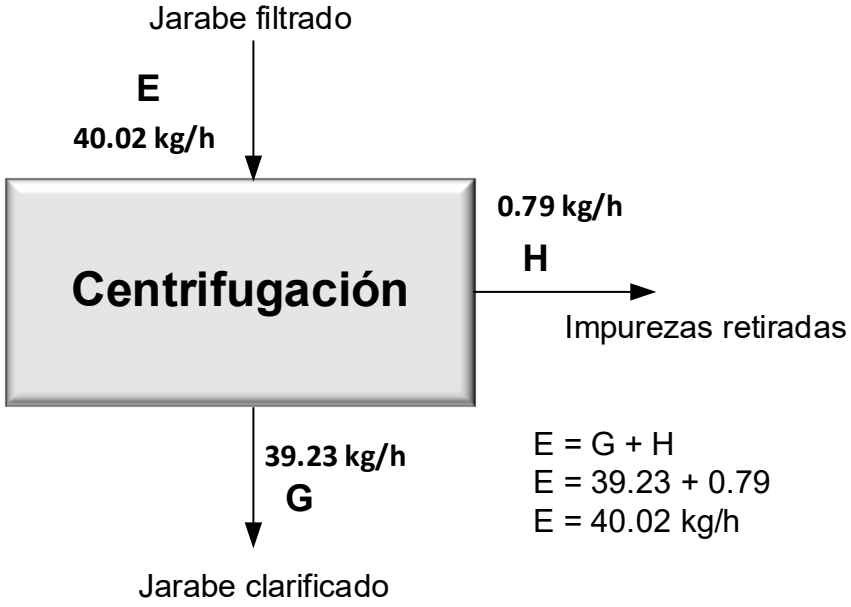
11) Preparación del medio fermentativo

En esta etapa se incorpora la levadura Moniliella al jarabe clarificado, formando el medio fermentativo que será enviado al biorreactor.



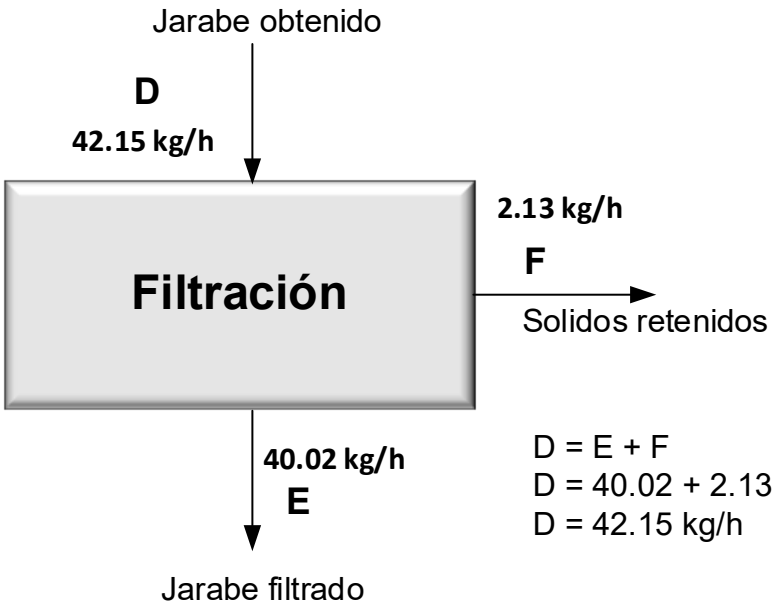
12) Centrifugación del jarabe

La centrifugación permite retirar impurezas finas del jarabe filtrado, obteniéndose un jarabe clarificado.



13) Filtración del jarabe

En la filtración se retiran sólidos no disueltos presentes en el jarabe obtenido durante el pretratamiento.



14) Pretratamiento del almidón

En esta operación se mezcla el almidón de maíz con agua de proceso para obtener el jarabe base que será enviado a la etapa de filtración.



Balances de Energía

1) Pretratamiento del almidón (Gelatinización)

En esta etapa, la mezcla de almidón y agua se somete a calentamiento con el fin de gelatinizar el almidón y facilitar su posterior conversión en azúcares fermentables. La corriente ingresa a temperatura ambiente (25 °C) y se calienta hasta 90 °C.

$m_{hora} = 55.56kg/h$

$C_p = 4.18\, kJ/kg \cdot °C$

$\Delta T = 90 - 25 = 65°C$

Calculo

$Q_{hora} = (55.56)(4.18)(65)$
$Q_{hora} = 15{,}085.5\, kJ/h$

$Qhora = 15{,}085.5kJ/h$

Potencia requerida:

$$P = \frac{15{,}085.5}{3600} = 4.19\, kW$$

2) Fermentación en biorreactor

Durante la fermentación aeróbica, el sistema requiere energía principalmente para la agitación y aireación del medio.

- Potencia del agitador y compresor:

$$P \approx 1.5kW$$

Energía por hora:

$$Q = 1.5 \times 3600 = 5{,}400\, kJ/h$$

3) Centrifugado

En esta etapa se separan partículas finas mediante fuerza centrífuga.

- Potencia del equipo:

$$P \approx 0.5kW$$

Energía:

$$Q = 0.5 \times 3600 = 1{,}800\ kJ/h$$

4) Concentración (Evaporación)

En esta etapa se elimina agua del sistema para aumentar la concentración de eritritol antes de la cristalización.

- Agua evaporada:

$$\mathrm{m} = 11.12\ \mathrm{kg/h}$$

- Calor de vaporización*:*

$$\lambda = 2257\ kJ/kg$$

Cálculo:

$$Q_{hora} = m \cdot \lambda$$
$$Q_{hora} = (11.12)(2257)$$
$$Q_{hora} = 25{,}096.8\ kJ/h$$

Potencia requerida:

$$P = \frac{25{,}096.8}{3600} = 6.97\ kW$$

5) Cristalización

En esta etapa se enfría el licor concentrado para inducir la formación de cristales de eritritol.

Datos:

- Potencia estimada del sistema de enfriamiento:

$$\mathrm{P} \approx 1.0\ \mathrm{kW}$$

Energía:

$$\mathrm{Q} = 1.0 \times 3600 = 3{,}600\ \mathrm{kJ/h}$$

6) Secado

En esta etapa se elimina la humedad residual del eritritol sólido.

Datos:

- Potencia estimada:

$$P \approx 4.0\ kW$$

Energía:

$$Q = 4.0 \times 3600 = 14{,}400\ kJ/h$$

Balance global de energía

Suma total:

$$Q_{total} = 15{,}085.5 + 5{,}400 + 1{,}800 + 25{,}096.8 + 3{,}600 + 14{,}400$$
$$Q_{total} = 65{,}382.3\ kJ/h$$

Potencia total:

$$P_{total} = \frac{65{,}382.3}{3600}$$
$$P_{total} \approx 18.16\ kW$$

El balance de energía del proceso de producción de eritritol se realizó considerando las principales operaciones unitarias que requieren aporte energético, tales como el pretratamiento térmico, la fermentación, la evaporación, la cristalización y el secado. Los resultados obtenidos indican un requerimiento energético total de aproximadamente 65,382 kJ/h, equivalente a 18.16 kW, siendo la etapa de evaporación la de mayor demanda energética debido al alto calor de vaporización del agua. Estos valores permiten estimar el consumo energético global del sistema y evaluar su viabilidad.

9.3. **Anexo III.** Fichas técnicas de los equipos de proceso.

Tabla III.1 Ficha técnica de tolva de alimentación.

<table>
<tr><th colspan="3">Ficha técnica de especificaciones</th></tr>
<tr><td colspan="3">Elemento: Tolva de alimentación
Cantidad:1
Aplicación: Recepción, almacenamiento temporal y dosificación de materia prima (almidón de maíz) hacia el proceso
Fecha: 2026
Costo: USD 536
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ítem</th><th>Descripción general</th></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción técnica</td><td>La tolva de alimentación vibratoria es un equipo diseñado para almacenar temporalmente materiales sólidos y suministrarlos de manera controlada mediante un sistema de vibración. Este sistema evita la formación de puentes o atascos en materiales como el almidón de maíz, garantizando un flujo constante hacia los equipos posteriores del proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Datos técnicos</td><td>Capacidad 50 – 100 L (≈30 kg)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Material de construcción</td><td>Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimensiones del equipo</td><td>Largo: 0.6 m, Ancho: 0.6 m, Altura: 0.8 – 1.0 m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Servicio</td><td>Red eléctrica</td><td>0.5 – 1kW</td></tr>
<tr><td>Red hidráulica</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red sanitaria</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red neumática</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red de vapor</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red de gas</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Accesorios</td><td>Vibrador electromecánico, Controlador de frecuencia, Compuerta de descarga, Soportes antivibración</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción</th><th>Requerimiento</th></tr>
<tr><td colspan="2">Garantía</td><td>Garantía de 12 meses, cubriendo fallas en el sistema vibratorio, estructura y componentes eléctricos. No incluye desgaste por uso continuo o daños por sobrecarga.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Soporte técnico y mantenimiento</td><td>El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del sistema vibratorio, ajuste de soportes, limpieza interna y verificación de conexiones eléctricas.</td></tr>
</table>

Capacitación	Se debe capacitar al personal en la operación del sistema vibratorio, control de flujo de material y limpieza del equipo para evitar contaminación o acumulación de producto.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.2 Ficha técnica de balanza industrial.

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Balanza industrial (WINTRONIX WX-K600)** **Cantidad:1** **Aplicación: Pesaje de materia prima e insumos** **Fecha: 2026** **Costo: USD 120**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		La balanza industrial WINTRONIX WX-K600 es un equipo de pesaje electrónico de precisión media, diseñado para uso industrial. Opera mediante una celda de carga que transforma la fuerza del peso en señales eléctricas, las cuales son procesadas y mostradas en una pantalla digital. Permite obtener mediciones confiables en operaciones de control y preparación de insumos.
Datos técnicos		Capacidad: 50 kg
Material de construcción		Plataforma de acero inoxidable
Dimensiones del equipo		0.40 m × 0.30 m × 0.75 m
Servicio	**Red eléctrica**	No aplica
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Indicador digital externo, Cable de conexión, Plato o plataforma de pesaje
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía de 12 meses contra defectos de fabricación, cubriendo celdas de carga, indicador digital y 164anuals164s164 electrónicos. No incluye daños por sobrecarga, golpes o mal uso.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá brindar mantenimiento preventivo básico, incluyendo calibración periódica, limpieza de la plataforma, revisión del indicador digital y verificación del

	correcto funcionamiento de la celda de carga y conexiones eléctricas.
Capacitación	El personal deberá recibir capacitación sobre el uso correcto de la balanza industrial, procedimientos de pesaje, calibración básica, limpieza del equipo y manejo adecuado de la materia prima durante las operaciones de control y dosificación.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.3 *Ficha técnica de tolva de almidon*

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Tolva de almidón (Tolva cónica de acero inoxidable)** **Cantidad:1** **Aplicación: Almacenamiento y dosificación de almidón de maíz hacia el proceso productivo** **Fecha: 2026** **Costo: USD 320**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		La tolva cónica de acero inoxidable es un equipo diseñado para el manejo de materiales sólidos en forma de polvo o granulados. Su geometría cónica facilita el flujo por gravedad, evitando acumulaciones y permitiendo una descarga eficiente del material. Es adecuada para la dosificación controlada del almidón hacia equipos posteriores del proceso.
Datos técnicos		Capacidad 100 L (~60 kg)
Material de construcción		Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)
Dimensiones del equipo		0.60 m × 0.60 m × 0.90 m
Servicio	**Red eléctrica**	No aplica
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Válvula de descarga, Compuerta manual, Soporte estructural, Mirilla de inspección
Descripción		**Requerimiento**

Garantía	Garantía de 12 meses**,** cubriendo defectos de fabricación en la estructura y sistema de descarga. No incluye daños por uso indebido o acumulación excesiva de material.
Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor debe garantizar mantenimiento básico, incluyendo limpieza interna, inspección de la válvula de descarga y verificación del estado estructural del equipo.
Capacitación	El personal operario deberá recibir capacitación básica sobre el manejo adecuado de la tolva conica, incluyendo procedimientos de carga y descarga del almidón, control de flujo del material, limpieza sanitaria del equipo y prevención de contaminación.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.4 Ficha técnica de tanque mezclador

Ficha técnica de especificaciones		
Elemento: Reactor de gelatinización (Tanque mezclador con camisa 150 L – modelo JM-150) **Cantidad:1** **Aplicación: Gelatinización del almidón de maíz mediante calentamiento y agitación** **Fecha: 2026** **Costo: USD 3500**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		El reactor de gelatinización modelo JM-150 es un tanque mezclador equipado con una camisa térmica que permite el calentamiento controlado del producto. Incorpora un sistema de agitación mecánica que asegura la homogeneidad de la mezcla y evita la formación de grumos. El calentamiento puede realizarse mediante vapor o agua caliente circulante en la camisa, garantizando una transferencia de calor eficiente.
Datos técnicos		Capacidad 150 L, 50 – 55 kg/h (~100 L)
Material de construcción		Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304 o 316)
Dimensiones del equipo		0.70 m × 0.70 m × 1.30 m
Servicios	**Red eléctrica**	2-4 kw (motor agitador)
	Red hidráulica	Agua de alimentación
	Red sanitaria	Drenaje y limpieza

	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	Requerida para calentamiento
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Agitador con motor eléctrico, Camisa térmica, Termómetro o sensor de temperatura, Válvula de descarga, Válvula de entrada de vapor, Tapa superior con cierre, Sistema de control de temperatura
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía de **12 meses**, cubriendo fallas en el sistema de agitación, camisa térmica y estructura del tanque. No incluye daños por sobrepresión, uso indebido o falta de mantenimiento.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del agitador, verificación de sellos, limpieza interna, control de incrustaciones en la camisa y revisión del sistema de calentamiento.
Capacitación		Se debe capacitar al personal en la operación del reactor, control de temperatura, manejo del sistema de vapor y procedimientos de limpieza (CIP o manual), asegurando condiciones adecuadas para el proceso de gelatinización.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.5 *Ficha técnica de filtro prensa.*

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Filtro prensa (modelo XMY20/320) **Cantidad:1** **Aplicación: Filtración del jarabe para separación de sólidos e impurezas** **Fecha: 2026** **Costo: USD 2200**	
Ítem	**Descripción general**
Descripción técnica	El filtro prensa modelo XMY20/320 es un sistema de filtración por presión que emplea placas y telas filtrantes para retener sólidos mientras permite el paso del líquido clarificado. Funciona mediante la aplicación de presión sobre el fluido, formando tortas de filtración que se acumulan en las placas. Es adecuado para procesos donde se requiere alta eficiencia en la separación sólido-líquido.
Datos técnicos	Capacidad 100 L/h

Material de construcción		Estructura de acero al carbono
Dimensiones del equipo		1.20 m × 0.60 m × 0.80 m
Servicio	**Red eléctrica**	1 – 2 kW
	Red hidráulica	Alimentación de fluido
	Red sanitaria	Drenaje de filtrado
	Red neumática	Opcional puede ser manual (tornillo o palanca) Hidraulico simple
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Placas filtrantes, Telas de filtración, Bomba de alimentación, Manómetro de presión, Válvulas de entrada y salida
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía de 12 meses, cubriendo fallas en la estructura, sistema de cierre y componentes mecánicos. No incluye desgaste de telas filtrantes ni daños por operación fuera de parámetros.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo limpieza de placas, reemplazo de telas filtrantes, revisión de sellos y control de presión del sistema.
Capacitación		Se debe capacitar al personal en la operación del filtro prensa, incluyendo armado de placas, control de presión, descarga de torta y limpieza del equipo para asegurar eficiencia en la filtración.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.6 *Ficha técnica de centrifuga.*

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Centrífuga (Centrífuga industrial tipo canasta 100 L – modelo SSC-100) 100 L/batch 0.90 × 0.70 × 0.80 50 kg/h **Cantidad:1** **Aplicación: Separación sólido-líquido del jarabe y/o biomasa en el proceso productivo** **Fecha: 2026** **Costo: USD 2800**	
Ítem	**Descripción general**

Descripción técnica		Equipo de separación que opera mediante rotación a alta velocidad, generando fuerza centrífuga que permite separar sólidos del líquido. El material se introduce en una canasta perforada recubierta con un medio filtrante, donde los sólidos quedan retenidos mientras el líquido es expulsado. Es adecuada para procesos por lote y para materiales provenientes de filtración o fermentación.
Datos técnicos		Capacidad 100 L/batch
Material de construcción		Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)
Dimensiones del equipo		0.90 m × 0.70 m × 0.80 m
Servicio	**Red eléctrica**	3 – 7 kW
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	Drenaje de líquidos
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Canasta perforada, Motor eléctrico de alta velocidad, Sistema de freno, Tapa de seguridad con cierre, Panel de control, Amortiguadores de vibración.
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía de 12 meses**,** cubriendo fallas en el motor, sistema de rotación, estructura y componentes eléctricos. No incluye desgaste de partes móviles ni daños por desbalanceo o sobrecarga.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del sistema de rotación, balanceo del equipo, inspección de rodamientos, limpieza de la canasta y verificación del sistema de seguridad.
Capacitación		Se debe capacitar al personal en la operación segura del equipo, incluyendo carga balanceada, control de velocidad, descarga de sólidos y procedimientos de limpieza para evitar contaminación del producto.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.7 Ficha técnica de balanza industrial.

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Tanque mezclador (Tanque mezclador vertical con agitador modelo JB-150)** **Cantidad:1** **Aplicación: Mezcla y preparación de soluciones en el proceso productivo** **Fecha: 2026** **Costo: USD 1800**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		Equipo con un sistema de agitación mecánica que permite la mezcla uniforme de líquidos o soluciones. El agitador garantiza la homogeneidad del contenido, evitando sedimentación y asegurando condiciones óptimas para procesos posteriores como la fermentación.
Datos técnicos		Capacidad 150 L
Material de construcción		Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304 o 316)
Dimensiones del equipo		0.65 m × 0.65 m × 1.20 m
Servicio	**Red eléctrica**	1 – 3 kW
	Red hidráulica	Alimentación de agua
	Red sanitaria	Drenaje y limpieza
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Agitador con motor eléctrico, Eje y hélice de mezcla, Tapa superior, Válvula de descarga, Panel de control básico
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía de 12 meses, cubriendo fallas en el motor del agitador, sistema de transmisión y estructura del tanque. No incluye daños por operación en vacío, sobrecarga o falta de mantenimiento.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del agitador, lubricación de componentes, inspección de sellos y limpieza interna del tanque para evitar contaminación del producto.
Capacitación		Se debe capacitar al personal en la operación del equipo, control de mezcla, tiempos de agitación y procedimientos de limpieza, asegurando una adecuada preparación del medio y condiciones óptimas.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.8 *Ficha técnica de Biorreactor aeróbico.*

<table>
<tr><td colspan="3">Ficha técnica de especificaciones
Elemento: Biorreactor aeróbico (Fermentador de acero inoxidable 200 L – modelo BLBIO-200GJ)
Cantidad:1
Aplicación: Fermentación aeróbica para la producción de eritritol mediante levadura Moniliella
Fecha: 2026
Costo: USD 2800
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ítem</th><th>Descripción general</th></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción técnica</td><td>Es un fermentador equipado con sistemas de agitación, aireación y control automático de variables críticas del proceso. Permite mantener condiciones óptimas de temperatura, pH y oxígeno disuelto, garantizando el crecimiento adecuado del microorganismo y la producción eficiente de eritritol. Su diseño incluye camisa térmica para control de temperatura y sistemas de inyección de aire estéril.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Datos técnicos</td><td>Capacidad 200 L</td></tr>
<tr><td colspan="2">Material de construcción</td><td>Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304 o 316)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimensiones del equipo</td><td>0.80 m × 0.80 m × 1.80 m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Servicio</td><td>Red eléctrica</td><td>3 – 8 kW</td></tr>
<tr><td>Red hidráulica</td><td>Agua para enfriamiento</td></tr>
<tr><td>Red sanitaria</td><td>Drenaje y limpieza</td></tr>
<tr><td>Red neumática</td><td>Aire comprimido estéril</td></tr>
<tr><td>Red de vapor</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red de gas</td><td>Aire u oxígeno (según proceso)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Accesorios</td><td>Agitador con motor eléctrico, Difusor de aire (sparger), Sensores de pH, temperatura y oxígeno disuelto, Camisa térmica, Sistema de control automático, Válvulas sanitarias, Toma de muestras, Filtros de aire estéril</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción</th><th>Requerimiento</th></tr>
<tr><td colspan="2">Garantía</td><td>Garantía de 12 meses, cubriendo fallas en el sistema de agitación, sensores, control automático y estructura del reactor. No incluye daños por contaminación microbiológica o uso indebido.</td></tr>
</table>

Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor debe garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo calibración de sensores, revisión del sistema de aireación, inspección de sellos, limpieza del reactor y verificación del sistema de control.
Capacitación	Se debe capacitar al personal en operación del biorreactor, control de variables (pH, temperatura, oxígeno), manejo de cultivos de Moniliella, esterilización del sistema y procedimientos de limpieza (CIP/SIP).

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.9 Ficha técnica de columna de carbón activado.

<table>
<tr><td colspan="3">Ficha técnica de especificaciones
Elemento: Columna de carbón activado (Filtro de carbón activado en acero inoxidable modelo ACF-50)
Cantidad:1
Aplicación: Purificación del jarabe mediante adsorción de impurezas, colorantes y compuestos orgánico
Fecha: 2026
Costo: USD 950
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ítem</td><td>Descripción general</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción técnica</td><td>Es un sistema de filtración por adsorción que utiliza carbón activado como medio filtrante. El fluido pasa a través del lecho de carbón, donde se retienen impurezas como colorantes, compuestos orgánicos y sustancias indeseables. Está diseñada para operación continua o por lotes, garantizando un tratamiento eficiente del producto.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Datos técnicos</td><td>Capacidad 50 L</td></tr>
<tr><td colspan="2">Material de construcción</td><td>Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimensiones del equipo</td><td>Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Servicio</td><td>Red eléctrica</td><td>No aplica (si es por gravedad)</td></tr>
<tr><td>Red hidráulica</td><td>Alimentación de fluido</td></tr>
<tr><td>Red sanitaria</td><td>Drenaje</td></tr>
<tr><td>Red neumática</td><td>Puede operar tanto por gravedad como por presion.</td></tr>
<tr><td>Red de vapor</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red de gas</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Accesorios</td><td>Válvulas de entrada y salida, Lecho de carbón activado, Distribuidores de flujo</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción</td><td>Requerimiento</td></tr>
</table>

Garantía	Garantía de 12 meses, cubriendo defectos en la estructura del equipo y conexiones. No incluye el carbón activado ni su reemplazo por saturación.
Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor debe garantizar mantenimiento básico, incluyendo limpieza del sistema, control del flujo, reemplazo del carbón activado y verificación de válvulas y conexiones.
Capacitación	Se debe capacitar al personal en la operación del sistema de filtración, control del tiempo de contacto, recambio del carbón activado y procedimientos de limpieza para mantener la eficiencia del proceso.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.9 Ficha técnica de filtro de cartucho.

Ficha técnica de especificaciones

Elemento: Filtro de cartucho (Simple en acero inoxidable 20 L/min – modelo CF-20)
Cantidad:1
Aplicación: Filtración fina del jarabe para eliminación de partículas residuales antes de etapas posteriores
Fecha: 2026
Costo: USD 280



Ítem		Descripción general
Descripción técnica		Es un sistema de filtración por profundidad o superficie, en el cual el fluido atraviesa un elemento filtrante tipo cartucho. Este medio permite retener partículas finas mediante mecanismos de exclusión de tamaño y adsorción superficial. El equipo está diseñado para operar a flujo continuo, proporcionando una filtración eficiente y de fácil mantenimiento mediante el reemplazo periódico del cartucho.
Datos técnicos		Capacidad 20 L/min
Material de construcción		Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)
Dimensiones del equipo		0.25 m × 0.25 m × 0.70 m
Servicio	**Red eléctrica**	No aplica
	Red hidráulica	Sistema de alimentación de fluido
	Red sanitaria	Drenaje y limpieza
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica

Red de gas	No aplica
Accesorios	Cartucho filtrante intercambiable, Carcasa porta-cartucho, Válvulas de entrada y salida, Sellos sanitarios
Descripción	**Requerimiento**
Garantía	El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses**,** cubriendo defectos de fabricación en la carcasa, conexiones y componentes estructurales. No incluye el cartucho filtrante, ya que es un elemento consumible sujeto a reemplazo periódico.
Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo inspección del sistema, limpieza de la carcasa y reemplazo del cartucho filtrante según el nivel de saturación y condiciones de operación.
Capacitación	Se deberá capacitar al personal en el manejo del equipo, incluyendo instalación y cambio de cartuchos, control de caudal, detección de pérdidas de presión y procedimientos de limpieza para asegurar una filtración eficiente.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.10 Ficha técnica de evaporador al vacío.

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Evaporador al vacío (Evaporador rotatorio industrial 30 kg/h – modelo RE-3002) **Cantidad:1** **Aplicación: Evaporador al vacío (Evaporador rotatorio industrial 30 kg/h – modelo RE-3002)** **Fecha: 2026** **Costo: USD 6500**	
Ítem	**Descripción general**
Descripción técnica	Es un sistema de concentración que opera mediante la evaporación del solvente (agua) bajo presión reducida. El equipo cuenta con un matraz rotatorio que incrementa el área de transferencia de calor, favoreciendo la evaporación eficiente. El uso de vacío disminuye el punto de ebullición del líquido, permitiendo una operación más suave y eficiente energéticamente.
Datos técnicos	Capacidad 30 kg/h
Material de construcción	Acero inoxidable grado alimentario (AISI 304)
Dimensiones del equipo	1.20 m × 0.60 m × 1.80 m

Servicio	**Red eléctrica**	2 – 5 kW
	Red hidráulica	Agua para enfriamiento (condensador)
	Red sanitaria	Drenaje
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	Bomba de vacío requerida
Accesorios		Matraz rotatorio, Condensador, Bomba de vacío, Baño de calentamiento, Sistema de recolección de condensado, Controlador de velocidad y temperatura
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses**,** cubriendo defectos de fabricación en el sistema de rotación, estructura, condensador y componentes principales. No incluye daños por mal uso, golpes en componentes de vidrio o fallas por operación fuera de condiciones establecidas.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del sistema de vacío, limpieza del condensador, verificación de sellos, control del sistema de rotación y mantenimiento del baño de calentamiento.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación del evaporador, control de presión, temperatura y velocidad de rotación, así como en los procedimientos de limpieza y manejo seguro del sistema de vacío.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.11 Ficha técnica de bomba de vacío.

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Bomba de vacío (Bomba de vacío de anillo líquido modelo 2BV2060) **Cantidad:1** **Aplicación: Generación de vacío para procesos de evaporación y concentración** **Fecha: 2026** **Costo: USD 850**	
Ítem	**Descripción general**

Descripción técnica		Opera mediante el principio de anillo líquido, en el cual un fluido (generalmente agua) forma un anillo rotatorio dentro del cuerpo de la bomba, generando cavidades que permiten aspirar y comprimir gases. Este tipo de bomba es especialmente adecuada para aplicaciones industriales debido a su estabilidad, bajo nivel de vibración y capacidad para manejar vapores húmedos.
Datos técnicos		Capacidad Potencia**:** 2 HP
Material de construcción		Cuerpo de la bomba**:** Hierro fundido o acero inoxidable
Dimensiones del equipo		0.50 m × 0.25 m × 0.30 m
Servicio	**Red eléctrica**	1.5 – 2 kW (≈ 2 HP)
	Red hidráulica	Suministro de agua para anillo líquido
	Red sanitaria	Drenaje del agua de operación
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Motor eléctrico acoplado, Separador de líquido-gas, Válvula de control, Filtro de entrada, Manómetro de vacío
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses**,** cubriendo fallas en el motor, impulsor, sistema de vacío y estructura. No incluye daños por operación en seco, uso de agua contaminada o falta de mantenimiento.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del nivel y calidad del agua de operación, inspección de sellos mecánicos, limpieza interna y verificación del sistema de vacío.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación de la bomba, control del sistema de vacío, manejo del fluido de operación y procedimientos de mantenimiento para asegurar un funcionamiento eficiente.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.12 *Ficha técnica de condensador.*

<table>
<tr><td colspan="3">Ficha técnica de especificaciones
Elemento: Condensador (Condensador tubular de acero inoxidable modelo HEX-30)
Cantidad:1
Aplicación: Condensación de vapores generados en el proceso de evaporación al vacío
Fecha: 2026
Costo: USD 1300
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ítem</th><th>Descripción general</th></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción técnica</td><td>Es un intercambiador de calor tipo tubular que opera mediante la transferencia de calor entre el vapor del proceso y un fluido refrigerante, generalmente agua. El vapor circula a través de los tubos o la carcasa, mientras el agua fría fluye en sentido contrario, permitiendo la condensación eficiente del vapor. Su diseño de tipo carcasa y tubos, optimizando el área de intercambio térmico y garantizando un proceso continuo y estable.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Datos técnicos</td><td>Capacidad 30 kg/h</td></tr>
<tr><td colspan="2">Material de construcción</td><td>Carcasa: Acero inoxidable AISI 304</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dimensiones del equipo</td><td>1.00 m × 0.30 m × 0.30 m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Servicio</td><td>Red eléctrica</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red hidráulica</td><td>Agua de enfriamiento (flujo continuo)</td></tr>
<tr><td>Red sanitaria</td><td>Drenaje de condensado</td></tr>
<tr><td>Red neumática</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td>Red de vapor</td><td>Entrada de vapor de proceso</td></tr>
<tr><td>Red de gas</td><td>No aplica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Accesorios</td><td>Conexiones de entrada y salida, Válvulas de control, Soportes estructurales</td></tr>
<tr><th colspan="2">Descripción</th><th>Requerimiento</th></tr>
<tr><td colspan="2">Garantía</td><td>El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo defectos de fabricación en la carcasa, tubos y conexiones. No incluye daños por incrustaciones, corrosión por mala calidad del agua o operación fuera de condiciones.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Soporte técnico y mantenimiento</td><td>El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo limpieza de tubos, eliminación de incrustaciones, verificación de fugas y control del flujo de agua de enfriamiento.</td></tr>
</table>

Capacitación	Se deberá capacitar al personal en la operación del sistema de condensación, control de temperatura, flujo de refrigerante y mantenimiento básico del equipo para asegurar su eficiencia térmica.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.13 *Ficha técnica de cristalizador*.

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Cristalizador agitado (Cristalizador con agitador modelo CR-50)** **Cantidad:1** **Aplicación: Cristalización del eritritol a partir de solución concentrada** **Fecha: 2026** **Costo: USD 2300**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		El cristalizador agitado constituye un equipo clave en la etapa final del proceso productivo de eritritol, donde se lleva a cabo la formación de cristales a partir de una solución sobresaturada. Este proceso permite la obtención del producto sólido con características definidas de tamaño y pureza.
Datos técnicos		Capacidad 50 L
Material de construcción		Acero inoxidable AISI 316L *(resistencia química y grado alimentario)*
Dimensiones del equipo		0.50 m × 0.50 m × 1.00 m
Servicio	**Red eléctrica**	1 – 3 kW (motor agitador)
	Red hidráulica	Agua fría para enfriamiento
	Red sanitaria	Drenaje y limpieza
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Agitador con motor eléctrico, Sistema de enfriamiento (camisa o serpentín), Sensor de temperatura, Válvula de descarga
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el sistema de agitación, estructura y componentes mecánicos.

Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del agitador, control de sellos, limpieza interna y verificación del sistema de enfriamiento para asegurar una adecuada formación de cristales.
Capacitación	Se deberá capacitar al personal en el control del proceso de cristalización, incluyendo manejo de temperatura, velocidad de agitación, tiempo de residencia y procedimientos de limpieza para garantizar la calidad del producto final.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.14 *Ficha técnica de Secador de bandejas.*

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Secador de bandejas (Horno secador industrial modelo CT-1)** **Cantidad:1** **Aplicación: Secador de bandejas (Horno secador industrial modelo CT-1)** **Fecha: 2026** **Costo: USD 2700**	

Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		El secador de bandejas modelo CT-1 es un equipo de secado por convección que opera mediante la circulación de aire caliente dentro de una cámara cerrada. Los cristales de eritritol se colocan sobre bandejas, permitiendo la transferencia de calor desde el aire hacia el sólido y la posterior evaporación de la humedad.
Datos técnicos		Capacidad 20 kg/batch
Material de construcción		Cámara interna**:** Acero inoxidable AISI 304 *(contacto con producto)*
Dimensiones del equipo		Cámara interna**:** Acero inoxidable AISI 304
Servicio	**Red eléctrica**	4 – 10 kW (resistencias y ventiladores)
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Bandejas de secado, Ventiladores de circulación de aire, Resistencias eléctricas o sistema de calentamiento, Termómetro o sensor térmico
Descripción		**Requerimiento**

Garantía	El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el sistema de calentamiento, ventilación, control de temperatura y estructura. No incluye daños por sobrecalentamiento, uso indebido o falta de limpieza.
Soporte técnico y mantenimiento	El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo limpieza de bandejas, revisión de resistencias, verificación de ventiladores y control del sistema de temperatura para asegurar un secado uniforme.
Capacitación	Se deberá capacitar al personal en el control del proceso de secado, incluyendo manejo de temperatura, tiempo de operación, distribución del producto en bandejas y procedimientos de limpieza para evitar contaminación.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.15 *Ficha técnica de tamiz vibratorio.*

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Tamiz vibratorio (Circular – modelo ZS-350)** **Cantidad:1** **Aplicación: Clasificación granulométrica y tamizado de cristales de eritritol** **Fecha: 2026** **Costo: USD 650**	

Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		El tamiz vibratorio circular modelo ZS-350 es un equipo de separación sólido-sólido que opera mediante vibración mecánica generada por un motor excéntrico. Esta vibración induce el movimiento del material sobre una malla o serie de mallas, permitiendo la clasificación de partículas según su tamaño.
Datos técnicos		Capacidad 20 kg/h
Material de construcción		Estructura y cuerpo: Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones del equipo		0.50 m × 0.50 m × 0.90 m
Servicio	**Red eléctrica**	0.5 – 1.5 kW
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica

	Red de gas	No aplica
Accesorios		Malla intercambiable, Motor vibratorio, Base con amortiguadores, Tapa superior, Bandeja de descarga, Sistema de ajuste de vibración
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el motor vibratorio, estructura y sistema de soporte. No incluye desgaste de la malla ni daños por sobrecarga o uso indebido
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del motor vibratorio, inspección de mallas, ajuste de vibración y limpieza del equipo para asegurar un funcionamiento eficiente.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación del tamiz, selección de mallas adecuadas, control del flujo de material y procedimientos de limpieza, garantizando la calidad del producto final.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.16 Ficha técnica de molino cónico.

Ficha técnica de especificaciones **Elemento: Molino cónico (Modelo FZ-150)** **Cantidad:1** **Aplicación: Reducción de tamaño y homogeneización de cristales de eritritol** **Fecha: 2026** **Costo: USD 1200**		
Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		Es un equipo de que opera mediante un sistema de rotor y malla cónica. El material es impulsado contra la malla por acción centrífuga, produciendo la fragmentación de partículas hasta alcanzar el tamaño deseado.
Datos técnicos		Capacidad 15 kg/h
Material de construcción		Cuerpo del equipo**:** Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones del equipo		0.50 m × 0.40 m × 0.90 m
Servic..	**Red eléctrica**	1 – 3 kW
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica

	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Malla intercambiable, Rotor de molienda, Tolva de alimentación, Bandeja de descarga, Panel de control, Sistema de seguridad
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el motor, rotor y estructura. No incluye desgaste de la malla ni daños por sobrecarga o uso indebido.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del rotor, inspección de la malla, limpieza interna y verificación del sistema de transmisión.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación del molino, selección de mallas, control del tamaño de partícula y procedimientos de limpieza para asegurar la calidad del producto.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.17 Ficha técnica de dosificador volumétrico.

Ficha técnica de especificaciones

Elemento: Dosificador volumétrico (Dosificador de tornillo sinfín modelo DCS-15)
Cantidad:1
Aplicación: Dosificación controlada de sólidos (almidón o eritritol) hacia el proceso o en etapa de envasado
Fecha: 2026
Costo: USD 1000



Ítem		**Descripción general**
Descripción técnica		El dosificador de tornillo sinfín modelo DCS-15 es un equipo de transporte y dosificación que opera mediante un tornillo helicoidal que gira dentro de una carcasa. El material es desplazado de manera continua y uniforme, permitiendo un control preciso del flujo volumétrico.
Datos técnicos		Capacidad 15 kg/h
Material de construcción		Acero inoxidable AISI 304
Dimensiones del equipo		0.60 m × 0.40 m × 0.80 m
	Red eléctrica	0.5-2 kw aprox
	Red hidráulica	No aplica

	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	Opcional (automatización)
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Tornillo sinfín, Motor con variador de velocidad, Tolva de alimentación, Sistema de control de dosificación, Panel de control
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el motor, sistema de transmisión y estructura. No incluye desgaste del tornillo sinfín ni daños por uso indebido o sobrecarga.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión del tornillo sinfín, lubricación de componentes, inspección del sistema de transmisión y limpieza del equipo para evitar acumulación de material.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación del dosificador, ajuste de caudal, control del sistema de alimentación y procedimientos de limpieza para garantizar una dosificación uniforme.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.18 *Ficha técnica de empacadora de bolsas.*

Ficha técnica de especificaciones

Elemento: Empacadora de bolsas (Selladora continua de banda – modelo FR-900)
Cantidad:1
Aplicación: Sellado y cierre de bolsas de producto terminado (eritritol)
Fecha: 2026
Costo: USD 2800



Ítem	Descripción general
Descripción técnica	Es un equipo de envasado que opera mediante el transporte de bolsas a través de una banda motorizada, donde se aplica calor y presión para sellar el material del envase. Este sistema permite un sellado uniforme y continuo, asegurando la integridad del producto.
Datos técnicos	Capacidad 10 bolsas/min
Material de construcción	Acero al carbono con recubrimiento
Dimensiones del equipo	0.85 m × 0.40 m × 0.60 m

Servicio	**Red eléctrica**	0.5 – 1.0 kW
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Banda transportadora, Sistema de calentamiento, Controlador de temperatura, Rodillos de presión, Panel de control, Sistema de ajuste de velocidad
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El equipo debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el sistema de sellado, resistencias térmicas, motor y estructura. No incluye desgaste de la banda transportadora ni daños por uso indebido.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión de resistencias, limpieza de la banda, ajuste de temperatura y verificación del sistema de transporte.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación del equipo, control de temperatura de sellado, velocidad de banda y manejo adecuado de materiales de empaque para asegurar un sellado eficiente.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*

Tabla III.19 Ficha técnica de estanterías industriales.

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Estanterías industriales (Rack metálico de almacenamiento modelo SR-2000) **Cantidad:1** **Aplicación: Almacenamiento de materia prima, insumos y producto terminado en bodega** **Fecha: 2026** **Costo: USD 450**	
Ítem	**Descripción general**
Descripción técnica	Es una estructura modular diseñada para soportar cargas pesadas distribuidas en niveles. Está compuesto por columnas verticales y vigas horizontales que permiten el almacenamiento seguro de pallets o unidades de carga.

Datos técnicos		Capacidad 2 – 3 ton
Material de construcción		Acero estructural laminado en frío
Dimensiones del equipo		2.00 m × 0.60 m × 2.00 m
Servicio	**Red eléctrica**	No aplica
	Red hidráulica	No aplica
	Red sanitaria	No aplica
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Niveles ajustables, Protectores de columnas, Bases de anclaje, Etiquetas de identificación
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		El sistema debe contar con una garantía mínima de 12 meses**,** cubriendo defectos de fabricación en la estructura, soldaduras y recubrimiento. No incluye daños por sobrecarga, impactos o mala instalación.
Soporte técnico y mantenimiento		El sistema debe contar con una garantía mínima de 12 meses, cubriendo defectos de fabricación en la estructura, soldaduras y recubrimiento. No incluye daños por sobrecarga, impactos o mala instalación.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en el uso adecuado del sistema de almacenamiento, distribución de cargas, límites de peso por nivel y prácticas seguras de manipulación para evitar accidentes.

Fuente: *Elaboración propia 2026****.***

Tabla III.20 *Ficha técnica de estanterías industriales.*

Ficha técnica de especificaciones	
Elemento: Bomba centrífuga (Bomba sanitaria de acero inoxidable modelo ZX) **Cantidad:2** **Aplicación: Transporte higiénico de jarabes, soluciones y agua de proceso entre etapas** **Fecha: 2026** **Costo: USD 640**	
Ítem	**Descripción general**

Descripción técnica		Opera mediante un impulsor rotativo que genera el flujo del fluido. Su diseño cumple con criterios sanitarios, incluyendo superficies pulidas, ausencia de zonas muertas y compatibilidad con sistemas de limpieza en sitio (CIP). Es adecuada para el manejo de líquidos de baja a media viscosidad, como jarabes de glucosa o soluciones intermedias del proceso de eritritol.
Datos técnicos		Capacidad 3 m³/h
Material de construcción		Acero inoxidable AISI 316L pulido sanitario
Dimensiones del equipo		0.50 m × 0.25 m × 0.30 m
Servicio	**Red eléctrica**	1 – 3 kW
	Red hidráulica	Fluido de proceso
	Red sanitaria	Sistema CIP (limpieza en sitio)
	Red neumática	No aplica
	Red de vapor	No aplica
	Red de gas	No aplica
Accesorios		Motor eléctrico acoplado, Conexiones sanitarias Tri-Clamp, Válvulas sanitarias, Válvulas sanitarias, Base de soporte, Sistema de sello mecánico
Descripción		**Requerimiento**
Garantía		Garantía mínima de 12 meses, cubriendo fallas en el motor, impulsor, sellos y estructura. No incluye daños por cavitación, operación en seco o uso fuera de condiciones sanitarias.
Soporte técnico y mantenimiento		El proveedor deberá garantizar mantenimiento preventivo, incluyendo revisión de sellos mecánicos, inspección del impulsor, limpieza del sistema y verificación de conexiones sanitarias.
Capacitación		Se deberá capacitar al personal en la operación de la bomba, control de caudal, prevención de cavitación, procedimientos de limpieza (CIP) y mantenimiento básico.

Fuente: *Elaboración propia 2026.*