

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Plan de Desarrollo Industrial de Uganda

Autor: Adrián Rodríguez Fernández

Tutor: Aurelio Luis Azaña García

**Dpto. de Ingeniería de la Construcción y
Proyectos de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2025



Trabajo Fin de Máster
Ingeniería Industrial

Plan de Desarrollo Industrial de Uganda

Autor:

Adrián Rodríguez Fernández

Tutor:

Aurelio Luis Azaña García

Profesor Asociado

Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2025

Trabajo Fin de Máster: Plan de Desarrollo Industrial de Uganda

Autor: Adrián Rodríguez Fernández

Tutor: Aurelio Luis Azaña García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2025

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mis amigos, por ayudarme a ser cada vez mejor persona y aprender de ellos día si y día también.

A mi tutor, Aurelio, por su paciencia, atención y trato a lo largo de todo este proceso.

A mi padre, por ser mi ejemplo en todo, pero sobre todo a mi madre, que descansas en paz.

Adrián Rodríguez Fernández

Sevilla, 2025

Resumen

El presente trabajo, titulado “**Plan de Industrialización de Uganda**”, busca contribuir al desarrollo económico y social del país mediante el aprovechamiento de sus recursos naturales, su ubicación estratégica en el este de África y la hidrografía que le rodea, lo cual le hace un lugar potencialmente explotable

Este trabajo propone **cuatro proyectos industriales y una remodelación** que abordan sectores estratégicos como la agricultura, la minería, la energía y la logística, con el objetivo de diversificar la economía, generar empleo y mejorar la calidad de vida de la población, además de potenciar los recursos naturales de los que dispone el país.

Abstract

This paper, entitled 'Uganda's Industrialisation Plan', seeks to contribute to the economic and social development of the country by taking advantage of its natural resources, its strategic location in East Africa and the surrounding hydrography, which makes it a potentially exploitable location for industrialisation.

This work proposes four industrial projects and one redevelopment that address strategic sectors such as agriculture, mining, energy and logistics, with the aim of diversifying the economy, generating employment and improving the quality of life of the population, as well as enhancing the country's natural resources.

Índice

Agradecimientos	6
Resumen	7
Abstract	8
Índice	9
Índice de Ilustraciones	13
Índice de Gráficos	15
Índice de Tablas	17
1 Introducción	18
1.2 Marco histórico de Uganda	19
1.3 Marco Político de Uganda	20
1.4 Marco económico	22
2. SITUACIÓN DEL PAÍS	23
2.1 Recursos naturales disponibles	23
2.1.1 Clima	23
2.1.2 Cultivos	25
2.1.3 Hidrografía	26
2.1.4 Minería	27
2.1.4.1 Oro	27
2.1.4.2 Cobre y Cobalto	27
2.1.4.3 Estaño y Wolframio	27
2.1.4.4 Piedra caliza y cemento	27
2.1.5 Petróleo	28
2.1.6 Gas Natural	29
2.1.7 Energías renovables	30
2.1.7.1 Energía Solar	30
2.1.7.2 Energía eólica	31
2.1.7.3 Energía hidroeléctrica	31
2.1.7.4 Biogás y Biomasa	32
2.2 Infraestructuras	33
2.2.1 Puertos	33
2.2.2 Aeropuertos	34
2.2.3 Carreteras	35
2.2.4 Ferrocarril	36
2.3 Posicionamiento geoestratégico	37
2.4 Acuerdo de libre comercio y Economía	38
3. PROPUESTA DE PLAN INDUSTRIAL EN UGANDA	40

<i>3.1 Planta procesadora de oro</i>	40
3.1.1 Contexto	40
3.1.2 Plan de negocios	41
3.1.2.1 Ubicación y normativa	41
3.1.2.2 Características Técnicas del Terreno	42
3.1.2.3 Plan económico	43
3.1.2.3.1. CAPEX (Inversión Inicial)	43
3.1.2.3.2. OPEX (Costes Operativos Anuales)	43
3.1.2.3.3 Indicadores financieros	43
3.1.3 Ingeniería	44
3.1.3.1 Proceso de obtención del oro	44
3.1.3.2 Layout y diagrama de procesos	46
3.1.3.3 CAPEX	47
3.1.4 Construcción	49
3.1.4.1 Planificación de la construcción	49
3.1.4.2 Curva S de costes	50
3.1.4.3 Curva S de cronograma	51
3.1.5 Operación y mantenimiento	52
3.1.5.1 Personal necesario	52
3.1.5.2 OPEX	53
3.1.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.	54
3.1.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 12,2 millones de dólares	54
3.1.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 34.01%	54
3.1.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 285,71%	54
<i>3.2 Planta de fertilizantes compuestos</i>	55
3.2.1 Contexto	55
3.2.1.2 Elementos esenciales y fuentes de obtención	55
3.2.1.2.1 Nitrógeno (N):	55
3.2.1.2.1.1 Justificación de la planta de obtención de amoníaco	56
3.2.1.2.2 Fósforo (P):	56
3.2.1.2.2.1 Proceso de Solubilización: Tratamiento con Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄)	57
3.2.1.2.3 Potasio (K):	57
3.2.2 Plan de negocios	58
3.2.2.1 Ubicación y normativa	58
3.2.2.1.1 Cumplimiento Normativo y Sostenibilidad Ambiental	58
3.2.2.2 Plan Económico	59
3.2.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)	59
3.2.2.2.2 OPEX (Costos Operativos Anuales)	59
3.2.2.2.3 Indicadores Financieros	59
3.2.3 Ingeniería	60
3.2.3.1 Equipos involucrados	60
3.2.3.1.1 Equipos y procesos en la planta de Amoníaco	60
3.2.3.1.2 Equipos y procesos en la planta de fertilizantes	62
3.2.3.2 Procesos	63
3.2.3.3 Layout	65
3.2.3.4 CAPEX	66
3.2.4 Construcción	67
3.2.4.1 Planificación de la construcción	67
3.2.4.2 Curva S de costes	68
3.2.4.3 Curva S de cronograma	69
3.2.5 Operación y mantenimiento	69
3.2.5.1 Personal necesario	70

3.2.5.2 OPEX	71
3.2.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.	72
3.2.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 18 millones de \$.	72
3.2.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 34.01%	72
3.2.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 285,71%	72
<i>3.3 Fábrica de Etanol a partir de caña de azúcar o cultivos de maíz</i>	73
3.3.1 Contexto	73
3.3.2 Plan de negocios	74
3.3.2.1 Ubicación y normativa	74
3.3.2.1.2 Vías de Transporte y Accesibilidad	74
3.3.2.1.3 Recursos disponibles	75
3.3.2.1.4 Normativa Vigente y Requisitos	76
3.3.2.2 Plan económico	77
3.3.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)	77
3.3.2.2.2 OPEX (Costos Operativos Anuales)	77
3.3.2.3.3 Indicadores Financieros	78
3.3.3 Ingeniería	79
3.3.3.2 Procesos mecánicos	80
3.3.3.2.1 Molinos	80
3.3.3.2.2 Reactores de Fermentación	80
3.3.3.2.3 Columnas de Destilación	81
3.3.3.3 Ingeniería civil de la obra	82
3.3.3.4 CAPEX	83
3.3.4 Construcción	84
3.3.4.1 Planificación de la construcción y cronograma	84
3.3.4.2 Curva S de costes	85
3.3.4.3 Curva S de cronograma	86
3.3.5 Operación y mantenimiento	87
3.3.5.1 Personal necesario	87
3.3.5.2 OPEX	88
3.3.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.	89
3.3.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 18 millones de \$	89
3.3.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 77,94%	89
3.3.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 681,82%	90
<i>3.4 Centro de Procesado de Café</i>	91
3.4.1 Introducción	91
3.4.2 Plan de negocios	93
3.4.2.1 Ubicación y normativa	93
3.4.2.1.2 Normativa Vigente y Requisitos	93
3.4.2.2 Plan económico	94
3.4.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)	94
3.4.2.2.2 OPEX (Costes Operativos Anuales)	94
3.4.2.3.3 Indicadores Financieros	94
3.4.3 Ingeniería	95
3.4.3.1 Equipos y procesos	95
3.4.3.1.1 Recepción y Almacenamiento de Materia Prima y logística	95
3.4.3.1.2 Limpieza y Clasificación	96
3.4.3.1.3 Tostado	97
3.4.3.1.4 Molienda y Empaquetado	98
3.4.3.1.5 Control de Calidad y Almacenamiento	98
3.4.3.1.6 Gestión de Recursos y Cogeneración Energética	99
3.4.3.2 Layout	100
3.4.3.4 CAPEX	101

3.4.4 Construcción	102
3.4.4.1 Planificación de la construcción y cronograma	102
3.4.4.2 Curva S de costes	103
3.4.4.3 Curva S de cronograma	103
3.4.5 Operación y mantenimiento	104
3.4.5.1 Personal necesario	104
3.4.5.2 OPEX	105
3.4.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.	106
3.4.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 11,36 millones de \$	106
3.4.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 27,8%	106
3.4.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 321,4 %	106
3.5 Ampliación del puerto del Lago Victoria	107
3.5.1 Situación Actual	107
3.5.1.1 Infraestructura actual:	108
3.5.1.1.1 Partes principales del complejo portuario	108
3.5.1.1.2 Servicios básicos	109
3.5.2 Tráfico Marítimo	110
3.5.2.1 Características de los barcos que llegan al puerto	110
3.5.2.2 Estadísticas operativas	110
3.5.2.3 Limitaciones actuales:	110
3.5.3 Planteamiento y Ejecución	111
3.5.3.1 Terminal de Contenedores	111
3.5.3.2 Terminal de Multipropósito	112
3.5.3.3 Terminal de Líquidos	113
3.5.4 Análisis Económico	113
3.5.4.1 Construcción de Terminales (18,7 millones de dólares)	113
3.5.4.2 Maquinaria y Equipamiento (9,3 millones de dólares)	113
3.5.4.3 Electrificación y Sostenibilidad (4,7 millones de dólares)	114
3.5.4.4 Estudios, Permisos y Contingencias (4,7 millones de dólares)	114
3.5.5 Conclusión	115
4. PRESUPUESTO TOTAL	116
4.1 Inversiones Totales	116
4.2 Resumen de Indicadores económicos clave	117
4.2.1 Conclusiones económicas	118
5. CONCLUSIONES	119
5.1 Potencia instalada	119
5.1.1 Capacidad Energética Actual en Uganda	119
5.1.2 Impacto en las Soluciones Industriales	120
5.2 Propuestas alternativas	120
5.3 Impacto en el Empleo, la Agricultura, la Infraestructura y la Reducción de Desigualdades	122
Referencias	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de Uganda (65)	19
Ilustración 2: Subdivisiones del protectorado británico en Uganda. 1926 (66)	19
Ilustración 3: Golpe de estado de Idi Amin en Uganda (67)	20
Ilustración 4: Actual presidente: Yoweri Museveni	20
Ilustración 5: División de poderes actual (3)	21
Ilustración 6: Tipologías climáticas por zonas (69)	24
Ilustración 7: Agricultura del país (64)	25
Ilustración 8: Hidrografía Uganda (70)	26
Ilustración 9: Principales minas de oro (71)	27
Ilustración 10: Oleoducto en construcción, con polémica (73)	28
Ilustración 11: Distrito de Hoima, donde son los hallazgos de las fuentes de petróleo (75)	29
Ilustración 12: Planta de Biomasa típica de la África profunda	32
Ilustración 13: Distancia por carretera entre ambos puertos (54)	33
Ilustración 14: Ubicación de los aeropuertos en detalle (78)	34
Ilustración 15: Capacidad de carga de los aeropuertos en Tm (34)	34
Ilustración 16: Redes principales de carreteras (80)	35
Ilustración 17: Corredor ferroviario (33)	36
Ilustración 18: Corredores del Norte y Central (81)	37
Ilustración 119: Principales países a los que exporta Uganda y de los que importa (83)	39
Ilustración 120: Localización sugerida (54)	41
Ilustración 21: Localización sugerida (54)	41
Ilustración 122: Ubicación exacta (54)	42
Ilustración 23: Ubicación exacta (54)	42
Ilustración 24: Proceso completo de obtención de oro (47)	44
Ilustración 25: Búsqueda de oro (84)	45
Ilustración 26: Búsqueda de oro II (85)	45
Ilustración 27: Fertilizantes compuestos (86)	55
Ilustración 28: Fertilizante NPK (87)	55
Ilustración 29: Proceso Haber-Bosch II (88)	56
Ilustración 30: Proceso Haber-Bosch (52)	56
Ilustración 31: Producción de ácido sulfúrico por proceso de contacto (53)	57
Ilustración 32: Mapa geopolítico (89)	58
Ilustración 33: Ubicación de la planta (54)	58
Ilustración 34: Esquema de los procesos (34)	63

Ilustración 35: Ejemplo de una planta de fabricación de etanol (99)	73
Ilustración 36: Localización propuesta (54)	74
Ilustración 37: Mapa de las carreteras de Uganda (100)	75
Ilustración 38: Corredor ferroviario (33)	75
Ilustración 39: NEMA (101)	76
Ilustración 40: URA (102)	76
Ilustración 41: Banco Mundial de Uganda (103)	77
Ilustración 42: Proceso de extracción del jugo del bazago (104)	80
Ilustración 43: Reactor de fermentación (105)	81
Ilustración 44: Reactor de fermentación (105)	81
Ilustración 45: Layout de la obra completa (34)	82
Ilustración 46: Mapamundi con los principales productores de café (58)	91
Ilustración 47: Principales productores de café (58)	92
Ilustración 48: Localización de la planta (54)	93
Ilustración 49: Proceso completo de exportación (107)	95
Ilustración 50: Separador vibratorio (108)	96
Ilustración 51: Separadores vibratorios (109)	96
Ilustración 52: Mesa densimétrica (110)	97
Ilustración 53: Tipos de tostado del café (111)	97
Ilustración 54: Molino de cilindros (112)	98
Ilustración 55: Sistema básico de cogeneración (51)	99
Ilustración 56: Localización del Puerto de Kampala (54)	107
Ilustración 57: Ubicación exacta (54)	107
Ilustración 58: Plan de la constructora para el Bukasa Port (60)	108
Ilustración 59: Zoom del Port Bell, donde se puede apreciar la poca infraestructura (114)	109
Ilustración 60: Situación actual del Port Bell (115)	110
Ilustración 61: Terminal de contenedores en Ghana – Ejemplo de lo que podría ser la obra (61)	111
Ilustración 62: Construcción de terminal multipropósito en Salaverri, obra similar a la de Port Bell (62)	112
Ilustración 63: Render de distribución de grúas móviles (63)	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Jerarquía de poderes (34)	21
Gráfico 2: PIB de Uganda (68)	22
Gráfico 3: Máximas y mínimas en Uganda (6)	23
Gráfico 4: Promedio de precipitaciones (6)	24
Gráfico 5: Horas de sol medias en Kampala (77)	30
Gráfico 6: Importancia de la energía hidroeléctrica (16)	31
Gráfico 7: Volumen de imp/exp en ambos puertos (34)	33
Gráfico 8: Capacidad de carga de los aeropuertos en Tm (34)	34
Gráfico 9: Proporción carreteras pavimentadas (34)	35
Gráfico 10: Capacidad ferroviaria por segmento (34)	36
Gráfico 11: Principales países a los que exporta Uganda y de los que importa (83)	39
Gráfico 12: Eficiencia de recuperación de oro en función del proceso (34)	40
Gráfico 13: Layout (34)	46
Gráfico 14: Diagrama de Gantt (34)	50
Gráfico 15: Curva S de costes del proyecto (34)	50
Gráfico 16: Curva S de cronograma (34)	51
Gráfico 17: Resumen de cantidad de personal (34)	52
Gráfico 18: Layout del complejo industrial (34)	65
Gráfico 19: Cronograma Gantt de actividades (34)	67
Gráfico 20: Curva S de Costos (34)	68
Gráfico 21: Curva S de Cronograma (34)	69
Gráfico 22: Comparación de personal por planta (34)	69
Gráfico 23 : Potencial de cultivos y uso potencial para etanol (34)	73
Gráfico 24: Diagrama de procesos para la producción de etanol (34)	79
Gráfico 25: Flujo de electricidad en la planta de Etanol (34)	82
Gráfico 26: Diagrama de Gantt del proyecto (34)	84
Gráfico 27: Curva S de costo del proyecto (34)	85
Gráfico 28: Curva S de cronograma (61)	86
Gráfico 29: Distribución de personal (34)	87
Gráfico 30: Plano 2D de la planta (34)	100
Gráfico 31: Tabla resumen de CAPEX (34)	101
Gráfico 32: Diagrama de Gantt del proyecto (34)	102
Gráfico 33: Curva S de costes (34)	103
Gráfico 34: Curva S de cronograma (34)	103
Gráfico 35: Distribución de personal (34)	104

Gráfico 36: Plan de Contingencia estándar, como el que podría necesitar el proyecto (64)	115
Gráfico 37: : Distribución de costos iniciales del plan (34)	116
Gráfico 38: Resumen del TIR por proyectos (34)	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reservas de barriles (72)	28
Tabla 2: Reservas de Gas Natural (74)	29
Tabla 3: Consumo de energías (76)	30
Tabla 4: Aranceles entre productos de Uganda y la UE (75)	38
Tabla 5: Dimensiones de la planta (44)	47
Tabla 6: Resumen del CAPEX (34)	48
Tabla 7: Resumen del OPEX (34)	53
Tabla 8: Tabla resumen de CAPEX (34)	84
Tabla 9: Resumen del OPEX total (34)	89
Tabla 10: Resumen del OPEX total (34)	105

1 INTRODUCCIÓN

*Dale a un hombre un pez y comerá un día;
enséñale a pescar y comerá toda la vida.*

- Proverbio Chino -

El objetivo de este trabajo es desarrollar un **plan de industrialización para Uganda**, enfocado en aprovechar de manera eficiente los abundantes recursos se encuentran en el país y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Uganda, conocida como la "Perla de África", es un país sin salida al mar en el este de África, que limita con Sudán del Sur, Kenia, la República Democrática del Congo, Tanzania y Ruanda. Esta ubicación estratégica en el corazón del continente le permite participar en la Comunidad de África Oriental (CAO), dándole fácil acceso a mercados regionales e internacionales importantes para su desarrollo industrial. Con una población de alrededor de 45 millones y un **PIB** de alrededor de 40 mil millones de dólares, Uganda se considera un país de ingresos medianos bajos, caracterizado por su gran dependencia de la agricultura. Aunque la agricultura representa el 24% del PIB y emplea a más del 70% de la población, el país ha experimentado un crecimiento en la industria, la manufactura y el comercio en las últimas décadas, lo que refleja los esfuerzos para que su economía se haya diversificado y avanzado hacia una alta industrialización. (1)

La capital, **Kampala**, es un centro urbano, económico y administrativo, con una población de aproximadamente 1,5 millones. Sin embargo, el desarrollo económico de Uganda enfrenta desafíos importantes, como la falta de infraestructura adecuada, energía y mano de obra calificada. Sólo el 26% de la población tiene acceso a la electricidad y en las zonas rurales este porcentaje es mucho menor.

El país tiene un potencial significativo en productos agrícolas como el **café**, el **algodón** y el **té**, cuyo uso local creará productos con valor agregado, generará empleo e impulsará la economía del país.

En cuanto a los indicadores sociales, el **Índice de Desarrollo Humano (IDH)** de Uganda, según datos de la ONU de 2019, ubica al país en un nivel bajo en términos de calidad de vida y se ubica en la categoría más baja del mundo. La tasa de alfabetización es del 76,5%, con una esperanza de vida promedio de alrededor de 63 años. Uganda también está experimentando una alta tasa de crecimiento demográfico, con una tasa promedio anual del 3,3%. (2)

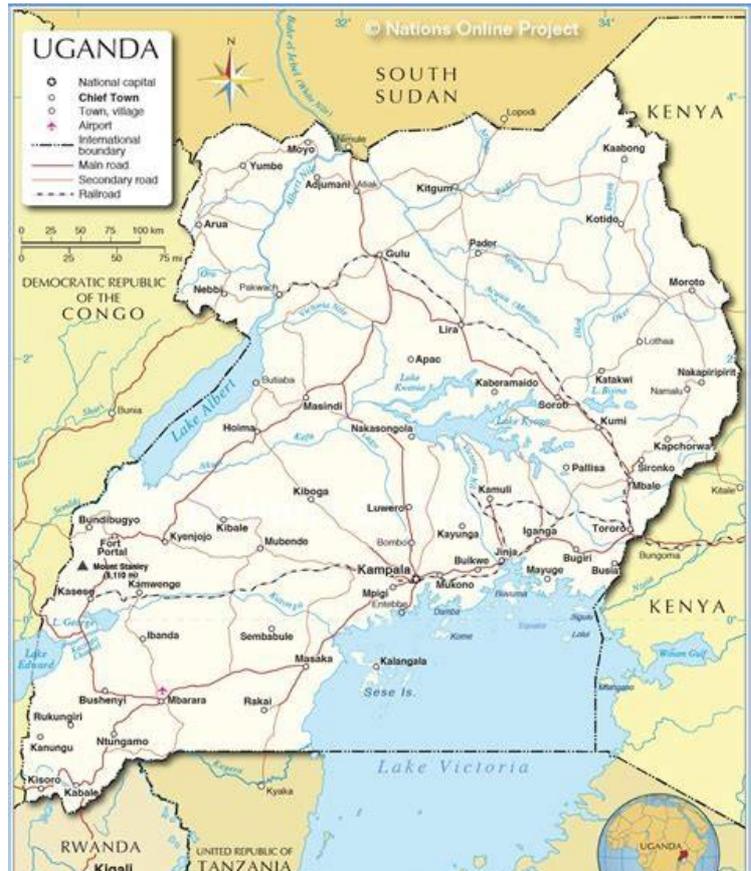


Ilustración 1: Mapa de Uganda (65)

1.2 Marco histórico de Uganda

La población actual de Uganda es el resultado de las migraciones que se produjeron en los siglos XV y XVI. Estos grupos evolucionaron a partir de la desintegración de grupos en África central y oriental, lo que llevó a la formación de nuevas comunidades en lo que hoy conocemos como Uganda.

En la época precolonial, Uganda estaba dominada por varios reinos importantes, siendo los más poderosos los reinos de **Buganda** y **Bunyoro-Kitara**, que continuaron como centros de poder regional. El reino de Buganda jugó un papel importante en la historia de Uganda, con un sistema político centralizado bajo el liderazgo del **Kabaka** (rey). En el siglo XIX, Buganda amplió su influencia y controló la mayor parte del territorio, subyugando a otros reinos y grupos tribales.

En 1894, Uganda se convirtió en **protectorado británico** después de una serie de tratados con los jefes locales. Los británicos llegaron atraídos por recursos naturales como el oro, aunque la trata de esclavos fue inicialmente lo que despertó su interés por la región. Bajo el dominio británico, el país pasó a formar parte del imperio colonial, mientras que las élites locales continuaron desempeñando papeles subordinados bajo el dominio colonial. Uganda obtuvo su independencia en 1962 y **Milton Obote** se convirtió en el primer presidente del país. Sin embargo, la estabilidad política duró poco y en 1971 **Idi Amin** dio un golpe de estado y estableció un régimen militar brutal. (3)



Ilustración 2: Subdivisiones del protectorado británico en Uganda. 1926 (66)



Ilustración 3: Golpe de estado de Idi Amin en Uganda (67)

Durante su dictadura, Amin cometió graves violaciones de derechos humanos, expulsó a miles de personas y hundió al país en una crisis económica y política.

Después de su derrocamiento en 1979, Uganda pasó por una serie de regímenes inestables hasta que **Yoweri Museveni** llegó al poder en 1986 tras liderar un exitoso golpe armado. La historia de Uganda está llena de cambios, desde la migración que dio forma a sus primeras estructuras sociales hasta su independencia. La influencia de reinos precoloniales como Buganda y Bunyoro, así como la influencia del colonialismo británico, marcaron en gran medida la identidad y estructura nacional. A pesar de los desafíos políticos y económicos, Uganda ha tratado de consolidar su desarrollo bajo el liderazgo de Yoweri Museveni desde 1986. (3)

1.3 Marco Político de Uganda



Ilustración 4: Actual presidente: Yoweri Museveni

Uganda es una república presidencial con un sistema político nominalmente democrático, pero bajo el control del mencionado presidente **Yoweri Museveni** desde 1986. Aunque el país ha implementado reformas políticas y procesos democráticos, el sistema todavía está altamente centralizado y el presidente está presente con considerable influencia como jefe de Estado y de gobierno. Este fuerte poder presidencial le otorga control directo sobre muchas instituciones federales y ejerce una influencia considerable sobre las decisiones políticas, incluido el nombramiento de funcionarios para puestos clave y la gestión de los recursos nacionales.

El **Senado de Uganda** es unicameral y cuenta con 529 miembros, elegidos cada cinco años por sufragio universal. Al igual que el Senado, el presidente es elegido por voto popular para un mandato de cinco años renovable. Este sistema presidencial coloca el poder en el mismo presidente, quien tiene un papel central en la formulación de políticas y la estructuración del gobierno.

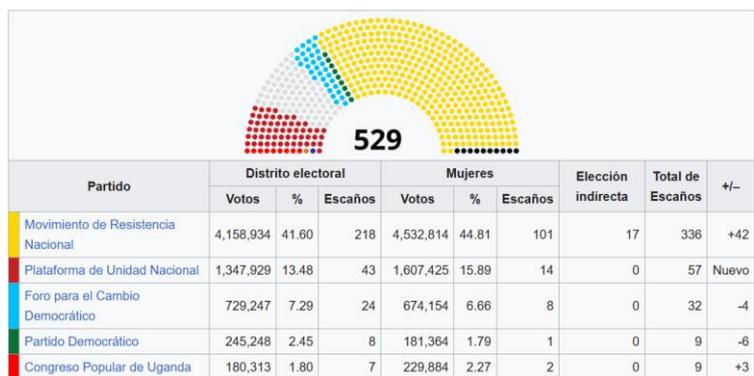


Ilustración 5: División de poderes actual (3)

El sistema multipartidista en Uganda es limitado, ya que el **Partido de Resistencia Nacional (NRM)**, liderado por Museveni, ha dominado la política del país durante décadas. Aunque existen otros grupos de oposición, su participación y capacidad para influir en la política es limitada, lo que reduce la democracia en la práctica.

A estos partidos de oposición se les permite surgir en algunas áreas, pero el NRM y el presidente conservan el control político sobre las decisiones gubernamentales. (3)

En términos de instituciones gubernamentales, Uganda tiene ministerios especializados que se ocupan de áreas potenciales para el desarrollo nacional, como finanzas, comercio, infraestructura y recursos naturales. El **Ministerio de Finanzas, Planificación y Desarrollo Económico** es responsable de la política económica y las finanzas públicas, mientras que el **Ministerio de Comercio e Industria** es técnicamente responsable de las actividades comerciales nacionales y las relaciones internacionales.

Además, el **Banco de Uganda** supervisa la política monetaria y garantiza la estabilidad del sistema monetario del país. Por su parte, la **Autoridad de Ingresos de Uganda (URA)** es responsable de la recaudación de impuestos y los ingresos económicos, factores que son vitales para la actividad económica del país. Estas instituciones están bajo la estructura de control del poder ejecutivo, lo que permite al presidente mantener la supervisión directa de la economía y la administración pública. El sistema político de Uganda se caracteriza por un poder que reside sobre todo en la persona del presidente. (3)

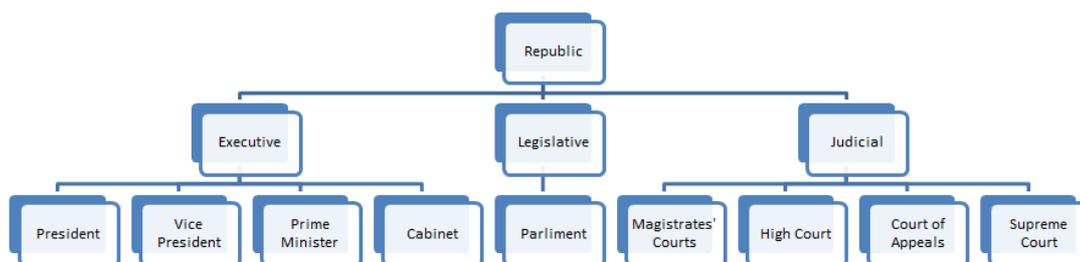


Gráfico 1: Jerarquía de poderes (34)

Uganda enfrenta desafíos económicos significativos, como la falta de infraestructura y **acceso limitado a la electricidad**, que solo alcanza al 26% de la población. Su economía depende en gran medida de la agricultura, que representa el 24% del PIB y emplea al 70% de la población. Es el segundo mayor productor de café en África, y este producto constituye el 20% de sus exportaciones, junto con oro, pescado y algodón.

El **PIB** alcanzó \$45.7 mil millones en 2023, con un crecimiento del 5.5%, pero el desempleo juvenil sigue alto (13.3%). La inversión extranjera fue de \$1.4 mil millones, principalmente en minería y energía, con planes de producir 230,000 barriles de petróleo diarios para 2025.

En el **ámbito social**, Uganda tiene un IDH de 0.544, una esperanza de vida de 63 años y una tasa de alfabetización del 76.5%. Con una de las tasas de crecimiento demográfico más altas del mundo (3.3% anual), el país enfrenta el reto de generar empleo y mejorar sus condiciones de vida, mientras busca diversificar su economía y fortalecer su infraestructura.

1.4 Marco económico

Uganda es una economía emergente con un fuerte sector agrícola, que representa alrededor del 24,8% de su PIB y emplea a la mayor parte de su población. Si bien ha demostrado un crecimiento económico sostenido, con una previsión de crecimiento del PIB del 5,7% para 2024 (no tenemos datos aún), enfrenta importantes desafíos estructurales, particularmente en las áreas de infraestructura, desarrollo financiero y tecnología en el desarrollo del país.

Gráfico con datos recientes

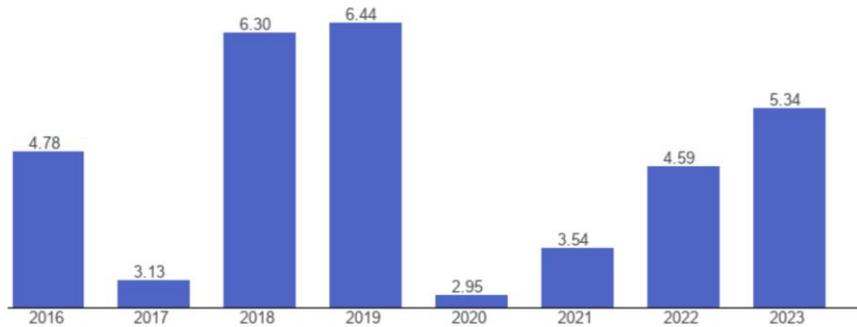


Gráfico histórico

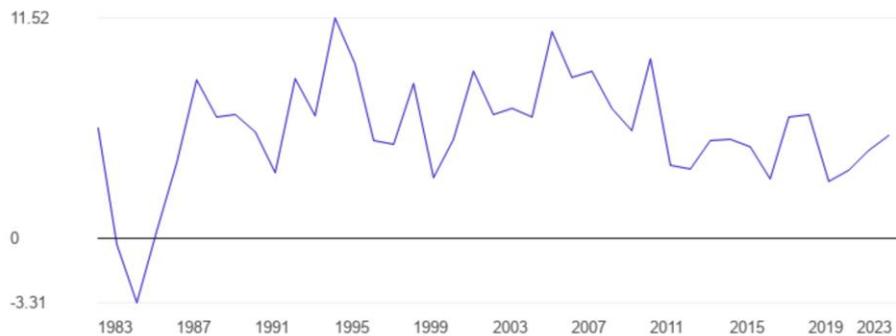


Gráfico 2: PIB de Uganda (68)

La economía depende principalmente de las exportaciones de productos agrícolas como el café y el té, y de minerales como el oro, mientras que depende de las importaciones y de bienes de consumo.

El gobierno de Uganda está desarrollando estrategias para mejorar la infraestructura en sectores clave como el transporte y la energía, con el fin de fomentar la industrialización y reducir su dependencia de los sectores clave. En este contexto, instituciones como el **Banco de Uganda** y el **Banco de la Reserva de Uganda** desempeñan un papel importante en la estabilidad monetaria, la gestión financiera y la atracción de inversión extranjera directa, que es esencial para el desarrollo de sectores fuertes. Sin embargo, el país enfrenta obstáculos importantes, como altos niveles de ineficiencia financiera y financiamiento limitado disponible para las pequeñas y medianas empresas (PYME), que obstaculizan el desarrollo del comercio interno y la creación de infraestructura sólida en el camino.

El Estado de Uganda participa activamente en sectores estratégicos a través de empresas públicas, de las que destacan **Uganda Electricity Distribution Company Limited (UEDCL)**, **Uganda National Oil Company (UNOC)** y **Uganda Petroleum Authority (UPU)**. Estas empresas son responsables del desarrollo y gestión de los recursos energéticos y petroleros, pilares vitales del desarrollo industrial del país.

A pesar de su importancia, la gestión eficaz y rentable de estas empresas públicas sigue siendo un desafío, debido principalmente a problemas organizativos y operativos. Los precios de servicios básicos como la electricidad y el agua se rigen por las leyes nacionales, y mandatos como la **Comisión Reguladora de Energía (ERA)** y la **Autoridad Nacional del Petróleo (NPA)** tienen la tarea de administrar los impuestos y las políticas relacionadas. (4)

2. SITUACIÓN DEL PAÍS

2.1 Recursos naturales disponibles

Se ha realizado un análisis detallado de los recursos naturales presentes, abarcando sectores como minería, agricultura y recursos hidrográficos, climáticos y de la infraestructura entre otros, además de un análisis económico a nivel general del país para ubicarnos a la hora de aplicar soluciones efectivas para la mejora de la situación de la población de Uganda.

2.1.1 Clima

Situada en el ecuador, Uganda tiene un **clima tropical** suave debido a su altitud, con mesetas que oscilan entre los 1.000 y los 1.400 metros sobre el nivel del mar. Esta gran altitud proporciona temperaturas agradables durante todo el año, que varían entre 20°C y 25°C en promedio. Los cambios estacionales son mínimos; Sin embargo, la temporada cálida va de diciembre a marzo, y es especialmente notable en la parte norte del país, y la temporada fría va de junio a septiembre.

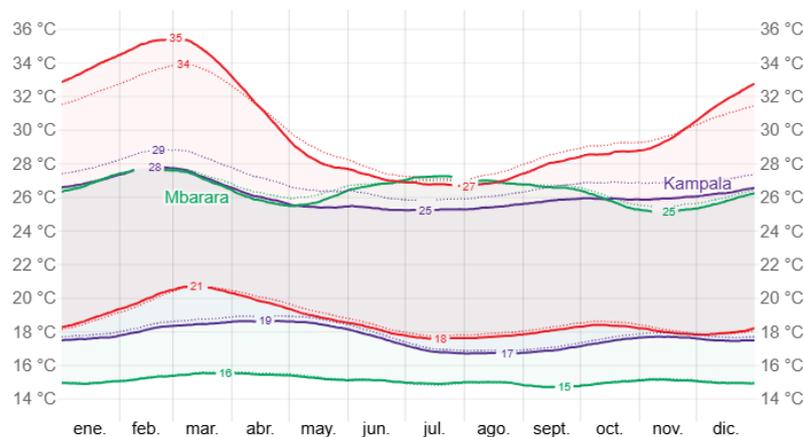


Gráfico 3: Máximas y mínimas en Uganda (6)

- **Temporada de lluvias:** las precipitaciones son esenciales para productos agrícolas como el café, el té, el algodón y el maíz, que representan importantes fuentes de ingresos para el país. Estas precipitaciones se producen en dos estaciones, de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. Las elevaciones más altas, como el suroeste, reciben más precipitaciones, lo que las convierte en áreas particularmente productivas para el café Arábica.
- **Temporada seca:** Durante la estación seca, de diciembre a febrero y de junio a agosto, la reducción de las precipitaciones tiene un impacto directo en la producción agrícola, especialmente en las regiones del norte y del este, donde las condiciones son más áridas.

Las **precipitaciones** en Uganda oscilan entre 900 y 1.500 milímetros por año, distribuidas en dos estaciones lluviosas: de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. Esta precipitación suele manifestarse en forma de lluvias o tormentas diurnas y nocturnas. Las zonas de elevadas precipitaciones incluyen el centro norte y partes del lago Victoria, donde las precipitaciones anuales alcanzan los 1.500 milímetros. Por el contrario, las zonas del suroeste y noreste reciben menos de 1.000 milímetros, y estas últimas suelen experimentar períodos de sequía más prolongados. 3 climas diferentes según la ubicación:

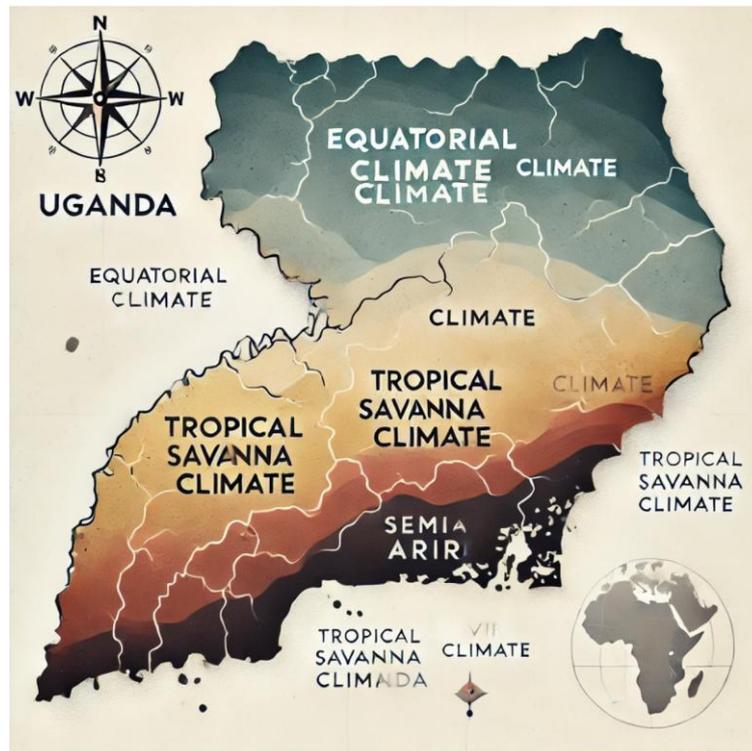


Ilustración 6: Tipologías climáticas por zonas (69)

- **Clima ecuatorial:** Este clima se encuentra sobre todo en las zonas cercanas al Lago Victoria, incluyendo Kampala y Jinja. Las temperaturas suelen ser cálidas y estables durante todo el año, con una media anual cercana a los 25°C, y las lluvias son frecuentes. La precipitación en esta zona supera los 1,500 mm anuales, y los períodos lluviosos se concentran en dos temporadas: de marzo a mayo y de octubre a noviembre.
- **Clima tropical de sabana:** En regiones como Gulu, Arua y el noreste del país predominan temperaturas cálidas, con una estación seca que se extiende de noviembre a febrero y una lluviosa que va de abril a octubre. Las precipitaciones anuales en esta zona oscilan entre 900 y 1,200 mm.
- **Clima semiárido:** En el noreste, particularmente en la región de Karamoja, el clima es más árido en comparación con el resto del país. Las precipitaciones son menores, alrededor de 700 mm anuales, y la estación seca es más prolongada. (5)

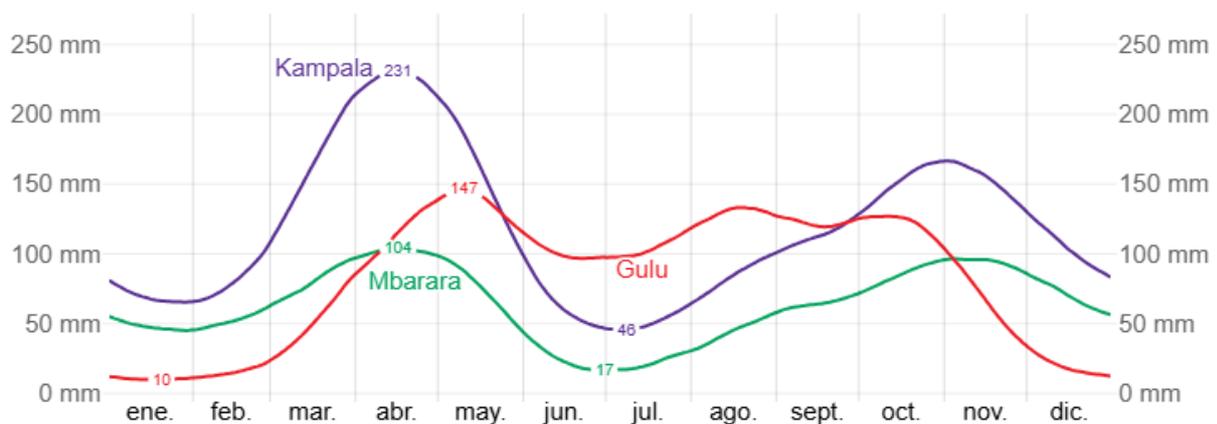


Gráfico 4: Promedio de precipitaciones (6)

2.1.2 Cultivos

La superficie total de Uganda es de unos 24 millones de hectáreas, de las cuales un gran porcentaje es agrícola. Aproximadamente el **70%** de la tierra cultivable se utiliza para actividades agrícolas, lo que indica su importancia económica y social. El país se beneficia de un clima cálido y un suelo fértil, especialmente en las regiones central y occidental, donde la agricultura se convierte en un pilar importante tanto para el consumo interno como para las exportaciones.

El cultivo básico está muy extendido en diferentes zonas según el tipo de producto y las características climáticas y del suelo. Las zonas alrededor del lago Victoria y las regiones del suroeste son particularmente ideales para la producción de **café** y **té**, dos de las exportaciones más importantes de Uganda. En las zonas de clima seco del norte y del este predominan cultivos como el **sorgo** y el **maíz**, que forman componentes importantes de la dieta de la población y resisten las condiciones de sequía en etapas del año donde las precipitaciones escasean.



Ilustración 7: Agricultura del país (64)

El café es el cultivo más importante de Uganda y el país es uno de los principales exportadores de café de África. Uganda produce tanto café Arábica cultivado en las regiones montañosas del suroeste como café robusto cultivado principalmente en las tierras bajas centrales del país.

La **producción de café** contribuye significativamente a los ingresos por exportaciones y al empleo de Uganda en las zonas rurales. Además del café, el té es otro cultivo importante en Uganda, especialmente en los distritos de Kabale y Fort Portal, donde el clima fresco y el terreno montañoso brindan condiciones favorables para el cultivo. Uganda es uno de los principales productores de té de África oriental y su cultivo representa una importante fuente de divisas, por ello una de las soluciones irá orientada a este sector.

Otros cultivos importantes son el **maíz**, el **algodón**, el **plátano** y la **caña de azúcar**. El maíz es importante tanto para el consumo local como para la exportación a los países vecinos de África Oriental. El plátano, conocido localmente como **matoke**, es un alimento básico en Uganda y se cultiva en muchas partes del país, especialmente en las regiones central y occidental. La caña de azúcar y el algodón también ocupan una gran proporción de la tierra cultivable y contribuyen a la economía, tanto en el mercado interno como en el de exportación.

En términos de **ganadería**, Uganda tiene importantes poblaciones de ganado vacuno, avícola y caprino, especialmente en las regiones semiáridas del noreste, como Karamoja. (7)

2.1.3 Hidrografía

Los recursos hídricos de Uganda, especialmente ríos y lagos, representan un pilar clave de la economía y la prosperidad del país. Aunque Uganda no tiene acceso directo al mar, destaca por sus abundantes recursos de agua dulce, siendo el **lago Victoria** uno de los lagos más grandes de África y del mundo, el cual es compartido con Kenia y Tanzania, facilitando el comercio regional y el movimiento de bienes y personas entre los tres países. Esto es necesario para conectar Uganda con los puertos del Océano Índico a través de las redes de transporte de Kenia y Tanzania. El agua dulce es esencial para actividades como la pesca, el riego agrícola, la generación de energía hidroeléctrica y el transporte, y desempeña un papel importante en la economía del país.

Uganda tiene 12 áreas designadas como **Humedales de Importancia Internacional** según la Convención de Ramsar, con un total de 454.303 hectáreas. Estos humedales desempeñan un papel importante en la conservación de la biodiversidad, proporcionando hábitat para especies en peligro de extinción como el águila calva. Sin embargo, enfrentan amenazas como la sobreexplotación, la contaminación y la conversión de tierras para la agricultura.

Principales lagos:

1. **Lago Victoria:** Es el lago más grande de Uganda y el segundo lago de agua dulce más extenso del mundo. Su ecosistema es fundamental para la pesca, proporcionando sustento a numerosas comunidades locales y albergando especies comerciales clave como la tilapia y la perca del Nilo.
2. **Lago Kyoga:** Ubicado en el centro de Uganda, es un lago pequeño pero importante a nivel local para la pesca artesanal aparte del abastecimiento de agua.
- **Lago Alberto:** Ubicado al oeste, limitando con la República Democrática del Congo, este lago es importante para la pesca artesanal y forma parte del sistema del Nilo Blanco.



Principales ríos:

- **Río Nilo Victoria:** Es el tramo del río Nilo que conecta el Lago Victoria con el Lago Kyoga y continúa hacia Sudán del Sur. Es crucial para la generación de energía hidroeléctrica y el riego agrícola.
- **Río Kagera:** Principal afluente del Lago Victoria, cruza Uganda desde Ruanda y Tanzania, aportando agua esencial para el lago.
- **Río Semliki:** Fluye entre el Lago Eduardo y el Lago Alberto en el Valle del Rift, pasando por áreas de alta biodiversidad.
- **Río Katonga:** Une las regiones del suroeste con el Lago Victoria, siendo vital para la agricultura local y la pesca.
- **Río Aswa:** Importante afluente del Nilo Victoria en el norte de Uganda, utilizado para la agricultura en esta región semiárida.

Ilustración 8: Hidrografía Uganda (70)

La **pesca** en Uganda proporciona empleo directo e indirecto a miles de personas, especialmente en las zonas rurales. La industria pesquera contribuye significativamente al PIB y a las exportaciones, y el pescado es una importante fuente de ingresos y proteínas para la dieta de la población. A tener en cuenta el problema de la **sobrepesca** en el lago Victoria, que ha provocado la disminución de algunas especies y la contaminación por desechos industriales y agrícolas afecta la calidad del agua. Los gobiernos y las organizaciones ambientalistas están trabajando para regular y proteger estos recursos para evitar daños a los ecosistemas acuáticos. (8)

2.1.4 Minería

La minería en Uganda es una industria en crecimiento que, aunque representa una pequeña porción del PIB del país, tiene un enorme potencial para diversificar la economía e impulsar el crecimiento en las zonas rurales al tener diversos recursos como oro, cobre, cobalto, estaño, tungsteno, piedra caliza y tierras raras. El problema reside en que la mayoría de estos recursos, o no están siendo explotados de forma óptima, o grandes multinacionales extranjeras han negociado con el gobierno licitaciones para poder extraer y beneficiarse ellos de las mismas, por lo tanto, el país no se beneficia en absoluto de su riqueza natural. (9)

2.1.4.1 Oro

El oro es uno de los productos mineros más valiosos de Uganda y representa una de sus principales exportaciones en el sector. Las áreas de **Karamoja** y **Busia** tienen reservas que han atraído inversión extranjera y emplean a miles de personas en la minería artesanal y comercial. La industria del oro en Uganda puede verse impulsada mediante la instalación de plantas de extracción locales, que agregarán valor al mineral antes de su exportación. Las aplicaciones del oro en el sector industrial incluyen su uso en electrónica, alta tecnología y fabricación de joyas, industrias con una demanda global creciente. La participación de Uganda en el mercado del oro refinado aumentará significativamente el valor de sus exportaciones.

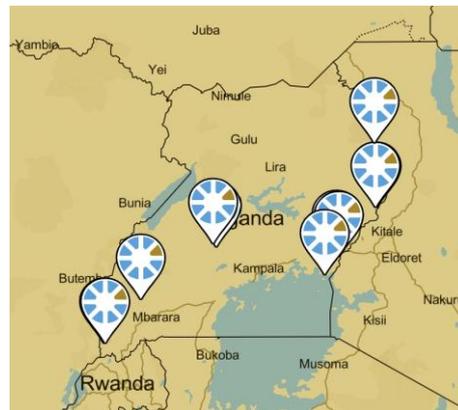


Ilustración 9: Principales minas de oro (71)

2.1.4.2 Cobre y Cobalto

Uganda cuenta con ricos depósitos de cobre y cobalto, especialmente en la región de **Kilembe**. En el pasado, las minas de Kilembe eran una fuente importante de cobre, aunque su explotación comercial ha disminuido. Hoy en día, el creciente mercado de productos tecnológicos ha revalorizado estos minerales. La reactivación de las minas de cobre en Uganda podría transformarse en una industria rentable si se desarrollan instalaciones para la extracción, procesamiento y refinación de cobre en el país.

Además, el cobalto, que se obtiene como subproducto del cobre, tiene una alta demanda en la industria de baterías de vehículos eléctricos. Con el auge de los autos eléctricos, Uganda podría explorar asociaciones con compañías de tecnología y transporte, enfocándose en producir cobalto refinado para exportación. La construcción de una planta de procesamiento de cobre y cobalto en Kilembe podría reducir los costes de transporte y abrir oportunidades de empleo en la región, así como mejorar el ingreso nacional, otra opción potencial que se podría haber abordado para este trabajo. (10)

2.1.4.3 Estaño y Wolframio

Los depósitos de estaño y tungsteno de Uganda se encuentran principalmente en los distritos de **Kabale** y **Kisoro**, en el suroeste del país. Estos minerales se utilizan en la industria electrónica, soldadura y en aplicaciones de alta resistencia. En Uganda, el estaño y el tungsteno se extraen principalmente de forma artesanal, lo que limita su producción. El establecimiento de cooperativas mineras y la capacitación de los mineros locales sobre métodos más eficientes y seguros de extracción de mineral aumentarán la producción y mejorarán la calidad del mineral. Estos minerales se pueden vender a empresas industriales que necesitan productos de alta calidad, impulsando las economías locales. (11)

2.1.4.4 Piedra caliza y cemento

La piedra caliza es un recurso abundante en Uganda, especialmente en Hima, donde se ha desarrollado la industria del cemento. La piedra caliza es una materia prima importante para el cemento, que también lo es para la industria de la construcción, que con la creciente urbanización se incrementarán las demandas de cemento, lo que convierte a este recurso en un pilar estratégico para el desarrollo de infraestructura. Las reservas de piedra caliza en Uganda tienen el potencial de posicionar al país como un exportador regional de cemento si huiese exceso del mismo. (12)

2.1.5 Petróleo

El petróleo se ha convertido en un segmento de consumo en la economía de Uganda, desempeña un papel importante en sus exportaciones y ofrece potencial de crecimiento económico. Actualmente, las reservas de petróleo comercialmente viables de Uganda se estiman en **2.500 millones de barriles**, principalmente en la región del Lago Alberto, cerca de la frontera con la República Democrática del Congo.

Descubiertas en 2006, las **reservas de petróleo** de Uganda serán explotadas ampliamente en los próximos años por compañías internacionales como **TotalEnergies** y **CNOOC**, que es propiedad de China, en asociación con la **Compañía Nacional de Petróleo de Uganda (UNOC)**. Esta última regula las operaciones petroleras y regula la infraestructura. Casi todos los depósitos están ubicados en la cuenca del lago Alberto, a unos 60 kilómetros de Hoima.

El presidente de Uganda, Yoweri Museveni, inauguró en 2024 la **primera plataforma de perforación de petróleo del país**, marcando un avance significativo en el camino hacia la producción de crudo, prevista para comenzar en 2025 según el Gobierno. Esta será utilizada para explotar 31 pozos en el yacimiento, 20 para producción y los 11 restantes para inyectar agua y mejorar la eficiencia. Además de las instalaciones de extracción, el estado está desarrollando instalaciones complementarias para el procesamiento y transporte de petróleo crudo. (13)

Esta refinería es parte de la estrategia del gobierno para reducir la dependencia del petróleo importado y generar ganancias locales adicionales. Por otro lado, se está construyendo el oleoducto **EACOP** (East African Crude Oil Pipeline) para transportar petróleo crudo desde la provincia de Hoima hasta el puerto de Tanga en Tanzania, para facilitar las exportaciones.

Estos proyectos, incluidos Tilenga y Kingfisher, han generado **críticas** por el impacto en la biodiversidad de la región Albertine Graben y en las comunidades locales, generando movimientos de recolecta de firmas en contra importantes. La construcción de 419 perforaciones, una refinería y un oleoducto de 1,445 km hasta Tanzania amenaza ecosistemas clave como las Cataratas Murchison, encontrando resistencia de muchas organizaciones ambientales. Aunque se firmó un acuerdo de inversión por 10,000 millones de dólares en 2022, la financiación sigue siendo incierta, con varios bancos internacionales rechazando participar. La presión social ya ha logrado frenar proyectos como una planta hidroeléctrica cerca de las cataratas.



Ilustración 10: Oleoducto en construcción, con polémica (73)

Uganda - Reservas de petróleo (Millones de barriles)	
Fecha	Reservas de Petroleo
2021	2.500,0
2020	2.500,0
2019	2.500,0
2018	2.500,0
2017	2.500,0
2016	2.500,0
2015	2.500,0
2014	2.500,0
2013	2.500,0
2012	1.000,0
2011	1.000,0

Tabla 1: Reservas de barriles (72)

El uso de petróleo en Uganda ha generado desde siempre preocupaciones sobre el medio ambiente, especialmente en las aguas del lago Alberto y las comunidades adyacentes. El riesgo de contaminación del agua afecta especialmente a los pescadores locales que dependen la propia pesca en el lago. La disminución de las poblaciones de peces y los desechos y la contaminación de la industria petrolera han dificultado sus trabajos, además de afectar las economías locales. A medida que el país avanza hacia la explotación de sus reservas petroleras, el desafío radica en equilibrar el desarrollo económico con la protección ambiental y social. El éxito dependerá de la gestión sostenible de estos recursos, la mitigación de impactos negativos y el compromiso con las comunidades afectadas. (14)

2.1.6 Gas Natural

La industria del gas en Uganda está comenzando a desarrollarse a raíz de los descubrimientos de petróleo en la cuenca del Lago Alberto. Aunque el país no cuenta con reservas dedicadas exclusivamente al gas natural, el gas asociado al petróleo presenta una oportunidad considerable para diversificar su matriz energética y reducir la dependencia de fuentes hidroeléctricas.

	Million Cubic Ft (MMcf)	Global Rank
Gas Reserves	500,000	74th in the world
Gas Production	0	98th in the world
Gas Consumption		114th in the world
Yearly Deficit	0	
Gas Imports	0	
Gas Exports	0	
Net Exports	0	

Tabla 2: Reservas de Gas Natural (74)

En Uganda, la principal fuente de gas proviene del gas asociado a los yacimientos petrolíferos Kingfisher y Tilenga. Ubicados en la cuenca del lago Alberto, en Hoima. Estos campos extraen gas como parte de la producción de petróleo. En lugar de quemarlo, el gas asociado se captura y trata, lo que permite su uso tanto para electricidad como para servicios públicos locales.



Ilustración 11: Distrito de Hoima, donde son los hallazgos de las fuentes de petróleo (75)

El mencionado **EACOP** (Oleoducto de Crudo de África Oriental) transportará petróleo crudo y capturará gas para su uso en el mercado interno y, en última instancia, para la exportación. , además, se está construyendo un **sistema de explotación** también en Hoima, donde se están construyendo plantas para separar, tratar y almacenar el gas, lo que representa una mejora significativa con respecto a las prácticas de llama.

El gas procesado se utilizará principalmente para generar electricidad en las centrales eléctricas cercanas. Esto contribuirá significativamente a la estabilidad del sistema energético de Uganda, especialmente durante períodos de baja producción hidroeléctrica. Además de una cadena de suministro más estable y fiable para el desarrollo postindustrial del país.

La Compañía Nacional de Petróleo de Uganda (UNOC) será responsable del almacenamiento y distribución del gas procesado, gestionando todas las instalaciones de almacenamiento y canales de distribución. Esto incluye conectividad a instalaciones de fabricación e instalaciones de almacenamiento en ubicaciones adecuadas, así como infraestructura de distribución tanto para usuarios industriales como para generación de electricidad. (15)

2.1.7 Energías renovables

El sector de las energías renovables está ganando importancia en todo el mundo, impulsado por la necesidad de sostenibilidad y la urgencia de mitigar el cambio climático. Uganda, al igual que otros países africanos, está bien posicionada para aprovechar sus recursos naturales renovables y desarrollar sus sistemas energéticos, reduciendo así su dependencia de los combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón.

Fuente de energía	Total / año	%	Por habitante
Energías fósiles	101,1 M kW/h	7,5	1,11 kWh
Solar	60,9 M kW/h	4,6	2,77 kWh
Hidroeléctrica	1072,9 M kW/h	79,7	98,85 kWh
Biomasa (Bazago)	111,7 M kW/h	8,2	7,97 kWh

Tabla 3: Consumo de energías (76)

La energía renovable en Uganda se está convirtiendo en un pilar clave para el desarrollo industrial y social. El país ha comenzado a aprovechar su potencial en **energía solar, hidroeléctrica, eólica y de biomasa**. Promover el sector de las energías renovables puede transformar la economía de Uganda, crear empleos y reducir las barreras energéticas a la industrialización. Además, la diversificación de las fuentes de energía permitirá a Uganda ser un referente en la transición hacia un modelo económico sostenible, que pueda satisfacer las demandas del entorno global actual.

2.1.7.1 Energía Solar

Uganda tiene un enorme potencial para la energía solar debido a su proximidad al ecuador, que proporciona abundante luz solar durante todo el año de forma regular. Varias empresas gubernamentales y privadas han comenzado a implementar proyectos de energía solar fotovoltaica a gran escala. Entre los proyectos más destacados se encuentra la **planta de energía solar de 20 MW en Namanve**, que se está desarrollando en colaboración con inversores internacionales, lo que demuestra el interés extranjero en proyectos de energía renovable en Uganda.

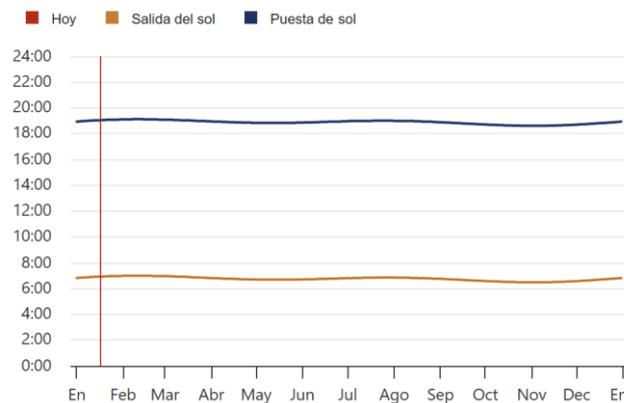


Gráfico 5: Horas de sol medias en Kampala (77)

Además de la infraestructura existente, existe un enorme potencial para la industrialización solar en Uganda. El país podría convertirse en un centro de paneles solares y otros proyectos de energía renovable, tanto para los mercados locales como regionales.

2.1.7.2 Energía eólica

Aunque la energía eólica no es un recurso muy utilizado en Uganda, el viento en las regiones norte y noroeste, especialmente en las proximidades de las montañas, es un recurso valioso para el desarrollo de la energía eólica. Las mediciones del viento, por otro lado, han mostrado una velocidad promedio del viento de 3.7 m / s, lo que indica que el recurso de energía eólica en Uganda es **insuficiente** para la generación de electricidad a gran escala.

2.1.7.3 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es actualmente la fuente de energía más importante en Uganda y representa una proporción significativa de la generación de electricidad en el país, aprovechando su geografía rica en ríos caudalosos y lagos como el Victoria con plantas estratégicamente ubicadas a lo largo del río. Estas instalaciones no solo abastecen a la población y la industria local, sino que también posicionan a Uganda como un potencial exportador de energía en la región. Sin embargo, los proyectos hidroeléctricos enfrentan desafíos como el impacto ambiental en áreas sensibles y la variabilidad del caudal debido al cambio climático.

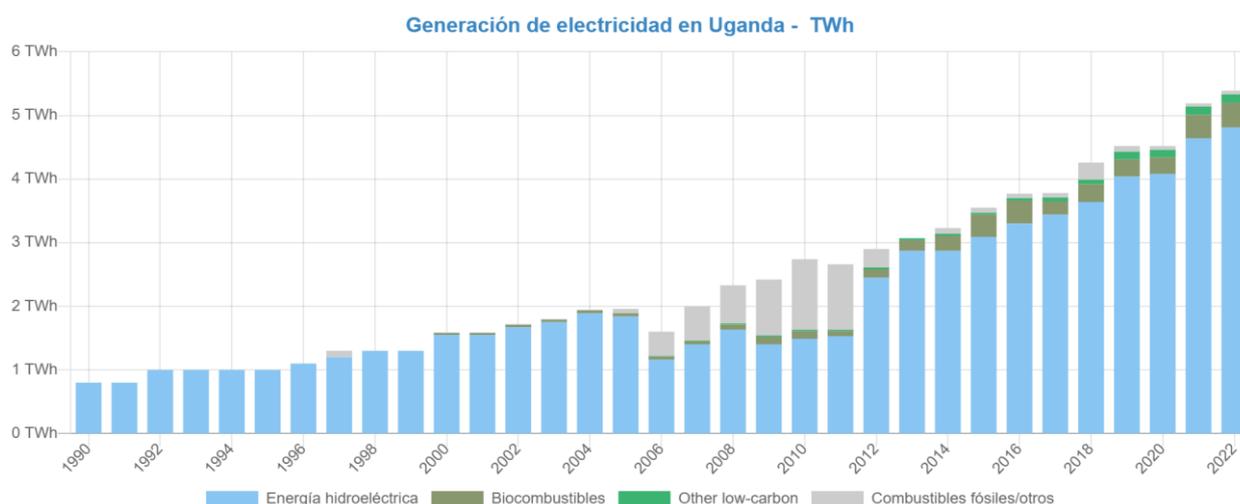


Gráfico 6: Importancia de la energía hidroeléctrica (16)

Principales plantas:

- **Planta Hidroeléctrica de Nalubaale (Owen Falls):** Ubicada en el río Nilo Victoria cerca de Jinja, tiene una capacidad de 180 MW. Inaugurada en 1954, es una de las plantas más antiguas y fundamentales para el desarrollo energético del país. (17)
- **Planta Hidroeléctrica de Kiira:** Construida en el año 2000 junto a Nalubaale, aporta 200 MW al sistema energético nacional, respondiendo a la creciente demanda de electricidad en Uganda. (18)
- **Planta Hidroeléctrica de Bujagali:** Con una capacidad de 250 MW, fue inaugurada en 2012 en el río Nilo Victoria. Es clave para garantizar un suministro eléctrico estable y apoyar el desarrollo industrial. (19)
- **Planta Hidroeléctrica de Isimba:** Ubicada en el distrito de Kamuli, tiene una capacidad de 183 MW. Inaugurada en 2019, está destinada a mejorar la electrificación rural y estabilizar la red energética. (20)
- **Planta Hidroeléctrica de Karuma:** En construcción sobre el río Nilo Victoria, esta planta tendrá una capacidad de 600 MW, convirtiéndose en el mayor proyecto hidroeléctrico de Uganda y clave para la exportación de energía. (21)

2.1.7.4 Biogás y Biomasa

El biogás y la biomasa también ofrecen enormes oportunidades para Uganda, especialmente en las zonas rurales donde predominan la agricultura y el pastoreo. El gobierno ha comenzado a implementar iniciativas energéticas a partir de fuentes de desechos orgánicos, como el biogás producido a partir de desechos agrícolas y animales. Principales plantas activas:

- **Planta de Biomasa de Kakira:** Ubicada en Kakira Sugar Works, cerca de Jinja, esta planta utiliza residuos de caña de azúcar (bagazo) para generar electricidad. Es una de las instalaciones de biomasa más importantes del país y suministra energía tanto a la red nacional como para uso interno.
- **Planta de Biomasa de Lugazi:** Situada en Lugazi Sugar Corporation, esta planta aprovecha los residuos de la caña de azúcar para producir electricidad y calor, contribuyendo a la reducción de residuos y a la autosuficiencia energética.

Uganda tiene varios proyectos de biomasa en marcha, como la producción de briquetas de residuos agrícolas en **Luwero**, una planta piloto en la Universidad de **Makerere** que utiliza residuos orgánicos para generar energía, y digestores de biogás en **Mukono** que convierten residuos animales en combustible limpio. (22)

El **bagazo** es el residuo fibroso de la caña de azúcar que se utiliza como fuente de energía renovable mediante cogeneración. En este proceso, el bagazo se quema en calderas para producir vapor, que genera electricidad y calor aprovechado en los ingenios azucareros. Es una solución sostenible que reduce desechos y dependencia de combustibles fósiles, con menores emisiones comparado con otras fuentes. En Uganda, el bagazo aporta el **8,2% de la capacidad energética instalada**, siendo clave en la generación de energía renovable y el fortalecimiento del sector agrícola. Este modelo promueve una economía circular y apoya la autonomía energética de los ingenios.



Ilustración 12: Planta de Biomasa típica de la África profunda

2.2 Infraestructuras

Este apartado estudia la principal infraestructura de transporte de Uganda, incluidas carreteras, ferrocarriles, conexiones aéreas y acceso a puertos marítimos a través de países vecinos. La falta de zonas con accesibilidad en Uganda plantea importantes desafíos logísticos, mitigados en parte por su integración en los corredores de transporte norte y central, lo que hace que el comercio hacia los puertos de Mombasa y Dar es Salaam sea de fácil acceso y se centre en dichas zonas casi toda la actividad comercial.

Cada infraestructura tiene capacidades y limitaciones específicas, y las carreteras son el principal medio de transporte dentro del país, mientras que el transporte ferroviario y aéreo aportan soluciones para la exportación de mercancías pesadas y perecederas. En conjunto, estas iniciativas nos permiten evaluar la necesidad de crecimiento y el impacto potencial en el desarrollo industrial y comercial del país. (23)

2.2.1 Puertos

A pesar de ser un país sin salida al mar, Uganda depende de dos puertos importantes en África Oriental: Mombasa en Kenia y Dar es Salaam en Tanzania. Ambos puertos son importantes para las exportaciones de Uganda, incluidos café, té y piedras preciosas, así como bienes de consumo y maquinaria importados. Puertos marítimos más cercanos:

- **Puerto de Mombasa (Kenya):** Con una capacidad anual de más de 34 millones de toneladas, este puerto está diseñado para manejar grandes volúmenes de tráfico y carga refrigerada. Uganda depende de Mombasa para aproximadamente el 70% de sus importaciones y exportaciones, y las recientes mejoras en logística han hecho que el tiempo de espera haya disminuido drásticamente.
- **Puerto de Dar es Salaam (Tanzania):** Este puerto tiene una capacidad de 20 millones de toneladas y su ubicación geográfica reduce la distancia de algunas mercancías del sur de Uganda. La diversificación hacia Dar es Salaam es clave para evitar la saturación de Mombasa.



Ilustración 13: Distancia por carretera entre ambos puertos (54)



Gráfico 7: Volumen de imp/exp en ambos puertos (34)

Uganda, al ser un país **sin litoral**, depende de puertos en lagos y conexiones terrestres para su comercio internacional.

- **Puerto de Port Bell:** Maneja importaciones de maquinaria y manufacturas, y exporta café, té y pescado. Está en modernización para ampliar su capacidad y recibir barcos más grandes. (24)
- **Puerto de Jinja:** Transporta bienes industriales, azúcar y café, con planes de mejora en infraestructura para aumentar su eficiencia y capacidad logística. (25)
- **Puerto de Entebbe:** Enfocado en transporte ligero y turismo, gestiona importaciones locales y exportaciones de menor escala. Sus instalaciones están siendo mejoradas. (26)
- **Puerto de Bukasa:** En construcción, manejará grandes volúmenes de carga para reducir la dependencia de Mombasa y mejorar conexiones con Kenia y Tanzania. (27)
- **Puerto de Ntoroko:** Apoya actividades pesqueras y locales, con potencial para respaldar proyectos petroleros en la fosa tectónica Albertina Graben. (28)

2.2.2 Aeropuertos

Los aeropuertos de Uganda son pilares esenciales para su conectividad y desarrollo socioeconómico, desde el Aeropuerto Internacional de Entebbe, que sirve como puerta de entrada principal al país, hasta aeropuertos regionales clave que fomentan el comercio, el turismo y la ayuda humanitaria. A continuación, se presentan los principales aeropuertos del país y su importancia estratégica.

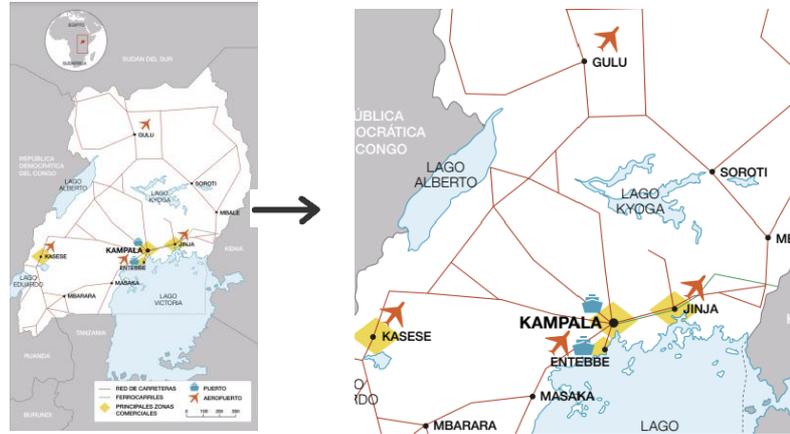


Ilustración 14: Ubicación de los aeropuertos en detalle (78)

- **Aeropuerto Internacional de Entebbe** es el principal aeropuerto de Uganda y el único con importantes instalaciones de carga internacional, tiene una pista de 3,658 metros y modernas instalaciones para vuelos internacionales y domésticos. Es un punto de entrada para la exportación de bienes perecederos como frutas y flores que requieren transporte aéreo debido a las temporadas de escasez. Carga aérea: 250 toneladas métricas, con instalación de refrigeración para manipular carga fresca. El aeropuerto conecta Uganda con destinos en Europa, Asia y África. (29)
- **Aeropuerto de Kasebe:** Este aeródromo tiene una pista de 1,200 metros y está diseñado para vuelos charter, evacuaciones médicas y turismo, para llegar a zonas aisladas principalmente. (30)
- **Aeropuerto de Jinja:** Con una pista pavimentada de 1,800 metros, este aeropuerto es clave para el desarrollo industrial y el comercio en la región oriental de Uganda. Está enfocado en operaciones locales y potencialmente en vuelos de carga ligera. (31)
- **Aeropuerto de Gulu:** Situado en el norte, cuenta con una pista de 3,100 metros que maneja vuelos domésticos, militares y comerciales. Es crucial para el comercio regional y el transporte humanitario hacia Sudán del Sur y otras zonas fronterizas.

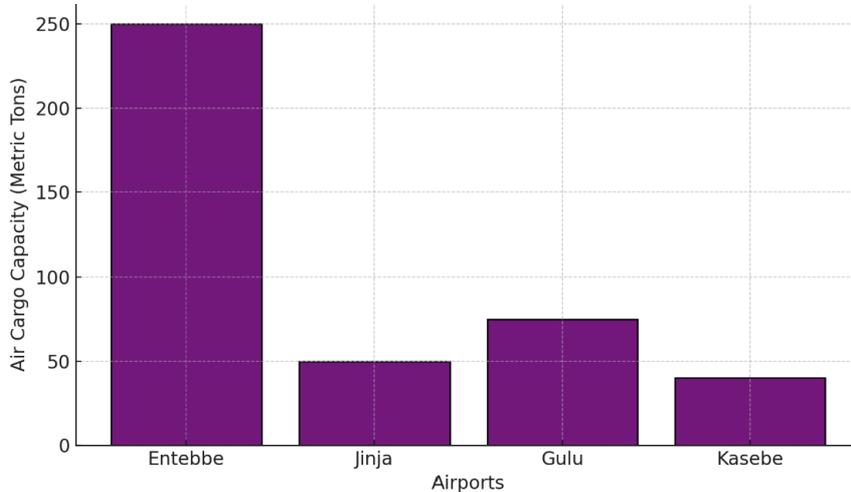


Gráfico 8: Capacidad de carga de los aeropuertos en Tm (34)

2.2.3 Carreteras

Uganda posee una red de carreteras de aproximadamente 20,000 km, de los cuales solo 5,000 km están pavimentados. Esto representa un desafío, ya que las carreteras sin pavimentar pueden ser intransitables durante la temporada de lluvias, afectando el flujo de productos agrícolas y minerales hacia los centros de transformación y mercados.

- **Total:** 70.746 kilómetros
- **Asfaltadas:** 16.272 kilómetros
- **No asfaltadas:** 54.474 kilómetros

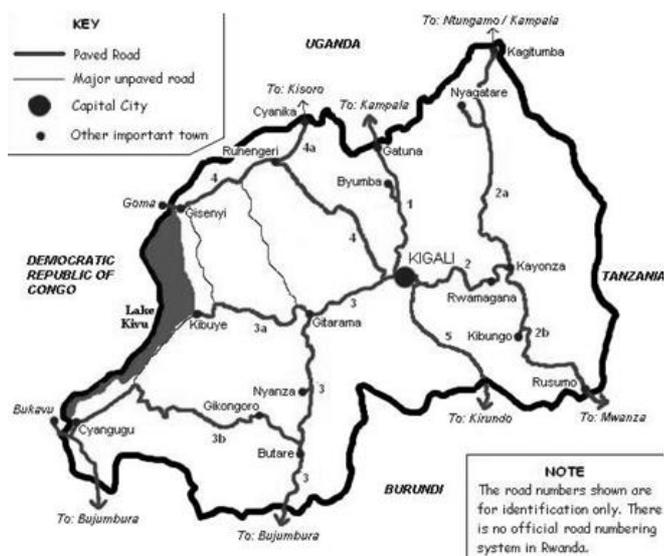


Ilustración 16: Redes principales de carreteras (80)

- **Carreteras pavimentadas:** Representan el 25% de la red total y están concentradas en áreas urbanas y en rutas comerciales hacia las fronteras con Kenia y Tanzania.
- **Carreteras sin pavimentar:** Las carreteras sin pavimentar son críticas para conectar áreas rurales con mercados locales, pero el mantenimiento es un desafío constante debido a la erosión y el clima. (32)

Road Network Composition in Uganda

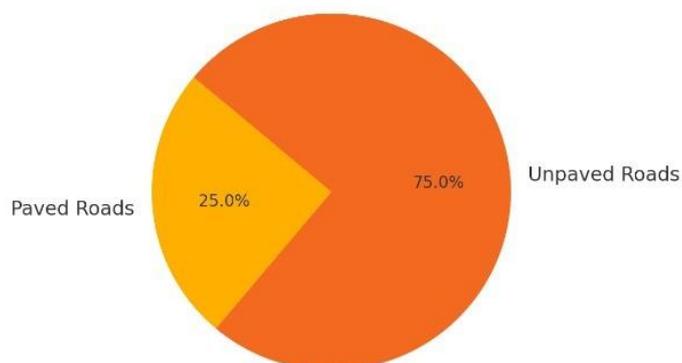


Gráfico 9: Proporción carreteras pavimentadas (34)

2.2.4 Ferrocarril

El sistema ferroviario de Uganda es una de las infraestructuras más eficientes para el transporte de carga pesada. La línea principal **Kampala-Mombasa** forma parte de la **Red Ferroviaria de África Oriental** y es utilizada para transportar productos pesados y minerales. La red ferroviaria permite el transporte eficiente de grandes volúmenes, reduciendo costes y descongestionando las carreteras.

- Total: 1.244 kilómetros
- Enlaces ferroviarios con los países vecinos: Sudán del Sur, Kenia, la RD Congo, Ruanda y Tanzania

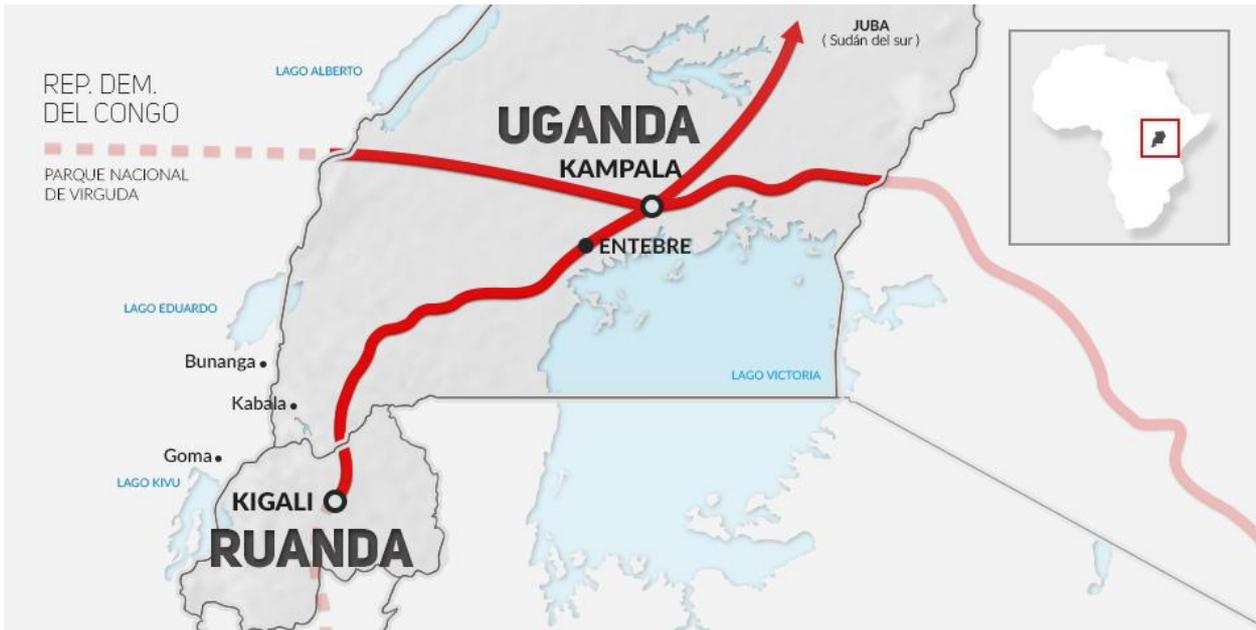


Ilustración 17: Corredor ferroviario (33)

Kampala-Mombasa: Con una capacidad de carga de aproximadamente 150,000 toneladas anuales, este segmento facilita la exportación de minerales y productos industriales.

- **Kampala-Kasese:** Esta línea interna conecta con el oeste del país y puede transportar hasta 80,000 toneladas al año, principalmente de productos agrícolas.

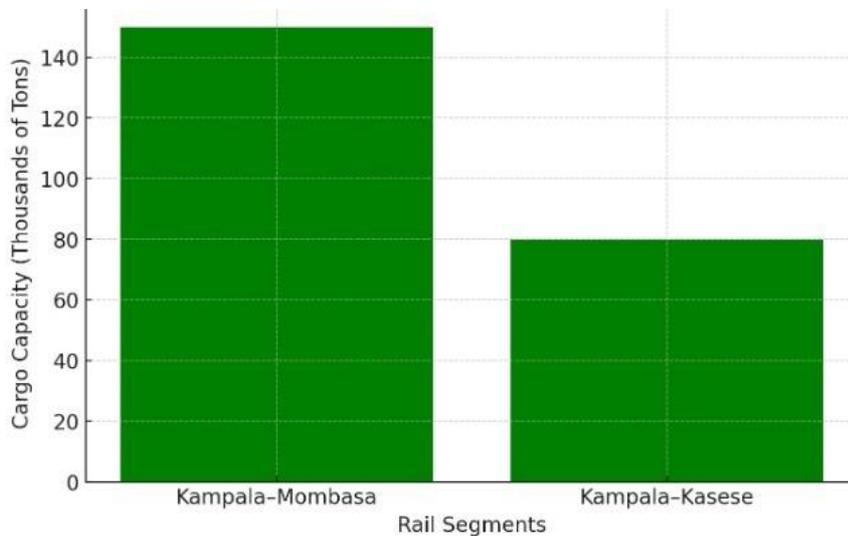


Gráfico 10: Capacidad ferroviaria por segmento (34)

2.3 Posicionamiento geoestratégico

Ubicada en el corazón de África Oriental, Uganda tiene una estructura geográfica que ofrece un gran potencial para el comercio regional e internacional. Aunque es un país sin salida al mar, su proximidad al Océano Índico y a través de países vecinos como Kenia y Tanzania le dan acceso a rutas comerciales clave. Gran importancia de los corredores de transporte, ya que Uganda forma parte de dos corredores estratégicos:

- **Corredor Norte:** Conecta Uganda con el puerto de Mombasa en Kenia, facilitando el movimiento de mercancías hacia y desde el Océano Índico. Productos como el café, el té y otros productos agrícolas se exportan a Europa y América.
- **Corredor Central:** Conecta Uganda con el puerto de Dar es Salaam en Tanzania, un nuevo corredor que reduce la dependencia de Mombasa y que se está fortaleciendo con inversiones en infraestructuras ferroviarias y viales.

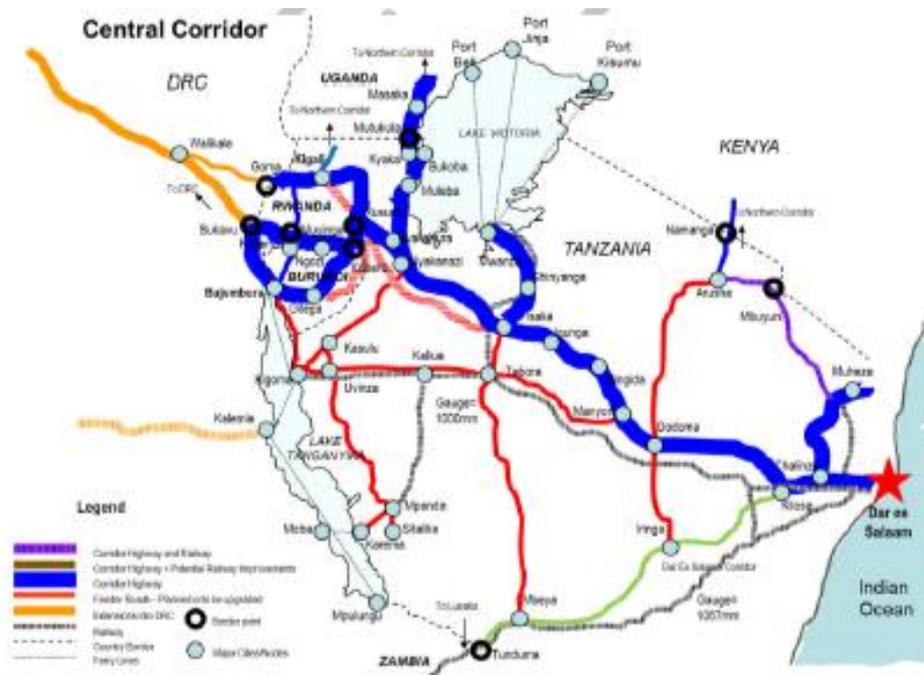


Ilustración 18: Corredores del Norte y Central (81)

Ambas rutas son también puertas de entrada importantes a países sin litoral de la región, como Ruanda, Burundi y la República Democrática del Congo, lo que posiciona a Uganda como un centro estratégico para el comercio en África Oriental y el Oriente Medio. Por ello está realizando mejoras en infraestructura para fortalecer su conectividad, entre los avances más importantes del momento, destacan:

1. **Rehabilitación del ferrocarril Kampala-Malaba:** La modernización de tramos y estaciones ha incrementado la eficiencia del transporte de mercancías entre Uganda y Kenia, reduciendo costes y barreras logísticas. (35)
2. **Autopista Kampala-Entebbe:** Esta vía conecta la capital con el aeropuerto internacional, por lo que las obras en su optimización son constantes.
3. **Carretera Kampala-Mwanza:** La modernización de esta ruta refuerza el comercio con Tanzania, facilitando el transporte de exportaciones e importaciones y fomentando inversiones. (36)
4. **Navegación en el Lago Victoria:** Nuevos buques y mejoras en puertos como Port Bell y Jinja han reducido los costes de transporte, especialmente para productos a granel. (37)
5. **Caminos rurales y secundarios:** Estas mejoras conectan zonas agrícolas con mercados, permitiendo a los agricultores mover sus productos de forma más rápida y segura, fortaleciendo la cadena de suministro. (38)

2.4 Acuerdo de libre comercio y Economía

En 2022, Uganda ocupó el puesto 131 como exportador mundial de bienes y el 109 en servicios comerciales, con valores de exportación de 3,770 millones de dólares en bienes y 1,780 millones en servicios. Las principales categorías de **exportación** fueron productos agrícolas, manufacturas y combustibles, con destinos clave en Emiratos Árabes Unidos, Kenia y Sudán del Sur. El comercio representó el 34,51% del PIB del país.

En **importaciones**, Uganda se posicionó como el 118º mayor importador de bienes y el 94º en servicios, con un gasto de 9,730 millones de dólares en bienes y 3,230 millones en servicios. Manufacturas, maquinaria y equipo de transporte, y combustibles fueron las principales categorías de importación, provenientes principalmente de China, India y Kenia. Uganda participa en acuerdos comerciales regionales como COMESA, promoviendo la integración económica en África. Uganda también disfruta de acceso preferencial a mercados internacionales como la Unión Europea gracias a acuerdos comerciales libres de impuestos. Esto lleva a la principal exportación de productos agrícolas como el café, el té y el algodón, componentes clave de su economía. Datos destacados acerca del comercio exterior y acuerdos:

- **Exportaciones y demanda regionales:** Los datos de la Oficina de Estadística de la CAO muestran que alrededor del 20% de las exportaciones de Uganda se destinan a sus vecinos, principalmente Kenia, Ruanda y la República Democrática del Congo, y productos como el café, el arroz y la luz incluyen la producción. Los volúmenes de comercio interregional han aumentado un 15% anual durante la última década, impulsados por la eliminación de barreras arancelarias y la simplificación de los procedimientos aduaneros en las fronteras.
- **Transporte y flujos comerciales en los corredores de transporte:** Los acuerdos de libre comercio también permiten un acceso prioritario a los corredores de transporte del Norte y Central, con mejoras tecnológicas, logísticas y de infraestructura que optimizan la eficiencia y facilitan el crecimiento del comercio global. Además, se promueve el cumplimiento de las regulaciones comerciales de la OMC.
- **Asistencia técnica de la UNCTAD:** Esta iniciativa ayuda a los países en desarrollo a mejorar los sistemas de presentación de informes y los sistemas de regulación financiera en el mercado preferido europeo: según el Acuerdo de Cotonú entre la Unión Europea y los países ACP (África, Caribe y Pacífico), Uganda podrá exportar libre de impuestos al mercado europeo, especialmente en forma de diversos sectores empresariales como el café, las flores y algunos productos agrícolas.
- **Datos de Exportación e Importación:** Uganda se ha beneficiado enormemente de su participación en acuerdos de libre comercio multilaterales y regionales, tanto él como sus vecinos practican un **arancel externo común (AEC)**, que elimina las barreras comerciales y crea un mercado único para bienes locales y manufacturados. (39)

Uganda, como miembro de la **Comunidad de África Oriental (CAO)**, aplica aranceles externos convencionales a las importaciones: 0% para bienes esenciales, 10% para bienes intermedios y 25% para bienes finales, con un arancel máximo del 35% para bienes esenciales como el azúcar y los textiles. La tasa impositiva general promedio es del 14-15%, protegiendo así a las empresas locales.

En cuanto a los **aranceles**, los que se aplican a Uganda son ligeramente superiores a los de la Unión Europea, Las estadísticas de comercio muestran que la Unión Europea absorbe el 18% de las exportaciones de Uganda, que representan un ingreso de 650 millones de dólares anuales en productos de alta demanda. Uganda presenta un perfil de empleo en mejora, con un crecimiento significativo en sectores clave. El comercio internacional representó el 34,51% de su PIB para 2022, representando exportaciones de productos agrícolas como **café, té y algodón**.

Grupo de productos	Uganda	Unión Europea
Productos animales	23,7	25,4
Productos lácteos	39,0	53,8
Frutas, legumbres, plantas	21,4	11,8
Café, té	19,6	6,5
Cereales y otras preparaciones	21,6	25,6
Semillas oleaginosas, grasas y aceites	11,5	5,9
Azúcares y artículos de confitería	32,2	32,9
Bebidas y tabaco	25,1	20,2
Algodón	0	0
Otros productos agrícolas	9,8	5,3
Pescado y sus productos	24,5	10,3
Metales y minerales	10,9	1,9
Petróleo	5,2	2,7
Productos químicos	4,0	4,6
Madera, papel, etc.	16,8	1,1
Textiles	19,7	6,6
Prendas de vestir	25,2	11,5
Cueros, calzado, etc.	12,7	4,2
Máquinas no eléctricas	3,3	1,7
Máquinas eléctricas	11,2	2,5
Material de transporte	6,7	4,1
Manufacturas n.e.p.	15,3	2,4

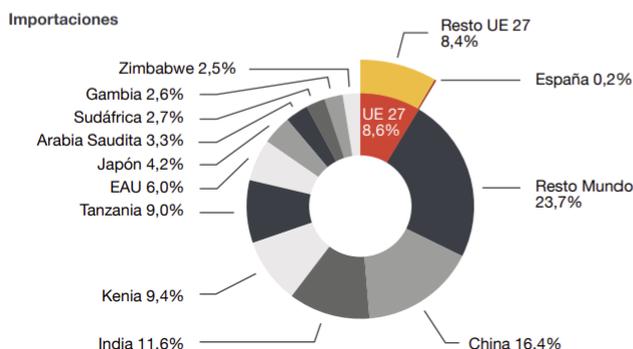
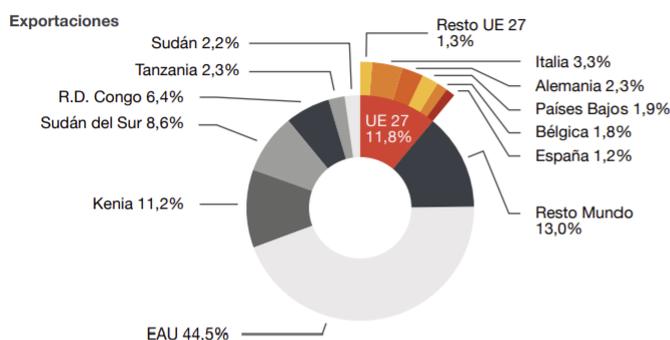
Tabla 4: Aranceles entre productos de Uganda y la UE (75)

Sus principales mercados de exportación son los Emiratos Árabes Unidos, Kenia y Sudán del Sur. Por otro lado, las importaciones incluyen manufacturas, maquinaria y combustible, principalmente de China, India y Kenia. Uganda forma parte de acuerdos regionales como el COMESA que promueven la integración económica y el comercio intraafricano.

Sin embargo, enfrenta desafíos como diversificar sus exportaciones, mejorar su eficiencia exportadora y aumentar el valor agregado de sus productos. En resumen, Uganda tiene el potencial de fortalecer su comercio internacional, apoyándose en sus productos agrícolas y alianzas regionales, pero debe mejorar su competitividad global y atraer inversiones de manera adecuada. (40)

Comercio exterior

Principales países (millones de dólares USA, 2020)



Principales productos

Capítulos arancelarios de la Nomenclatura Combinada de la UE (millones de dólares USA, 2020)

Exportaciones		% variación 20/19
71. Piedras y metales preciosos, joyería	1.820	44,7%
09. Café, té, yerba mate y especias	601	15,1%
03. Pescados, crustáceos y moluscos	125	-28,2%
10. Cereales	102	-15,0%
18. Cacao y sus preparaciones	99	26,9%
27. Combustibles, aceites minerales	99	-44,1%
04. Leches, productos lácteos, huevos	77	10,0%
17. Azúcares, artículos de confitería	76	-8,4%
25. Sal, yeso, piedras sin trabajar	76	24,6%
22. Bebidas de todo tipo (excluidos zumos)	72	38,5%
Restantes	1.002	3,4%
Total	4.149	16,4%

Importaciones		% variación 20/19
71. Piedras y metales preciosos, joyería	1.844	39,9%
27. Combustibles, aceites minerales	977	-21,8%
84. Máquinas y aparatos mecánicos	596	11,0%
87. Vehículos automóviles, tractores	554	2,6%
85. Aparatos y material eléctricos	404	4,9%
39. Materias plásticas y sus manufacturas	385	3,8%
72. Fundición, hierro y acero	360	-0,8%
30. Productos farmacéuticos	351	16,6%
15. Grasas, aceites animales y vegetales	290	37,4%
10. Cereales	264	0,4%
Restantes	2.226	3,2%
Total	8.251	7,2%

Gráfico 11: Principales países a los que exporta Uganda y de los que importa (83)

3. PROPUESTA DE PLAN INDUSTRIAL EN UGANDA

3.1 Planta procesadora de oro

3.1.1 Contexto

El oro, identificado químicamente como "Au" en la tabla periódica, es un metal precioso conocido por su suavidad, fragilidad y resistencia a la corrosión. Es un elemento de transición con un número atómico de 79, un peso atómico de 196.967 y es químicamente inactivo, excepto con cianuros, cloruros y bromuros, lo que facilita su eliminación en excavaciones.

Se encuentra naturalmente en los sedimentos, en forma pura o mezclada con otros minerales. Históricamente, el oro ha simbolizado riqueza y poder, y se utiliza para fabricar monedas, joyas y medallas. Además, su precio ha respaldado políticas monetarias basadas en reservas de oro. [<https://humanidades.com/oro/>]

Aunque es blando en su forma pura, a menudo se lo alea con otros metales para hacerlo más duro. Las aleaciones típicas incluyen oro rojo, blanco, rosa y azul, cada una de las cuales está compuesta de oro y otros metales como cobre, plata o níquel. Además de en cosmética, el oro se utiliza en dispositivos electrónicos por su conductividad y resistencia a la oxidación, y en odontología y medicina, como en el tratamiento de la artritis. No es biodegradable ni tóxico en su forma pura, aunque algunas sales de oro pueden ser peligrosas. Su único isótopo natural, el ^{197}Au , es estable, aunque existen radioisótopos no transitorios producidos en laboratorio. (41)

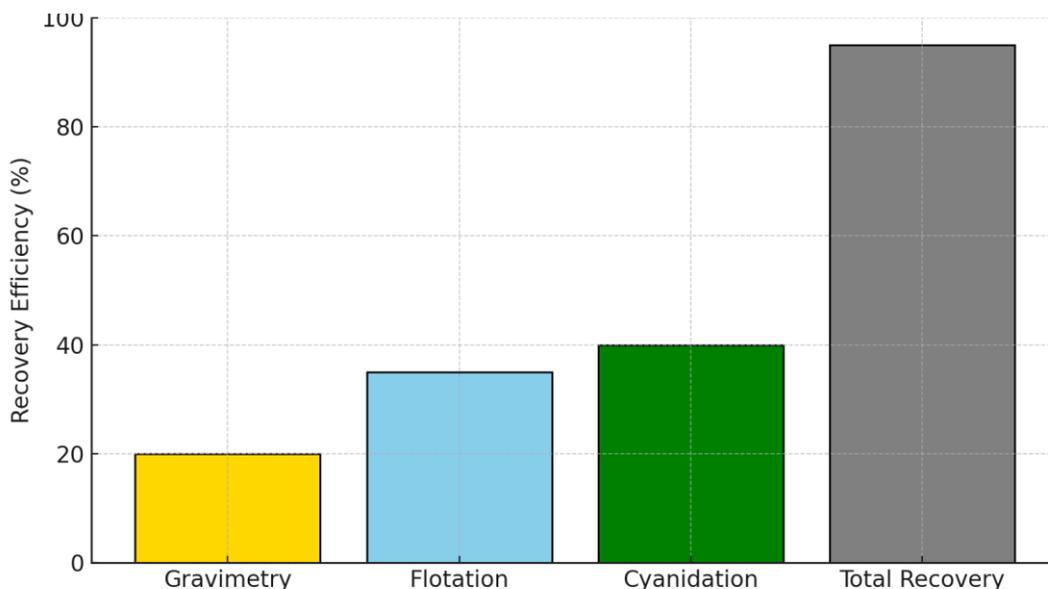


Gráfico 12: Eficiencia de recuperación de oro en función del proceso (34)

Uganda es rica en minerales, siendo el oro uno de los más importantes. Actualmente, gran parte del oro extraído en lugares como Busia y Mubende se exporta sin procesar, lo que limita el potencial económico del país.

Este proyecto propone el establecimiento de una refinería de oro que permitirá la refinación local, para obtener **lingotes de alta pureza** (99,99%). El proyecto busca fortalecer la economía de Uganda, crear empleos y diversificar las fuentes de ingresos, en línea con el compromiso del país con la industrialización y el desarrollo sostenible.

A pesar de ese informe, en este apartado estudiamos la viabilidad de una mina. financiado por el propio gobierno de Uganda. Hace unos dos años, se informó que se habían descubierto 31 millones de toneladas de oro en Uganda. Sin embargo, es importante interpretar estos términos con precisión. Según las estadísticas mundiales, la extracción de oro puro del mineral depende de la calidad de las reservas. Con esta información, se puede realizar un cálculo aproximado: multiplicando los 4 gramos por cada tonelada descubierta, el resultado sería de aproximadamente 124 toneladas de oro puro. Extraer esta cantidad podría llevar unos 200 años, dependiendo de los métodos y la capacidad de extracción. (42)

3.1.2 Plan de negocios

3.1.2.1 Ubicación y normativa

Una de las claves para tener una fábrica de oro es elegir el terreno adecuado. Este debe cumplir con requisitos técnicos, de diseño, ambientales y legales que aseguren la viabilidad del proyecto en el corto y largo plazo.

Requisitos de tamaño y espacio

Una refinería de oro diseñada para procesar 1 tonelada de oro por mes requeriría una superficie mínima de terreno de 5 hectáreas y proporcionaría suficiente espacio para futuras ampliaciones o modificaciones. El área se dividirá de la siguiente manera.

- **Área Principal de Producción:** Aproximadamente 2 hectáreas, que incluirán hornos de inducción, celdas electrolíticas y sistemas de filtración y tratamiento de emisiones.
- **Área de Almacenamiento Seguro:** 1 hectárea para el almacenamiento seguro del mineral en bruto recibido y lingotes refinados listos para su distribución.
- **Oficinas e Instalaciones:** 0.5 hectáreas para oficinas comerciales, salas de conferencias, laboratorios e instalaciones recreativas para el personal.
- **Ampliación de Área y Paisajismo:** 1 hectárea adicional reservada para cumplir con la normativa ambiental y permitir el crecimiento del negocio.

La oficina estará ubicada en Tiira, en el distrito de Busia, en la región oriental de Uganda. Este poblado se encuentra estratégicamente ubicado en el centro de la actividad minera del país, lo que lo convierte en la opción ideal para la ubicación de la planta empacadora. (43)

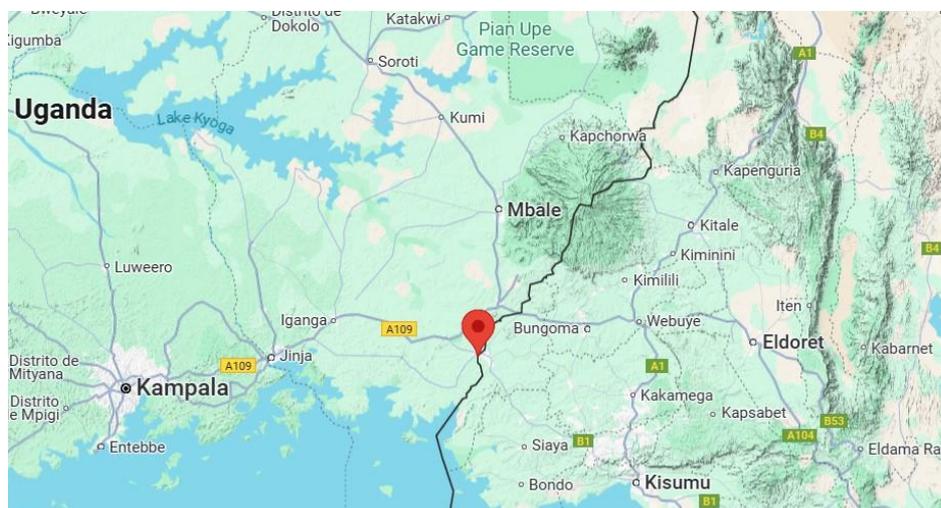


Ilustración 21: Localización sugerida (54)

3.1.2.2 Características Técnicas del Terreno

A) Estabilidad Geotécnica y Seguridad del Terreno

El suelo de la planta debe ser lo suficientemente firme y fuerte para soportar el peso de equipos industriales como hornos de inducción y celdas electrolíticas. Es necesario realizar estudios geotécnicos que tengan en cuenta la naturaleza del suelo, su capacidad de carga y la ausencia de riesgos como deslizamientos, inundaciones o erosión.

Tiira, en el distrito de Busia, tiene buenas características geológicas con un terreno generalmente plano y baja sismicidad, lo que reduce en gran medida los riesgos de construcción. En términos de seguridad, el terreno debe permitir sistemas avanzados, como vallas, caminos de acceso y monitoreo constante. Además, la instalación debe estar al menos a 500 metros de zonas residenciales para minimizar el ruido y la contaminación por emisiones, y para coexistir con la comunidad local. Este proceso garantiza la protección de los activos y el cumplimiento de las normas internacionales. (44)

B) Accesibilidad Logística

La ubicación de Tiira es estratégica por su proximidad a la **autopista A104**, que conecta Busia con grandes ciudades como Jinja y Kampala. Esto proporciona una navegación eficiente tanto para los productos de entrada como para los procesados. Además, su proximidad a las rutas de transporte y al puesto fronterizo de Busia (menos de 20 km) permite la entrega rápida de mercancías al puerto de Mombasa en Kenia, uno de los principales centros de distribución internacional de la región.

Esta accesibilidad no sólo reduce los costes de transporte, sino que también facilita la disponibilidad de técnicos, materiales y trabajos de mantenimiento necesarios para mantener la instalación en funcionamiento. (45)

C) Disponibilidad de Recursos

El distrito de Tiira tiene acceso a la red eléctrica nacional, lo que garantiza energía fiable y asequible para las oficinas. Esto es especialmente importante para aplicaciones que consumen mucha energía, como las **celdas de limpieza electroquímica**. Además, se encuentran disponibles fuentes locales de agua, como **pozos subterráneos y pequeños arroyos**, para satisfacer las necesidades de refrigeración y saneamiento del sistema industrial. Estas condiciones hacen de Tiira una mejor opción, ya que elimina la necesidad de innovación y reduce los costes operativos. Garantizar el acceso a estos recursos vitales es clave para la sostenibilidad del negocio. Un lugar adecuado sería cerca del sitio minero establecido por los chinos.

El complejo minero se ubica a 15 minutos en vehículo motorizado del centro de la ciudad de Busia, y solo a 45 minutos del Lago Victoria. (46)

Ubicación Exacta y Ventajas

La ubicación específica de la planta será en las cercanías de las minas de oro de Tiira, con coordenadas aproximadas de:

- **Latitud:** 0.4713° N
- **Longitud:** 34.0758° E

Esta localización presenta ventajas significativas:

- **Optimización de Costes Logísticos:** La proximidad a las minas y a las rutas principales de transporte minimiza los gastos relacionados con el traslado de materiales.
- **Impacto Positivo en la Comunidad:** La planta generará empleo directo e indirecto, fomentando el desarrollo económico en la región de Tiira.
- **Acceso a Mercados Globales:** La cercanía a la frontera con Kenia y al Puerto de Mombasa asegura que los lingotes refinados puedan exportarse de manera eficiente a mercados internacionales.

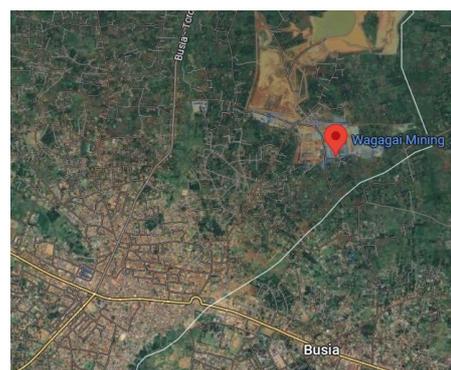


Ilustración 23: Ubicación exacta (54)

3.1.2.3 Plan económico

3.1.2.3.1. CAPEX (Inversión Inicial)

El CAPEX total asciende a **28 millones de \$** e incluye los siguientes componentes clave:

- **Construcción e Instalaciones:** 5,5 millones de \$ para la edificación de la planta, almacén y áreas de mantenimiento.
- **Equipos de Manufactura:** 11 millones de \$ para adquirir hornos, celdas electrolíticas y sistemas de gestión de residuos.
- **Estudios y Diseño:** 2,75 millones de \$ para análisis técnicos y diseño constructivo.
- **Capacitación y Reclutamiento:** 0,9 millones de \$ destinados a formar personal especializado.
- **Conexiones Industriales y Energéticas:** 2,3 millones de \$ para sistemas eléctricos, agua y efluentes.
- **Seguridad:** 1,85 millones de \$ en vigilancia y sistemas biométricos.
- **Contingencias:** 3,7 millones de \$ como reserva para imprevistos.

3.1.2.3.2. OPEX (Costes Operativos Anuales)

El OPEX se estima en **4 millones de \$**, lo que refleja los costes ajustados al tamaño y los requisitos tecnológicos de la planta de oro. El desglose es el siguiente:

- **Energía y Servicios Públicos:** 1,6 millones de \$ para pagar equipos que consumen mucha energía, como hornos de inducción y sistemas de tratamiento de emisiones.
- **Personal:** 800.000 \$ por año para salarios y beneficios para empleados en ingeniería, administración y operaciones. Estos cambios incluyen la contratación de personal especializado para manejar equipos avanzados.
- **Mantenimiento de Equipos:** 700.000 \$ para garantizar que los equipos críticos permanezcan operativos, reduciendo los riesgos de tiempo de inactividad no planificado.
- **Materiales y Suministros:** 600.000 \$ en químicos, catalizadores, filtros y otros insumos necesarios para los sistemas de limpieza y sanitización.
- **Otros Gastos Operativos:** 300.000 \$ para viajes, seguros, licencias y gastos generales de operación.

3.1.2.3.3 Indicadores financieros

En Uganda, las **políticas fiscales** recientes favorecen el desarrollo del sector minero:

- **Eliminación del Impuesto a la Exportación de Oro:** A partir de 2022, el gobierno eliminó el 5% de impuesto sobre la exportación de oro refinado, lo que mejora significativamente la competitividad del proyecto.
- **Participación Estatal:** La ley minera vigente establece que el gobierno tiene un 15% de participación en todas las operaciones mineras. Esto debe considerarse al proyectar los beneficios.
- **Incentivos Fiscales:** Uganda ofrece incentivos fiscales para inversiones en sectores estratégicos, incluyendo el minero, lo que puede reducir costes iniciales.

Payback

- **Ingresos Anuales:** 60 millones de \$ (ajustados a una capacidad de refinamiento de 1 tonelada al mes, operando al 90% de capacidad, y precios promedio de mercado).
- **OPEX Anual:** 4 millones de \$.
- **Beneficio Neto Anual:** 60 – 4 = 56 millones de dólares.
- **CAPEX:** 28 millones de dólares.

Cálculo del Payback

$$Payback = \frac{CAPEX}{Beneficio\ Neto\ Anual} = \frac{28}{56} = 0,5\ años$$

Es decir, período de recuperación aproximado de 6 meses, sin embargo, considerando posibles fluctuaciones en ingresos y costes operativos, se proyecta un **payback** más conservador de **1 año**.

3.1.3 Ingeniería

3.1.3.1 Proceso de obtención del oro

La extracción de oro es un proceso complejo que involucra varias tecnologías y procesos para extraer este metal precioso de los depósitos minerales. Tradicionalmente, los procesos se han estandarizado, desde procesos manuales rudimentarios hasta procesos de fabricación de alta tecnología.

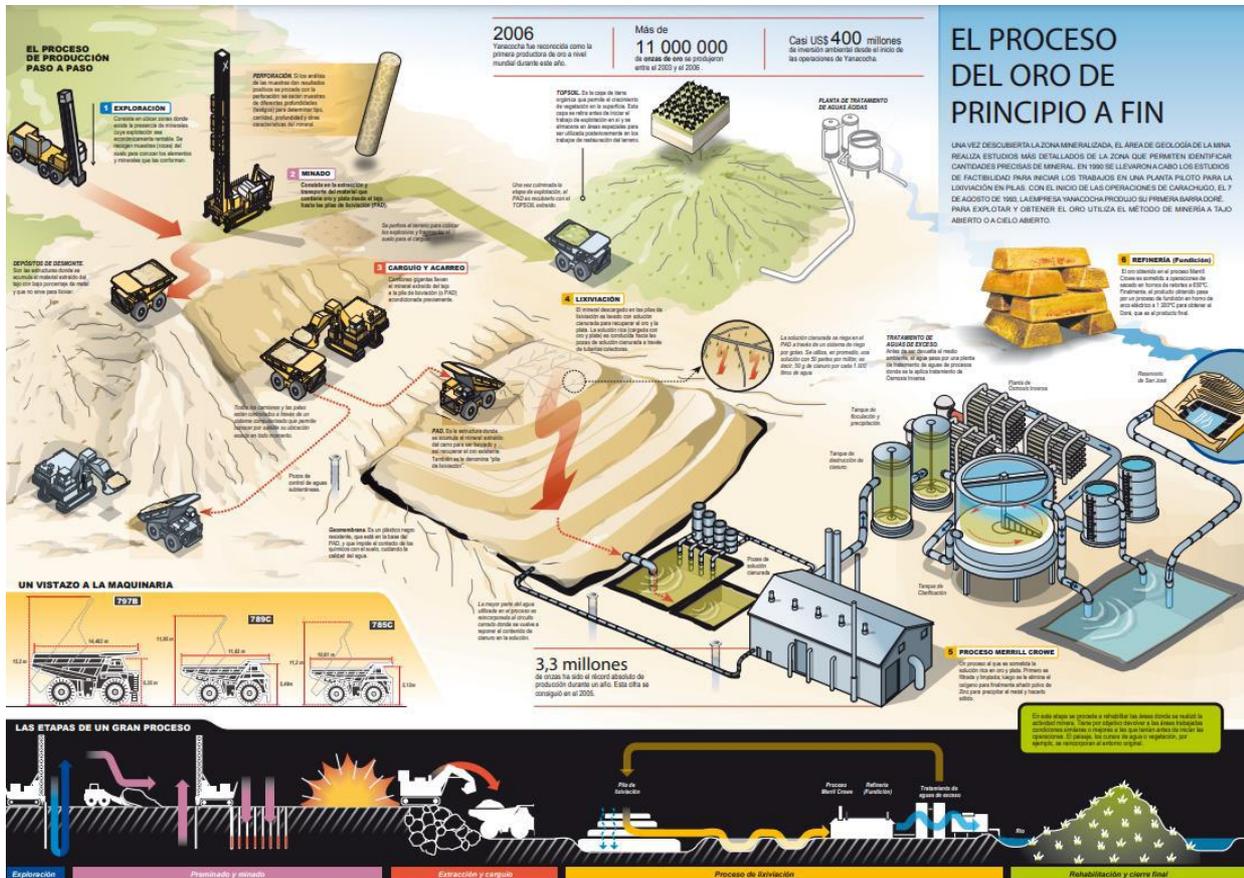


Ilustración 24: Proceso completo de obtención de oro (47)

1. **Prospección y exploración:** Primero, se identifican áreas con depósitos de oro mediante estudios geológicos detallados. Esta fase incluye análisis químicos, geofísicos y muestreos de rocas y suelos para determinar la concentración y viabilidad de explotación.
2. **Extracción del mineral:**
 - a) **A cielo abierto:** Se remueve la capa superficial de tierra y roca para acceder al mineral cuando este se encuentra a poca profundidad.
 - b) **Subterránea:** Se excavan túneles y galerías para extraer el mineral en depósitos más profundos.
3. **Trituración y molienda:** El material extraído se reduce de tamaño para liberar el oro atrapado en las rocas. Se utilizan trituradoras y molinos hasta obtener partículas finas.
4. **Concentración:** Se separa el oro del material restante mediante técnicas como:
 - a) **Gravedad:** Utilizando mesas vibradoras o jigs que aprovechan la alta densidad del oro.
 - b) **Flotación:** Reactivos químicos generan burbujas que atrapan partículas de oro, facilitando su separación.
5. **Lixiviación:** Por cianuración, el método mas común, aunque se están investigando metodologías más eficientes.
6. **Recuperación del oro:**
 - a) **Carbón activado:** El oro disuelto en la solución se adsorbe en partículas de carbón, luego se desorbe y recupera mediante electrólisis.
 - b) **Precipitación con zinc:** En el proceso Merrill-Crowe, se añade zinc para precipitar el oro, que se filtra y funde.
7. **Refinación:** El oro recuperado se purifica mediante técnicas como:
 - a) **Proceso Miller:** Usa cloro para eliminar impurezas.
 - b) **Proceso Wohlwill:** Refinación electrolítica para obtener oro de pureza superior al 99,99%. (48)



Ilustración 25: Búsqueda de oro (84)



Ilustración 26: Búsqueda de oro II (85)

El oro se encuentra en vetas en rocas fracturadas, disperso en la corteza terrestre o en lechos de ríos en forma de pepitas. La **mina más profunda** del mundo, Mponeng, en Sudáfrica, alcanza 4,3 km de profundidad.

Históricas **fiebres del oro**, como la de California o Porcupine en Canadá, marcaron la expansión económica y migratoria en los siglos XIX y XX. En el futuro, la minería espacial, impulsada por el asteroide Psyche y recursos lunares, promete abrir nuevas fronteras para la extracción de metales preciosos como el oro.

3.1.3.2 Layout y diagrama de procesos

El diseño de la mina de oro incluye áreas de procesamiento con tamaños calculados que mejoran la eficiencia, garantizan la seguridad y cumplen con las normas ambientales.

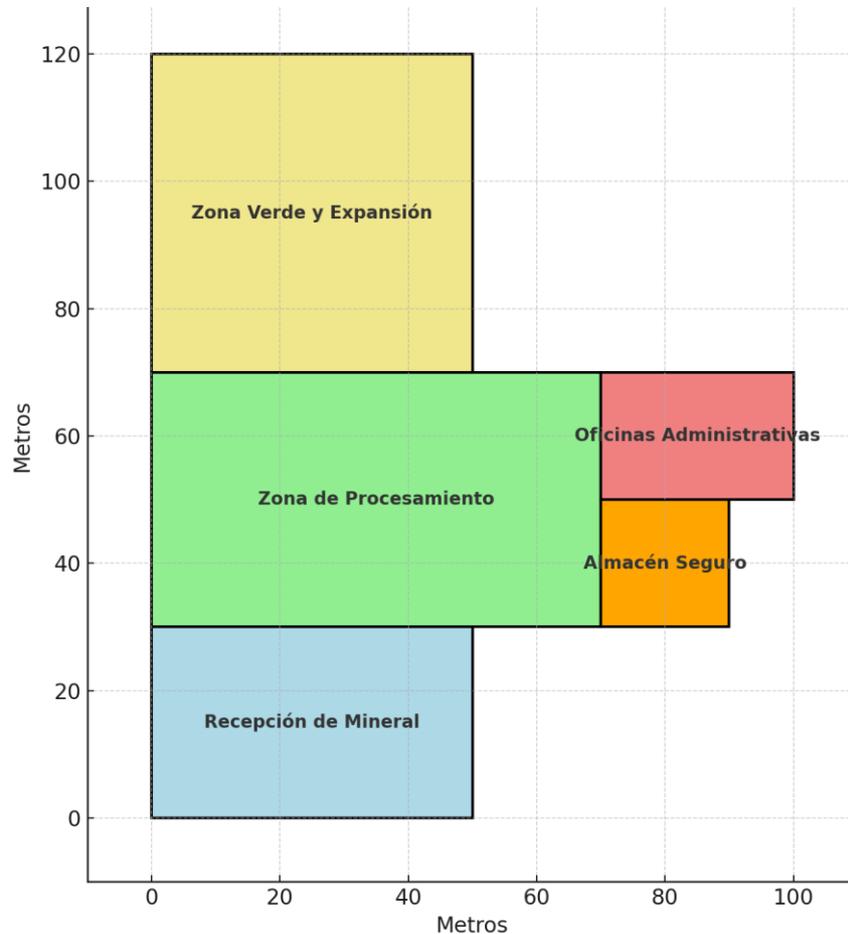


Gráfico 13: Layout (34)

El diseño de la mina de oro incluye áreas de procesamiento con tamaños calculados que mejoran la eficiencia, garantizan la seguridad y cumplen con las normas ambientales.

1. Área de Recepción de Mineral: Dimensiones: 50 m × 30 m (1,500 m²).

Espacio dedicado a recibir y almacenar temporalmente el mineral bruto extraído. Incluye básculas industriales para el pesaje y una zona cubierta para proteger los materiales de las condiciones climáticas. Diseñado con acceso directo desde la carretera principal para facilitar la descarga de camiones.

2. Zona de Procesamiento: Dimensiones: 70 m × 40 m (2,800 m²).

Alberga los hornos de inducción para fundición inicial y las celdas electrolíticas para el refinamiento químico. Diseñado con corredores amplios para permitir el movimiento seguro de materiales y acceso del personal técnico. Equipado con sistemas de ventilación y filtración para controlar las emisiones y garantizar un ambiente seguro de trabajo. Incluye espacio para el mantenimiento de equipos.

3. Almacén Seguro para Oro Refinado: Dimensiones: 20 m × 20 m (400 m²).

Espacio dedicado al almacenamiento de lingotes refinados, con medidas de seguridad avanzadas como cámaras de vigilancia, controles de acceso biométrico y paredes reforzadas. Se encuentra cerca de la zona de procesamiento para facilitar el transporte interno de los lingotes.

4. Oficinas Administrativas y Servicios: Dimensiones: 30 m × 20 m (600 m²).

Incluye oficinas para gestión operativa, salas de reuniones y un laboratorio de control de calidad donde se verifica la pureza del oro refinado. También dispone de áreas de descanso, comedor y servicios sanitarios para los empleados.

5. Zona Verde y Áreas de Expansión: Dimensiones: 50 m × 50 m (2,500 m²).

Espacio destinado a cumplir con las normativas ambientales, incluyendo áreas verdes que contribuyen a mitigar el impacto ambiental de la planta. También se reserva espacio adicional para futuras ampliaciones de la planta en función de la demanda.

6. Acceso y Servicios Externos

- **Conexión a Carretera:** El acceso principal está diseñado para conectar directamente con la carretera pavimentada más cercana, facilitando la llegada de camiones con mineral y el transporte de oro refinado hacia los puntos de exportación.
- **Conexiones de Agua y Electricidad:** El diseño asegura que las tuberías y el cableado estén distribuidos eficientemente hacia las áreas de procesamiento y servicios administrativos.

Área	Dimensiones (m)	Superficie total (m ²)
Recepción del material	50 x 30	1500
Zona de procesamiento	70 x 40	2800
Almacén seguro	20 x 20	400
Oficinas administrativas	30 x 20	600
Zona verde y expansión	50 x 50	2500

Tabla 5: Dimensiones de la planta (44)

TOTAL: 7800 m²

3.1.3.3 CAPEX

El CAPEX revisado para la mina de oro en Tiira se estima en 28 millones de \$, lo que refleja la inversión total requerida para la construcción, adquisición de equipos, estudios técnicos y la instalación en su primera función. Esto incluye todas las instalaciones necesarias para garantizar que la instalación cumpla con los más altos estándares técnicos, legales y operativos. Desglose de cada componente de la inversión:

- **Infraestructura y Construcción**

Infraestructura y construcción representa 6 millones de \$ del total. Esta categoría cubre la operación de naves industriales, el almacenamiento seguro de oro y el mantenimiento de instalaciones. También incluye paisajismo, drenaje y conectividad a infraestructura básica como agua y electricidad.

- **Equipos de Procesamiento**

El componente más significativo de la inversión es la adquisición de equipos, con un costo estimado de aproximadamente 12 millones de \$. Este componente incluye hornos de inducción, celdas electrolíticas y sistemas avanzados de tratamiento de emisiones, los cuales se requieren para alcanzar una alta pureza. También se han considerado equipos auxiliares como básculas mecánicas, neumáticas y grúas para un mejor manejo del mineral y final.

- **Estudios Técnicos y Diseño**

El estudio de ingeniería y diseño estimado de la instalación es de 2,5 millones de \$. Esta fase incluye estudios geotécnicos, diseño y diseño operativo, y **evaluación de impacto ambiental (EIA)** requerida por la legislación de Uganda. Esta evaluación es esencial para garantizar la estabilidad del proyecto, la viabilidad técnica y el cumplimiento de las regulaciones locales e internacionales. Capacitación y Reclutamiento del Personal

- **Conexión a Servicios y Suministros**

El equipo de capacitación y reclutamiento representa 1 millón aproximadamente. Esta inversión asegura que el personal técnico y operativo esté capacitado en el uso de equipos avanzados y seguridad de las instalaciones y en las mejores prácticas de uso de materiales costosos.

- **Capital de Trabajo Inicial**

Se asignan 1,5 millones de \$ al capital de trabajo inicial, cubriendo los costes operativos durante los primeros meses de operación. Este monto incluye insumos químicos, consumo energético y salarios, asegurando que la planta pueda alcanzar su capacidad operativa máxima sin interrupciones.

- **Sistemas de Seguridad y Monitoreo**

Con una inversión de 2 millones de \$, se instalarán sistemas avanzados de videovigilancia, controles de acceso biométricos y bóvedas automatizadas, garantizando la seguridad del mineral y del oro refinado.

- **Contingencia**

Finalmente, se reserva 3 millones de \$ para contingencias, cubriendo posibles variaciones en costes o ajustes técnicos durante la construcción y puesta en marcha del proyecto. (49)

Componente	Costo (millones \$)
Infraestructura y Construcción	6
Equipos de Procesamiento	12
Estudios Técnicos y Diseño	2,5
Capacitación y Reclutamiento	1
Conexión a Servicios y Suministros	1,5
Sistemas de Seguridad y Monitoreo	2
Capital de Trabajo Inicial	1
Contingencia	2
Total	28

Tabla 6: Resumen del CAPEX (34)

3.1.4 Construcción

3.1.4.1 Planificación de la construcción

La **primera fase** de construcción es necesaria para sentar las bases legales y reglamentarias del proyecto. En Tiira, esta fase implica la obtención de permisos de construcción y autorizaciones ambientales, que son necesarios para cumplir con los requisitos establecidos por la **Agencia Nacional de Gestión Ambiental (NEMA)**.

La **preparación del sitio**, que incluye nivelar el terreno y construir infraestructura temporal, es un proceso que garantiza la viabilidad de los pasos posteriores, esto implica excavar el terreno, instalar túneles y brindar servicios básicos. Las **obras públicas** y las **cimentaciones** constituyen la parte más difícil de la construcción. Los edificios se construirán con sistemas para soportar el peso de equipos pesados, como hornos de inducción, esta fase incluye el montaje de hornos de inducción, celdas electrolíticas y sistemas de filtración de gases.

La **fase de prueba y puesta en marcha** garantiza que todos los sistemas funcionen como se espera, estas pruebas incluirán gestión de potencia y eficiencia energética. Finalmente, la **inspección final** del proyecto sirve para corroborar que todo está en óptimas condiciones.

Cronograma

1. Fase de Planificación (0-6 meses)

• Obtención de permisos y licencias: 6 meses.

- Estudios técnicos y de impacto ambiental (EIA): 4 meses (se superpone con la obtención de permisos).
- Contratación de empresas constructoras y proveedoras de maquinaria: 2 meses.

2. Fase de Preparación del Terreno (6-10 meses)

- Limpieza y nivelación del terreno: 2 meses.
- Preparación de accesos y drenaje: 2 meses (paralelo a la limpieza del terreno).

3. Fase de Obras Civiles (10-20 meses)

- Construcción de la zona de procesamiento principal: 8 meses.
- Construcción de almacenes y oficinas administrativas: 6 meses (inicia tras 2 meses de avance en la zona de procesamiento).
- Instalación de conexiones básicas (agua, electricidad y drenaje): 4 meses (superpuesto con las obras civiles).

4. Fase de Adquisición y Montaje de Maquinaria (14-24 meses)

- Fabricación y transporte de maquinaria: 6 meses.
- Instalación y pruebas iniciales de equipos: 4 meses (inicia al concluir las obras civiles en la zona de procesamiento).

5. Fase de Capacitación y Pruebas Operativas (24-28 meses)

- Capacitación del personal: 2 meses (se realiza durante el montaje final de la maquinaria).
- Pruebas de funcionamiento y ajustes finales: 2 meses.

6. Puesta en Marcha (28-30 meses)

- Producción inicial y optimización: 2 meses.

El proyecto se estima en **30 meses**, con actividades en paralelo que optimizan el tiempo total.

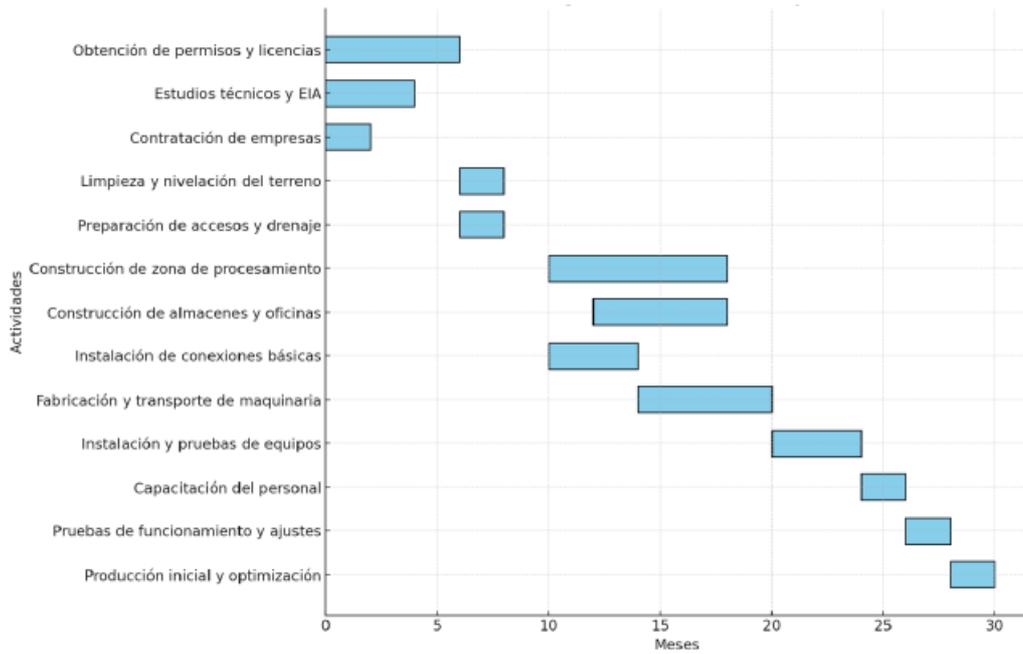


Gráfico 14: Diagrama de Gannt (34)

3.1.4.2 Curva S de costes

La curva de costes S representa los costos acumulados de todo el proyecto y muestra un patrón típico que sigue varios procesos bien definidos. Durante los **primeros meses (0-6)**, los costes son bajos, ya que las actividades se centran en la obtención de permisos, estudios técnicos y planificación.

Posteriormente, entre **6 y 10 meses**, el costo comienza a aumentar paulatinamente debido a la preparación del terreno y el inicio de las obras gubernamentales. El período comprendido **entre 10 y 20 meses** es un período de inversión de capital, cuando se construyen los edificios principales y se adquiere e instala la maquinaria. Durante esta fase, se recauda alrededor del 70-80% del costo total del proyecto.

Finalmente, durante los **últimos meses (20-30)**, los costes se han mantenido estables solo cuando las actividades consisten en capacitación, pruebas funcionales y optimización previa a la continuidad. Esta actitud les permite gestionar los presupuestos de forma más eficiente, garantizar que se asignen adecuadamente a la parte más importante del proyecto y evitar retrasos para maximizar la eficiencia.

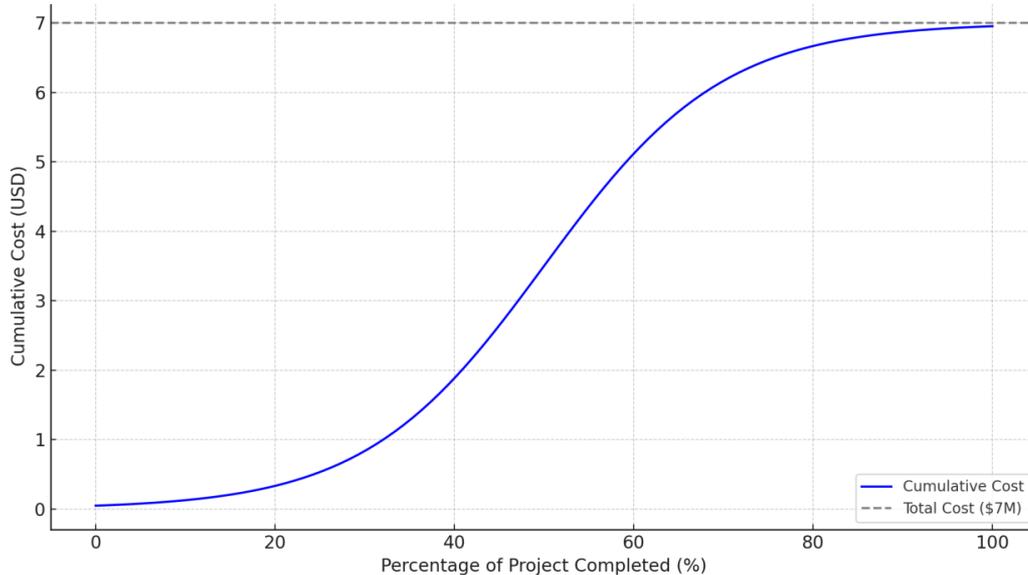


Gráfico 15: Curva S de costes del proyecto (34)

3.1.4.3 Curva S de cronograma

La curva S en el cronograma muestra la distribución acumulada de actividades en todo el proyecto, que sigue un cuadro de características que identifica la fase crítica de progreso:

- **Inicio del proyecto (0-20%):** Durante esta fase inicial, que cubre aproximadamente la primera 6 meses, las actividades se centran en la obtención de permisos, estudios técnicos y planificación. Estas tareas avanzan lentamente y acumulan una fracción del tiempo total del proyecto.
- **Desarrollo (20-80%):** La fase de crecimiento de 6 meses a 24 meses es la más difícil en el tiempo. Incluye servicios básicos como preparación de sitio, obras civiles e instalación de equipos. Durante este período se utiliza la mayor parte del tiempo, ya que estas actividades son necesarias para asegurar el funcionamiento de la planta.
- **Cierre (80-100%):** En los últimos 6 meses el rol se enfoca en capacitación del personal, pruebas funcionales e iniciación. Aunque esta fase requiere un tiempo mínimo, es importante garantizar que la instalación funcione sin problemas y cumpla con los estándares establecidos.

El gráfico de la Curva S del Cronograma representa visualmente esta acumulación progresiva. Las líneas marcadas reflejan los puntos clave del proyecto: el inicio, el desarrollo y el cierre, asegurando que todas las etapas se completen dentro del plazo estimado de 30 meses. Al principio, las actividades están enfocadas en estudios previos, permisos y planificación, que representan un bajo consumo de tiempo. En contraste, las fases medias, como la construcción y el montaje de equipos, requieren la mayor inversión de tiempo debido a su complejidad. Finalmente, las fases de cierre tienden a estabilizarse, concentrándose en pruebas y ajustes menores.

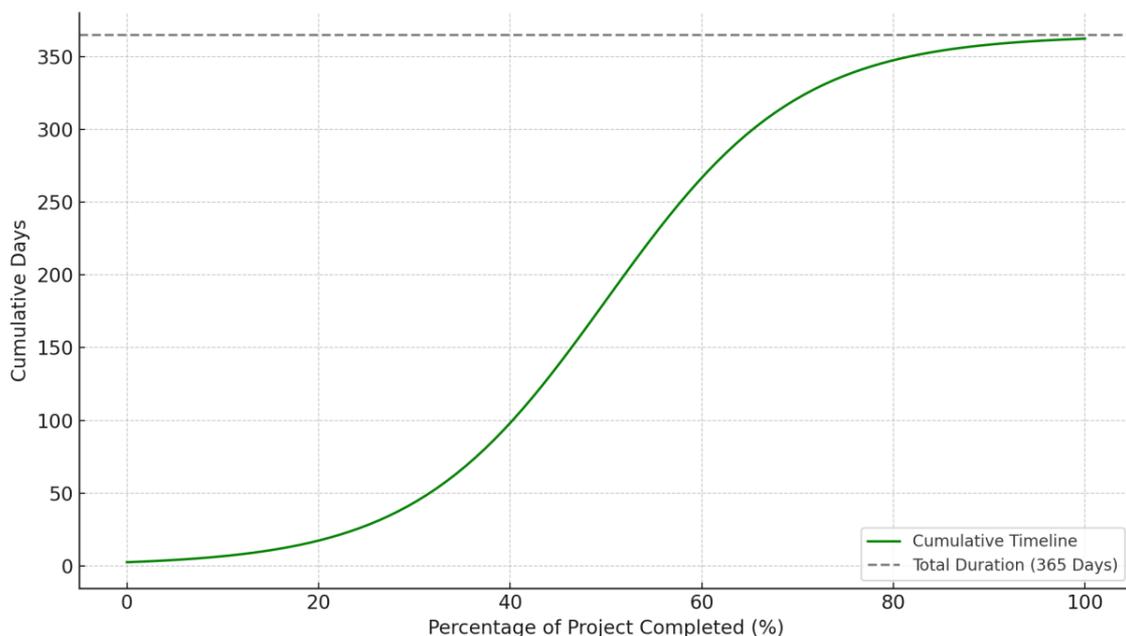


Gráfico 16: Curva S de cronograma (34)

3.1.5 Operación y mantenimiento

La operación y el mantenimiento de la planta de oro es esencial para garantizar la eficiencia, la seguridad y la longevidad. Estas actividades van desde la operación diaria de herramientas y procedimientos hasta la implementación de programas de mantenimiento preventivo y mantenimiento. En esta planta, las operaciones continuas son fundamentales para maximizar la producción de oro y optimizar los costes. El enfoque formulado en esta área asegura no sólo el cumplimiento de los objetivos de producción, sino también la sostenibilidad a largo plazo del negocio.

3.1.5.1 Personal necesario

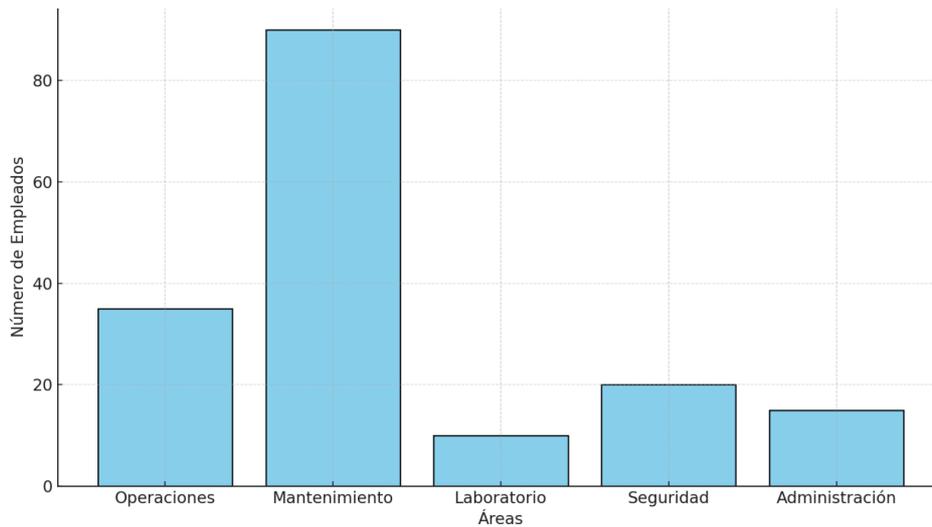


Gráfico 17: Resumen de cantidad de personal (34)

- **Operaciones: 35 personas**

Las operaciones son el núcleo de la producción y requieren personal capacitado para supervisar, operar y monitorear los equipos, incluyendo hornos, celdas electrolíticas y sistemas de filtración.

- **Mantenimiento: 90 personas**

En una planta de esta magnitud, la maquinaria pesada y el equipo especializado necesitan un mantenimiento constante para evitar fallos. Este número incluye técnicos especializados en mecánica, electricidad y sistemas de control. Además de equipos de guardia para emergencias y tareas de mantenimiento preventivo.

- **Laboratorio: 10 personas**

Un equipo ampliado en el laboratorio garantiza el análisis continuo de la calidad del oro refinado y el control de procesos.

- **Seguridad: 20 personas**

Dado el alto valor del material procesado, un aumento en el personal de seguridad es crucial. Este equipo se encargará del monitoreo constante, controles de acceso y protección perimetral, además de la gestión de sistemas avanzados de vigilancia.

- **Administración: 15 personas**

El área administrativa requerirá más personal para gestionar la logística, finanzas, recursos humanos y comunicación con proveedores y clientes.

3.1.5.2 OPEX

1. Consumo de Energía y Servicios Públicos: Costo estimado: 1.6 millones de \$/año

El consumo eléctrico, estimado en 650,000 kWh/mes, tiene un costo medio de 0.07 \$/kWh. Este apartado cubre equipos como hornos de inducción y celdas electrolíticas, además de los gastos relacionados con el uso de agua en procesos clave.

2. Mano de Obra: Costo estimado: 800,000 \$/año

La planta operará con un equipo de 54 empleados, con salarios que oscilan entre 280 y 900 euros mensuales, según la responsabilidad.

3. Mantenimiento de Equipos: Costo estimado: 670,000 \$/año

Incluye el mantenimiento preventivo y correctivo de hornos, celdas electrolíticas y sistemas de filtración, así como costes de repuestos y servicios técnicos especializados.

4. Materiales y Consumibles: Costo estimado: 530,000 \$/año

Se requieren productos químicos como cianuro de sodio, con un consumo mensual de 1 tonelada a 2,350 \$/tonelada, además de otros insumos críticos como cal y reactivos de flotación.

5. Gestión de Residuos: Costo estimado: 270,000 \$/año

Incluye el tratamiento de residuos líquidos con hipoclorito de sodio y la gestión segura de relaves para prevenir la contaminación ambiental, cumpliendo con las normativas de la Autoridad Nacional de Gestión Ambiental (NEMA).

6. Otros Gastos Operativos: Costo estimado: 130,000 \$/año

Cubre transporte seguro de mineral y lingotes, seguros, licencias regulatorias y capacitación continua del personal, asegurando el cumplimiento legal y operativo de la planta.

Concepto	Costo estimado en millones de \$
Energía y Servicios Públicos	1,6
Mano de Obra	0,8
Mantenimiento de Equipos	0,67
Materiales y Consumibles	0,53
Gestión de Residuos	0,27
Otros Gastos Operativos	0,13
Total anual	4

Tabla 7: Resumen del OPEX (34)

3.1.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.

3.1.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 12,2 millones de dólares

El VAN es una herramienta básica para evaluar la rentabilidad del proyecto, comparando el valor presente de los flujos de caja futuros con la inversión original, descontada un 12%, esta tasa de descuento refleja el riesgo asociado con el proyecto y es utilizada para descontar los flujos de efectivo futuros a su valor presente. Con un CAPEX de 28 millones de \$, un OPEX anual de 4 millones de \$ y unos ingresos previstos de 112 millones de \$ al año, el VAN proyectado a 10 años alcanza los 12.2 millones de dólares. Este valor positivo enfatiza que el proyecto es financieramente viable, capaz de recuperar la inversión inicial y generar retornos adicionales, incluso después de considerar los costes de capital. El Valor Actual Neto (VAN) se calcula como: (50)

$$\text{Ingresos} - \text{OPEX} = 112 \text{ millones} - 4 \text{ millones} = 108 \text{ millones de dólares anuales}$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - C_0 = 12,2 \text{ millones de dólares}$$

Donde:

- Ft : Flujo de caja neto en el período t .
- r : Tasa de descuento (12% en este caso, $r = 0.12$)
- t : Período en años
- n : Número de períodos (10 años).
- C_0 : Inversión inicial, el CAPEX, que son 28 millones de dólares.

3.1.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 34.01%

La TIR del proyecto que indica el rendimiento anualizado se calcula como 34,01%, superando el costo de capital del 12%. Esto resalta los fuertes flujos de caja y la alta rentabilidad del negocio, lo que lo convierte en una inversión atractiva.

La TIR revela que los ingresos son suficientes para cubrir la inversión inicial, los gastos operativos y ofrece una ventaja competitiva en comparación con otras empresas industriales de la región. (50)

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \frac{108}{(1+TIR)^t} - 28 = 34,01\%$$

3.1.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 285,71%

La refinería de oro en Tiira, Uganda, permitirá procesar el oro localmente, obteniendo lingotes de alta pureza (99,99%) y maximizando el valor agregado en lugar de exportarlo en bruto. La ubicación en el distrito de Busia ofrece acceso a reservas minerales, infraestructura y logística eficiente, con proximidad a la autopista A104 y al puerto de Mombasa. Además, el diseño de la planta cumple con estándares ambientales y de seguridad, asegurando sostenibilidad y cumplimiento normativo. Con un ROI del 285,71% y un payback de 4 años, el proyecto es altamente rentable y fortalecerá la economía ugandesa al generar empleo, atraer inversión extranjera y reducir la dependencia de importaciones tecnológicas. (50)

$$ROI = \frac{\text{Ganancias netas totales}}{\text{Inversión Inicial}} \times 100 = \frac{1052}{28} \times 100 = 285,71\%$$

$$\text{Ingresos totales} - \text{Costos totales} = 1120 - 40 - 28 = 1052 \text{ millones de \$}$$

3.2 Planta de fertilizantes compuestos

3.2.1 Contexto

Los fertilizantes son componentes clave de la agricultura moderna, ya que aportan a las plantas nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. La aplicación adecuada aumenta los rendimientos, además, desempeñan un papel importante en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas al reponer los nutrientes liberados por las plantas del suelo, ayudando a sostenerlo y prevenir la erosión del suelo. Las plantas producen principalmente cultivos basados en **tres nutrientes principales**: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos ingredientes forman la base de **NPK** o mezclas de fertilizantes compuestos. Estos fertilizantes son la base de los cultivos modernos por su capacidad de aportar de forma equilibrada tres nutrientes esenciales que requieren las plantas:



Ilustración 27: Fertilizantes compuestos (86)

- **Nitrógeno (N):** Este nutriente es esencial para el crecimiento de la parte verde de las plantas, ya que estimula la síntesis de proteínas y la formación de hojas. Los fertilizantes proporcionan la cantidad adecuada de nitrógeno para un crecimiento vigoroso de las hojas.
- **Fósforo (P):** Esencial para el crecimiento de las raíces, la floración y fructificación, y la transferencia de energía a las plantas. El fósforo en los fertilizantes brinda a los cultivos las mejores mejoras estructurales desde su inicio.
- **Potasio (K):** Mejora la resistencia de las plantas al estrés, regula la absorción de agua y fortalece el tallo, contribuyendo a la salud general del cultivo y a la resistencia a condiciones adversas. (51)

A diferencia de los fertilizantes convencionales, los fertilizantes NPK ofrecen una solución completa que ahorra tiempo y coste en su aplicación al aportar tres nutrientes esenciales en una sola toma.

Además, su flexibilidad en la formulación permite ajustar las asignaciones de N, P y K para satisfacer las necesidades específicas de cada cultivo y tipo de suelo. Así, la **construcción de una planta sintética en Tororo** se debe a la demanda de fertilizantes NPK en la agricultura moderna. La producción local de estos cultivos garantizará un suministro constante y asequible.



Ilustración 28: Fertilizante NPK (87)

3.2.1.2 Elementos esenciales y fuentes de obtención

3.2.1.2.1 Nitrógeno (N):

Es el nutriente más importante para el crecimiento de las plantas, ya que forma parte de las proteínas, los ácidos nucleicos y la clorofila. En las plantas de fertilizantes, el nitrógeno se obtiene normalmente mediante el proceso **Haber-Bosch**, este proceso es un método industrial para la síntesis de amoníaco (NH_3) a partir de nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2) en condiciones controladas de alta presión y temperatura.

El nitrógeno se obtiene industrialmente mediante este método, que produce **amoníaco (NH_3)** a partir de nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). Este amoníaco se convierte posteriormente en productos como urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio. Sin una planta de amoníaco local, muchos de estos productos tendrían que importarse, lo que aumentaría los costes y afectaría la viabilidad económica de la planta de carbón en Tororo.

3.2.1.2.1 Justificación de la planta de obtención de amoníaco

La producción de fertilizantes NPK requiere el suministro de nitrógeno, que es un componente importante de los fertilizantes líquidos diseñados para mejorar la productividad agrícola siempre y fácilmente. En química, el nitrógeno se suministra principalmente en forma de amoníaco (NH_3), que actúa como base para la fabricación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y compuestos y el amoníaco se obtiene mediante el proceso **Haber-Bosch**, una tecnología industrial probada y eficiente que produce amoníaco a partir de nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). Este proceso requiere condiciones de alta presión (150-200 atm) y temperatura (400-500 °C), utilizando catalizadores metálicos que contienen catalizadores como óxidos de potasio y aluminio.

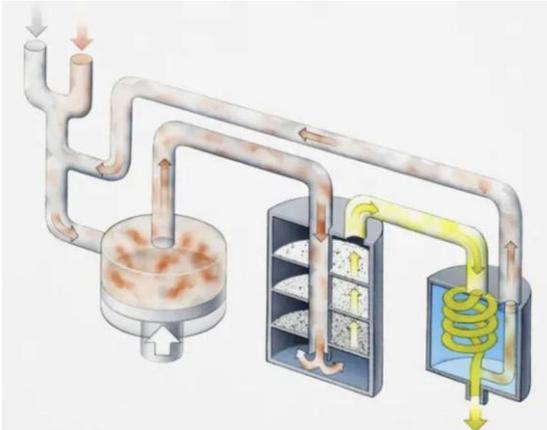


Ilustración 30: Proceso Haber-Bosch (52)

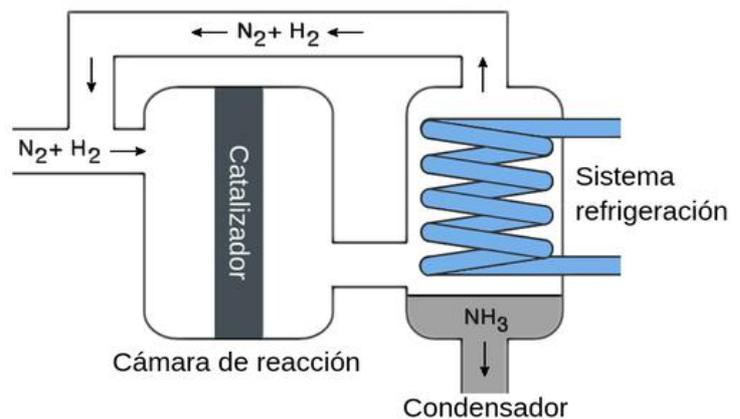


Ilustración 29: Proceso Haber-Bosch II (88)

En este caso, la fuente de nitrógeno es el aire, que contiene aproximadamente un 78% de N_2 . El nitrógeno se separa mediante tecnologías como la absorción por oscilación de presión (PSA) o la destilación criogénica. Sin embargo, el hidrógeno se producirá mediante hidroelectricidad, una tecnología que utiliza electricidad para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno.

Dado el potencial de la energía hidroeléctrica en Uganda, esta alternativa es más sostenible, ya que permite la producción de hidrógeno sin depender del gas natural, que es la fuente convencional utilizada en la mayoría de las plantas de amoníaco.

Desde una perspectiva operativa, la proximidad de ambas plantas permite la transferencia directa de amoníaco, lo que reduce las pérdidas y simplifica el almacenamiento y manipulación. Del mismo modo, la combinación de estos dos elementos fortalece la capacidad de la instalación para ajustar sus volúmenes en función de la demanda del mercado, haciéndola más flexible y competitiva.

3.2.1.2.2 Fósforo (P):

El fósforo es uno de los tres nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, y su importancia proviene de su papel en la fotosíntesis, el crecimiento de las raíces y la floración y fructificación. En la industria del carbón, el fósforo se extrae de la roca fosfórica, una materia prima que debe ser tratada químicamente para hacerla soluble y que las plantas puedan absorberla. Tororo se encuentra cerca de **importantes áreas de rocas fosfatadas** que se componen principalmente de fosfato tricálcico.

Esta proximidad permite una reducción significativa en los costes de transporte; sin embargo, la roca de fosfato en su estado natural no es soluble en agua ni fácilmente absorbible por las plantas, por lo que es necesario tratarla con productos químicos para mejorar su disponibilidad.

3.2.1.2.2.1 Proceso de Solubilización: Tratamiento con Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)

El tratamiento de las rocas fosfatadas se realiza mediante una reacción con ácido sulfúrico denominada “ataque ácido”. Este proceso consta de los siguientes pasos:

- **Trituración y Molienda de Rocas de Fósforo:** La roca se separa de los depósitos y se transporta a la planta, donde es triturada y molida para obtener partículas más pequeñas. Esto aumenta la superficie del producto, facilitando su reacción con el ácido sulfúrico.
- **Reacción química con H_2SO_4 :** el lecho rocoso se mezcla con ácido sulfúrico concentrado en reactores, produciendo superfosfato simple (SSP) y sulfato de calcio ($CaSO_4$, conocido como yeso). El ácido fosfórico resultante se puede utilizar directamente o enriquecer para producir compuestos de fosfato avanzados como el superfosfato triple (TSP) o el fosfato diamónico (DAP).
- **Producción química:** Dependiendo del tipo de fertilizante, el ácido fosfórico se puede mezclar con amoníaco o usarse en su forma pura para fertilizantes más complejos.

El ácido sulfúrico es un ingrediente importante en la fabricación de rocas fosfatadas. Actualmente, Uganda no cuenta con una planta de fabricación de ácido sulfúrico a gran escala, por lo que el suministro se considera un **subproducto** de países vecinos como Tanzania y Sudáfrica.

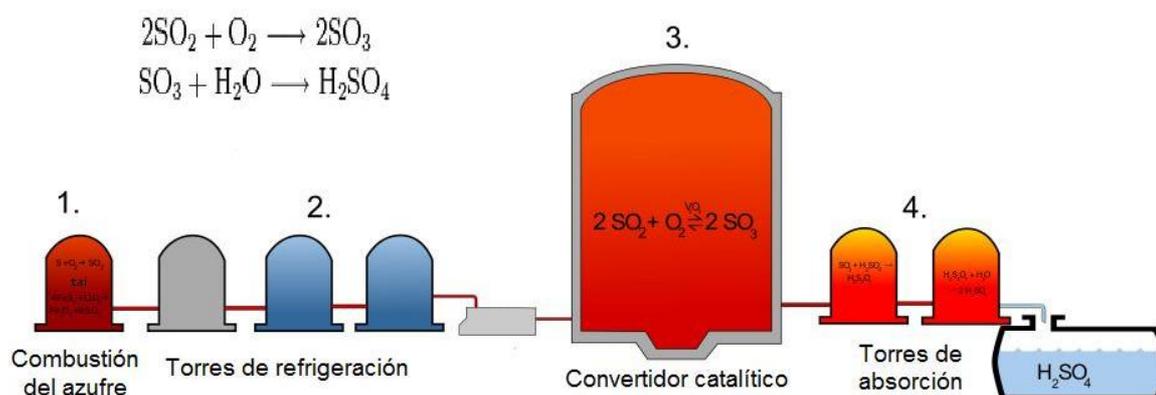


Ilustración 31: Producción de ácido sulfúrico por proceso de contacto (53)

3.2.1.2.3 Potasio (K):

El potasio es esencial para la fotosíntesis, el transporte de agua y la resistencia al estrés de las plantas. En Uganda hay deficiencia de potasio, por lo que este material debe importarse. La potasa, en forma de cloruro de potasio (KCl) o sulfato de potasio (SOP), se procesa dependiendo del fertilizante final, la potasa se extrae:

- **Minería subterránea:** Se utiliza en países como Canadá, Rusia y Bielorrusia, donde se extrae de capas más profundas mediante métodos convencionales o métodos de dispersión.
- **Evaporación de salmueras:** En regiones áridas, como el Mar Muerto, se obtiene evaporando sal rica en potasio.
- **Procesamiento de KCl:** El KCl se trata para la eliminación de aguas residuales y se muele en varios tamaños según la aplicación, ya sea directamente como fertilizante o en mezclas de NPK.
- **Producción SOP:** El sulfato de potasio se produce haciendo reaccionar KCl con ácido sulfúrico, un excelente fertilizante para cultivos que contienen cloro.
- **Producción de KNO_3 :** El nitrato de potasio se obtiene añadiendo potasa al nitrato de sodio, el cual se utiliza en cultivos complejos y especializados.

Por lo tanto, las importaciones de potasa pueden ser:

- **Desde Tanzania:** Tanzania tiene depósitos de potasa y el transporte por carretera a Tororo es una opción eficiente.
- **Desde el Puerto de Mombasa:** Potasio importado de mercados internacionales como Canadá o Rusia.

3.2.2 Plan de negocios

3.2.2.1 Ubicación y normativa

La elección de Tororo como ubicación para una empresa conjunta que implica fertilizantes para el suelo y una planta de amoníaco adyacente se basa en sus ventajas estratégicas, logísticas y económicas. Ubicada en el este de Uganda, esta región ofrece las condiciones ideales para la construcción de un complejo industrial que pueda manejar la creciente demanda de fertilizantes en los mercados locales y regionales, al tiempo que garantiza la sostenibilidad y la eficiencia.

Aunque está lejos de las principales ciudades, su proximidad a las comunidades locales ofrece oportunidades de empleo e impulsa la economía regional en Tororo debido a las rocas fosfatadas cercanas, una materia prima clave para la producción de fertilizantes fosfatados. La proximidad a estos inventarios reduce los costes de transporte y mejora la eficiencia en la cadena de suministro.

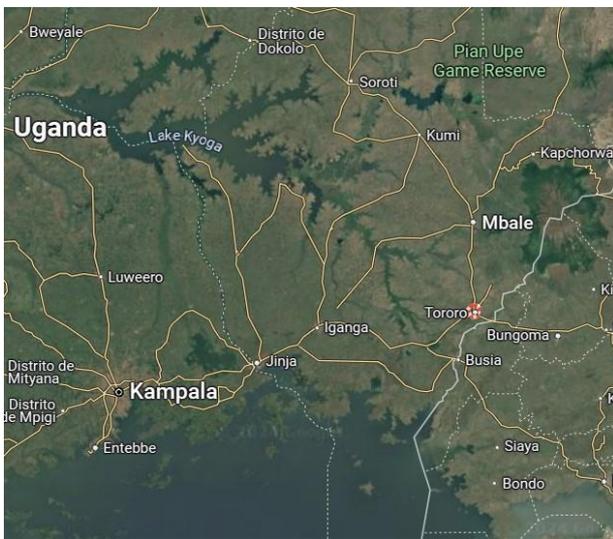


Ilustración 33: Ubicación de la planta (54)

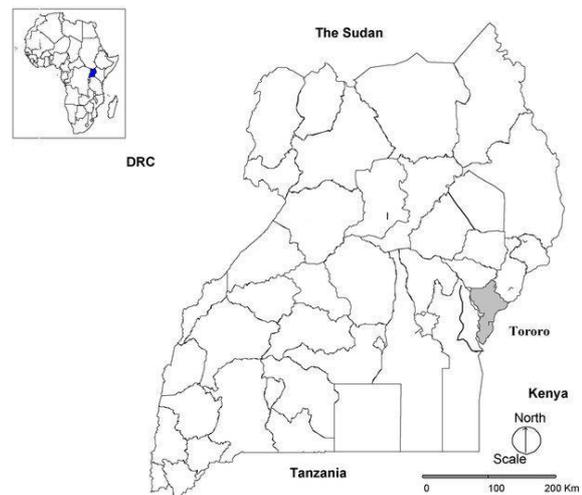


Ilustración 32: Mapa geopolítico (89)

Aunque Uganda no tiene reservas importantes de potasa, la ubicación de Tororo en la **conexión ferroviaria** con el puerto de Mombasa garantiza importaciones eficientes de potasa desde los mercados internacionales o desde países vecinos como Tanzania. Por otro lado, el proceso Haber-Bosch en la planta de amoníaco se utilizará para la obtención de nitrógeno, componente importante de los fertilizantes. Esta planta utilizará la energía hidroeléctrica de Jinja para producir hidrógeno mediante hilado eléctrico, un proceso que reduce la dependencia de combustibles fósiles y hace que el proyecto sea más sostenible. La combinación de ambas plantas garantiza una producción continua y optimiza los costes al eliminar la necesidad de importar amoníaco.

3.2.2.1.1 Cumplimiento Normativo y Sostenibilidad Ambiental

El proyecto cumplirá estrictamente con la legislación ambiental de Uganda, en particular **la Ley de Medio Ambiente de 2019**, que exige medidas de mitigación transparentes. Emisiones como las de dióxido de azufre y amoníaco se controlarán mediante tecnología avanzada, mientras que los líquidos y residuos sólidos se tratarán antes de su disposición final para cumplir con los estándares internacionales.

La planta de amoníaco utiliza procesos que utilizan tecnología de captura de carbono, lo que reducirá aún más la huella ambiental. Este enfoque coherente no sólo fortalece la aceptación social del proyecto, sino que establece la compleja tecnología como un proceso responsable y eficiente.

En términos de estándares de calidad, la **Oficina Nacional de Estándares de Uganda (UNBS)** monitoreará la producción de fertilizantes para garantizar que cumplan con los requisitos críticos para los mercados nacionales y extranjeros, y proporcionen empleo que tenga una sólida reputación en la región.

3.2.2.2 Plan Económico

3.2.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)

El CAPEX total asciende a **260 millones de dólares** e incluye:

- **Planta de Fertilizantes NPK:** Infraestructura para mezcla, granulación y empaquetado. Costo estimado: **90 millones de \$.**
- **Planta de Obtención de Amoníaco:** Implementación del proceso Haber-Bosch con sistemas avanzados de producción de hidrógeno mediante electrólisis. Costo estimado: **150 millones de \$.**
- **Infraestructura Logística y Almacenamiento:** Mejoras en la conexión ferroviaria, silos, depósitos y sistemas auxiliares. Costo estimado: **20 millones de \$.**

3.2.1.3.2 OPEX (Costes Operativos Anuales)

El OPEX total asciende a **32 millones de \$ anuales**, lo que refleja los costes ajustados al tamaño y los requisitos tecnológicos de la planta de fertilizantes. El desglose es el siguiente:

Materias Primas:

- Potasio (50,000 toneladas anuales a 220 €/tonelada): **11 millones de \$.**
- Roca fosfórica (local): **mínimos costes por proximidad.**

Energía y Agua: Electricidad hidroeléctrica y agua para electrólisis y procesos industriales. Costo estimado: **8 millones de \$.**

Mano de Obra: Técnicos especializados y operarios locales. Costo estimado: **5 millones de \$.**

Mantenimiento: Reparaciones, repuestos y actualizaciones. Costo estimado: **5 millones de \$.**

Otros costes operativos: Burocráticos, sobrecostos inesperados, problemas. Costo estimado: **2 millones de \$.**

3.2.1.3.3 Indicadores Financieros

En Uganda, las políticas fiscales recientes favorecen el desarrollo del sector agrícola e industrial, incluyendo la producción de fertilizantes:

- **Exención de Impuestos de Importación para Materias Primas:** A partir de 2022, el gobierno ha eliminado impuestos sobre la importación de materias primas esenciales, como la potasa y el ácido sulfúrico, para apoyar la competitividad de proyectos industriales estratégicos.
- **Participación Estatal:** Según la normativa vigente, el gobierno de Uganda tiene un 15% de participación en operaciones industriales relacionadas con recursos naturales estratégicos, lo que debe considerarse en las proyecciones de beneficios.
- **Incentivos Fiscales:** Uganda ofrece incentivos fiscales significativos para inversiones en sectores clave como la producción de fertilizantes, incluyendo reducciones en impuestos sobre utilidades y beneficios directos en infraestructura.

Payback: Los indicadores calculados para el proyecto, con un horizonte de evaluación de 10 años, y aplicando una tasa de descuento del 12%.

- **Ingresos Anuales:** 75 millones de \$ (basados en una capacidad de producción inicial de 250,000 toneladas anuales de fertilizantes NPK, operando al 90% de capacidad, con un precio promedio de mercado de 300 \$/tonelada) Sale del producto de las toneladas por el precio/ton.

- **OPEX Anual:** 37.5 millones de \$ (incluye costes de materias primas, energía, personal, mantenimiento y otros gastos operativos).
- **Beneficio Neto Anual Inicial:** 37,5 millones de \$.

Cálculo del Payback:

$$\text{Payback} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Beneficio Neto Anual}} = \frac{260}{37,5} = 6,93 \text{ años}$$

Este proyecto de fertilizantes NPK y amoníaco en Uganda es una inversión viable, con un payback de 6.93 años y respaldo de políticas fiscales favorables. Asegura ingresos sólidos, optimiza costes y fomenta la autosuficiencia agrícola del país.

3.2.3 Ingeniería

3.2.3.1 Equipos involucrados

Este tipo de producción requiere un control preciso de variables como temperatura, presión, nivel y flujo, garantizando tanto la calidad como la seguridad en cada etapa del proceso.

3.2.3.1.1 Equipos y procesos en la planta de Amoníaco

La producción de amoníaco en la planta cercana utiliza el proceso Haber-Bosch, un proceso industrial que produce amoníaco (NH₃) a partir de nitrógeno (N₂) e hidrógeno (H₂) en condiciones controladas de alta presión y temperatura y funciona.

1. **Separador de nitrógeno:** Su función es eliminar el nitrógeno de los gases mediante procesos de absorción por cambio de presión (PSA) o destilación criogénica utilizando sistemas PSA enfriados con materiales absorbentes capaces de retener oxígeno y otros gases, para dar paso al nitrógeno puro.



Ilustración 30: Separador de nitrógeno (90)

2. **Electrolizadores de Agua:** Su función es la de producir hidrógeno mediante electrólisis del agua. Los electrolizadores dividen el agua en hidrógeno y oxígeno utilizando electricidad (en este caso, de origen hidroeléctrico). Se utilizan celdas alcalinas (PEM) para una alta eficiencia.

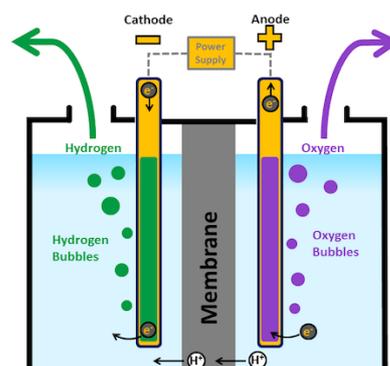


Ilustración 31: Proceso de electrólisis (91)

3. **Convertidores de Haber-Bosch:** Su función es combinar N_2 e H_2 en condiciones de alta presión (150-200 atm) y temperatura (400-500 °C) para producir amoníaco a través de un reactor tubular con catalizador de hierro que promueve la reacción.

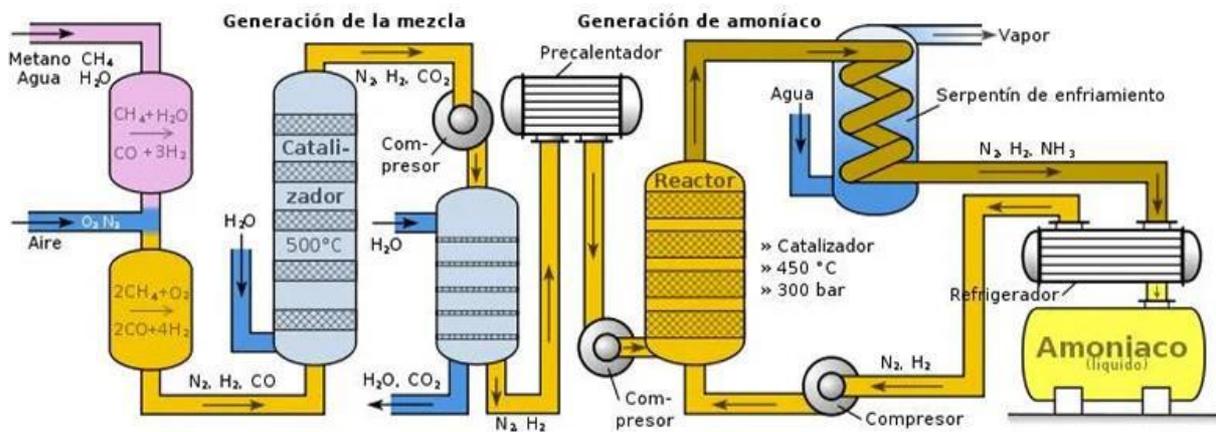


Ilustración 32: Proceso Haber-Bosch (55)

4. **Sistemas de Compresión,** con función de mantener las presiones requeridas en las distintas etapas del proceso. Son compresores de gas centrífugos que manejan grandes volúmenes de gas con alta eficiencia energética.

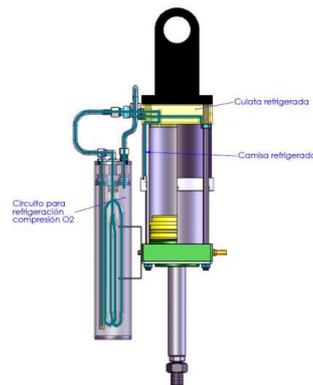


Ilustración 33: Sistema de compresión de oxígeno (92)

5. **Unidades de Enfriamiento y Separación:** Su objetivo es enfriar la mezcla de gases y separar el amoníaco del gas no convertido a través de Intercambiadores de calor y sistemas de refrigeración de amoníaco líquido

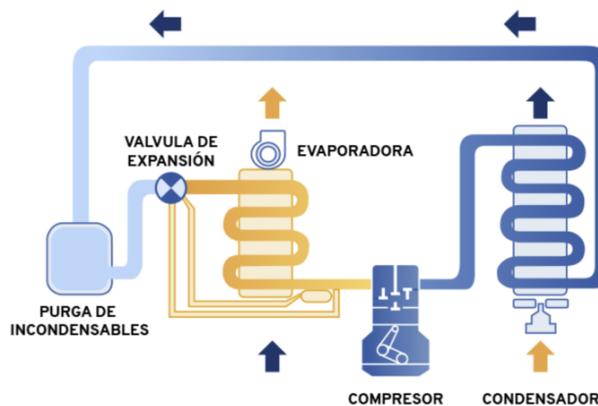


Ilustración 34: Típico sistema de enfriamiento (93)

3.2.3.1.2 Equipos y procesos en la planta de fertilizantes

En la industria de los fertilizantes, cada etapa del proceso, desde el tratamiento químico previo hasta el embalaje final, requiere equipos especializados para todo el tratado del material orgánico hasta su venta final.

1. **Síntesis:** El ácido fosfórico se mezcla con amoníaco para formar fosfatos de amonio como DAP o MAP. Estos reactores de tanque agitado permiten un control preciso de la temperatura y el pH, lo que garantiza velocidades de reacción consistentes y uniformidad del producto.



Ilustración 35: Reactores de tanque agitado (94)

2. **Granuladores Rotatorios:** Convierten la mezcla húmeda en gránulos de nutrientes. Está hecho de barriles giratorios y aspersores que distribuyen uniformemente el agua, lo que permite la creación de bloques pequeños y consistentes de tamaño controlado.



Ilustración 36: Granulador de tambor rotativo (95)

3. **Secadores de Lecho Fluidizado:** Estos secadores eliminan la humedad de los gránulos tras el proceso de granulación. Utilizan un flujo de aire caliente controlado que garantiza un secado uniforme, preservando la estructura y calidad de las partículas.



Ilustración 37: Secadores de lecho fluido (96)

4. **Clasifican los gránulos según su tamaño:** Solo los gránulos que cumplen con las especificaciones pasan a las siguientes etapas, mientras que los fuera de rango son reciclados. Su diseño ajustable permite una separación eficiente y precisa.



Ilustración 38: Criba vibratoria (97)

5. **Sistemas de Recubrimiento:** Este sistema aplica una capa protectora a los gránulos, mejorando la resistencia a la corrosión y haciéndolos más fáciles de manipular. Equipado con equipos de pulverización de precisión, se garantiza una cobertura precisa y uniforme durante todo el proceso.
6. **Sistemas de envasado y almacenamiento:** El sistema de envasado embolsa y almacena los fertilizantes terminados de forma precisa y eficaz. Se desarrolla maquinaria automática que incluye estaciones de carga, pesaje y sellado, preparación optimizada para el transporte y distribución.



Ilustración 39: Envasado de fertilizantes naturales y químicos (98)

3.2.3.2 Procesos

1. Mezcla de Materias Primas

En el proceso de producción de fertilizantes, se combinan cuidadosamente aditivos como ácido fosfórico, amoníaco y potasio para garantizar una composición uniforme de nutrientes.

Se utilizan mezcladores horizontales o de discos para lograr una distribución homogénea. Paralelamente, en la planta de amoníaco, el nitrógeno y el hidrógeno se combinan y comprimen antes de ingresar al reactor Haber-Bosch, donde se sintetiza amoníaco bajo condiciones controladas de temperatura y presión. Este proceso es fundamental para la producción de fertilizantes nitrogenados y permite obtener una base química estable para la formulación de compuestos fertilizantes.



Ilustración 34: Esquema de los procesos (34)

2. Trituración y Desaglomeración

En la planta de fertilizantes se tritura el material aglomerado para facilitar la granulación. Se utiliza una motosierra para obtener partículas uniformes. En la planta de amoníaco, los subproductos y los gases residuales se purifican para mantener un suministro constante de alimentación al reactor.

3. Granulación

El material previamente triturado y mezclado se introduce en el granulador, donde se forman partículas homogéneas, un paso necesario para lograr un alto valor nutricional. Se utilizan granuladores de tambor rotatorio o de disco. Mientras tanto, en la planta de amoníaco, las reacciones químicas en el reactor producen amoníaco en fase gaseosa, que luego se condensa en forma líquida.

4. Cribado Inicial

En la planta de carbón, una parte del producto terminado pasa por un proceso de cribado preliminar para separar partículas y anomalías, que se procesan posteriormente. Al mismo tiempo, en la planta de amoníaco, los gases limpios y residuales se analizan y reciclan en el sistema para lograr la máxima eficiencia.

5. Secado de Partículas

Las partículas de fertilizante granuladas se secan en un secador rotativo para reducir su humedad, mejorando su resistencia y estabilidad durante el almacenamiento. En la planta de amoníaco, el gas producido se enfría y se licua, lo que facilita su manipulación y transferencia a la planta de fertilizantes.

6. Enfriamiento

Luego del secado, las partículas de carbón aún se encuentran a altas temperaturas, por lo que pasan por un proceso de enfriamiento que evita aglomeraciones y facilita su manipulación. En la planta de amoníaco, el amoníaco líquido también se enfría para estabilizarlo antes de utilizarlo en la producción de fosfato.

7. Cribado Secundario

Inspección secundaria de la madera congelada para asegurar que cumple con las especificaciones requeridas. Las partículas marginales se Trituran y se devuelven al proceso de granulación. En el caso del amoníaco, las impurezas restantes se eliminan antes de enviarlo a la refinería de carbón.

8. Recubrimiento de las Partículas

En la industria química se aplican microrecubrimientos adecuados para garantizar la resistencia al agua y la eficiencia. Este recubrimiento también mejora la apariencia del producto final. En la industria del amoníaco, aunque no se realiza ningún recubrimiento, la pureza del amoníaco lo hace compatible con productos químicos posteriores.

9. Embalaje y Almacenamiento

Las partículas de fertilizante recubiertas se almacenan temporalmente en silos antes de ser embaladas en bolsas mediante sistemas automáticos de pesaje y sellado. Estas bolsas están listas para su distribución. En la planta de amoníaco, el producto se almacena en tanques presurizados y se transfiere de forma controlada a la planta de fertilizantes según las necesidades de producción

3.2.3.3 Layout

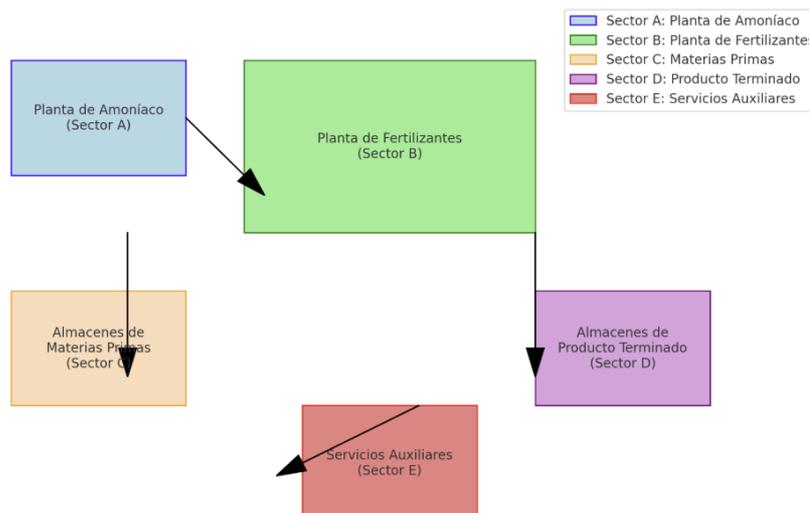


Gráfico 18: Layout del complejo industrial (34)

En el complejo industrial en Tororo, cada sector se ubica de manera que optimice el flujo de materiales y reduzca costes logísticos, facilitando la producción y distribución de fertilizantes compuestos (NPK).

- **Sector A: Planta de Obtención de Amoníaco**

Esta sección está ubicada en un área aislada para garantizar la seguridad debido a procesos de alta presión y manejo de gases inflamables. Su proximidad a la planta de carbón permite la entrega directa de amoníaco por tubería, lo que mejora la calidad interna y reduce el tiempo y el costo de transporte. La proximidad de las conexiones a las fuentes de energía garantiza un suministro continuo para la producción de hidrógeno mediante electrohilado.

- **Sector B: Planta de Fertilizantes**

La planta de fertilizantes se ubica junto a la planta de amoníaco para aprovechar la sinergia entre ambas. Su diseño modular facilita el flujo lineal de procesos desde la mezcla de materias primas hasta el embalaje final. Esto minimiza el desarrollo interno y asegura una producción continua y eficiente, cumpliendo con los estándares de calidad que exige el mercado local y regional.

- **Sector C: Almacenes de Materias Primas**

Para almacenamiento de materiales que están ubicados cerca de las áreas de recepción para que materiales clave como roca fosfórica, potasio y amoníaco se puedan obtener de manera rápida y eficiente. Esta ubicación estratégica reduce los costes logísticos y facilita la alimentación continua de las líneas de producción, asegurando que no haya interrupciones.

- **Sector D: Silos y Almacenes de Producto Terminado**

Esta sección está ubicada al final de la producción para almacenar temporalmente los productos terminados antes de su distribución. Su proximidad a los depósitos proporciona una excelente logística, proporcionando un tráfico rápido a los mercados locales y regionales. Los sistemas de almacenamiento están diseñados para preservar la calidad y simplificar la gestión de inventario.

- **Sector E: Servicios Auxiliares**

Instalaciones de Apoyo Las áreas de apoyo incluyen oficinas de operaciones, oficinas de mantenimiento y áreas de tratamiento de residuos. La ubicación central proporciona un rápido acceso a todas las áreas dentro del edificio, facilitando el mantenimiento, el mantenimiento preventivo y la gestión de recursos. Además, asegura el cumplimiento de la normativa ambiental a través de adecuados sistemas de tratamiento de residuos sólidos y lodos líquidos.

3.2.3.4 CAPEX

Planta de Obtención de Amoníaco: 140 millones de \$.

- Reactores Haber-Bosch y sistemas de alta presión: **40 millones \$.** Sistemas diseñados para sintetizar amoníaco bajo condiciones controladas de alta presión y temperatura.
- Electrolizadores para producción de hidrógeno: **30 millones \$.** Basados en electrólisis utilizando energía hidroeléctrica local, promoviendo sostenibilidad.
- Compresores y sistemas de enfriamiento: **25 millones \$.** Garantizan el transporte y almacenamiento seguro del amoníaco.
- Tuberías y tanques de almacenamiento de amoníaco: **18 millones \$.** Diseñados para manejar gases comprimidos en condiciones seguras.
- Infraestructura de seguridad y control: **15 millones \$.** Incluye válvulas automatizadas, sistemas antiincendios y sensores avanzados.
- Ingeniería y montaje: **12 millones \$.** Supervisión técnica, integración y ensamblaje de los equipos principales.

Planta de Fertilizantes: 90 millones de \$:

- Reactores químicos para fosfatos de amonio (DAP, MAP): **18 millones \$.** Facilitan la reacción química entre amoníaco y ácido fosfórico.
- Granuladores rotatorios y sistemas de mezcla: **14 millones \$.** Forman gránulos homogéneos de fertilizantes con alta calidad.
- Secadores y enfriadores: **12 millones \$.** Disminuyen la humedad y estabilizan los productos.
- Cribas vibratorias y sistemas de recubrimiento: **12 millones \$.** Clasifican y aplican recubrimientos protectores a los gránulos.
- Sistemas de embalaje y almacenamiento: **8 millones \$.** Automatizan el empaquetado y garantizan la preservación del producto.
- Tuberías y conexiones internas: **8 millones \$.** Facilitan un flujo continuo entre las distintas etapas del proceso.
- Ingeniería y montaje: **10 millones \$.** Diseños técnicos, instalación de maquinaria y pruebas operativas.

Infraestructura Logística y General: 20 millones de \$:

- Almacenes y silos de producto terminado: **8 millones \$.** Diseñados para gestionar eficientemente materias primas y productos finales.
- Vías internas y transporte interno: **5 millones \$.** Mejoras en la logística interna del complejo industrial.
- Conexión a infraestructura externa: **4 millones \$.** Incluye accesos a ferrocarriles y redes viales clave.
- Sistemas de servicios auxiliares: **3 millones \$.** Garantizan la disponibilidad de agua, electricidad y gestión de residuos.

Costes Indirectos: 10 millones de \$:

- Diseño e ingeniería del proyecto: **5 millones \$.** Cobertura de planos técnicos y optimización del diseño industrial.
- Licencias y permisos legales: **2 millones \$.** Incluyen autorizaciones de la Autoridad Nacional de Gestión Ambiental (NEMA).
- Capacitación del personal: **1 millón \$.** Formación técnica del personal para el manejo de sistemas avanzados.

- Supervisión y pruebas previas a la operación: **2 millones \$**. Validación y ajustes finales antes del inicio.

Componente	Costo (millones de \$)
Planta de obtención de amoníaco	140
Planta de fertilizantes	90
Infraestructura logística	20
Costes indirectos	10
Total CAPEX	260

Tabla 8: Tabla resumen de CAPEX (34)

3.2.4 Construcción

3.2.4.1 Planificación de la construcción

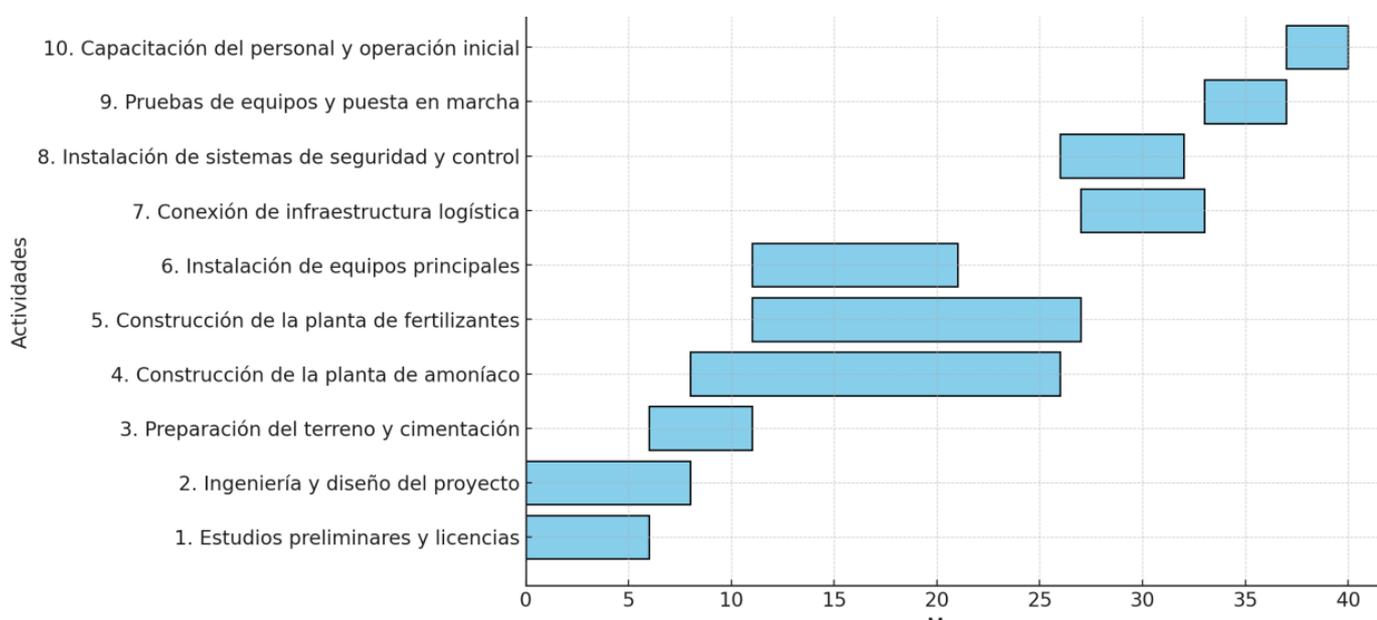


Gráfico 19: Cronograma Gantt de actividades (34)

1) Estudios preliminares y permisos (6 meses): Esta fase inicial incluye estudios de factibilidad, estudios ambientales y obtención de permisos. Es importante asegurarse de que el proyecto cumpla con las regulaciones locales e internacionales.

2) Ingeniería y diseño del proyecto (8 meses): Una vez obtenidos los permisos se realiza el diseño de detalle del complejo. Esta actividad se puede iniciar parcialmente en paralelo a los cursos anteriores para optimizar los tiempos.

3) Preparación del suelo y cimientos (5 meses): Las modificaciones del suelo y cimientos se realizan después del diseño del proyecto.

4) Construcción de una planta de amoníaco (18 meses): La construcción de esta planta, que incluye edificios y sistemas complejos, lleva mucho tiempo. Se podrá iniciar coincidiendo con la construcción de la planta de inyección.

5) Construcción de la planta de cultivo (16 meses): Esta operación se realiza simultáneamente con la planta de amoníaco, ya que ambas son independientes al inicio, pero deben realizarse en paralelo al final.

6) Instalación de equipos básicos (10 meses): Una vez finalizada la configuración de ambas plantas, se instalan equipos básicos como reactores, granuladores y electrolizadores. Este paso requiere una planificación precisa para evitar retrasos.

7) Coordinación logística (6 meses): Se integran plantas con almacenes, silos y sistemas logísticos internos. Se puede realizar simultáneamente con la instalación del equipo.

8) Instalación de sistemas de seguridad y control (6 meses): Incluye sistemas de monitoreo, válvulas de seguridad y controles automatizados. Se realiza después de instalar el equipo para garantizar un funcionamiento seguro.

9) Prueba e inicialización del equipo (4 meses): El equipo se prueba en condiciones controladas para garantizar la eficiencia y la calidad del producto.

10) Capacitación del personal y operación inicial (3 meses): Finalmente, los empleados reciben capacitación en el funcionamiento del equipo y comienzan a fabricar bajo supervisión para mejorar la eficiencia de la producción.

3.2.4.2 Curva S de costes

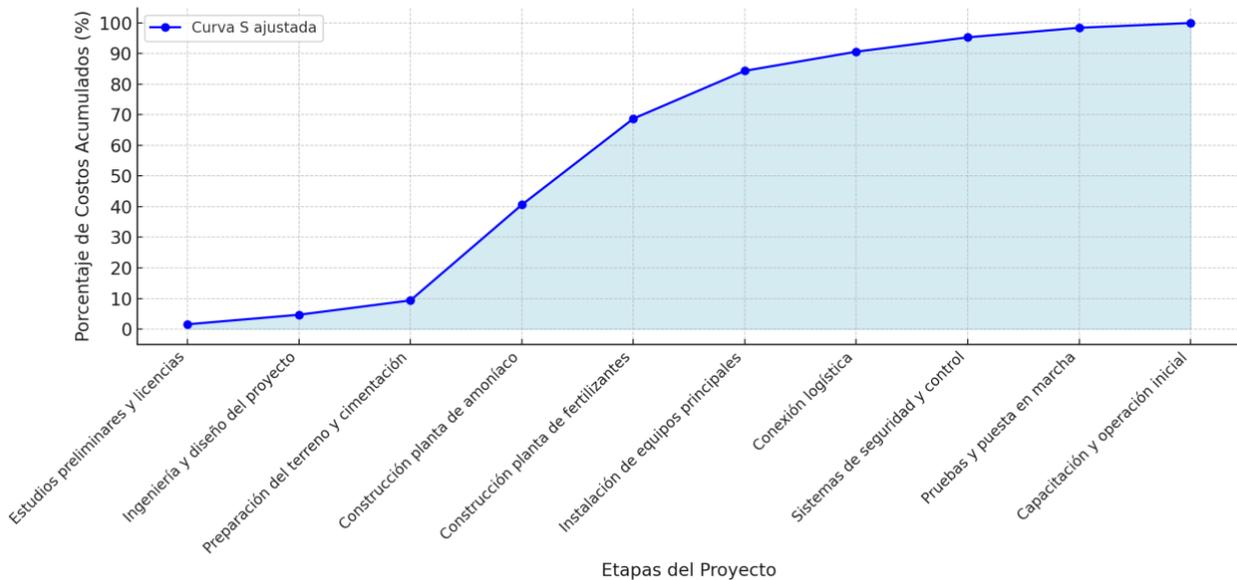


Gráfico 20: Curva S de Costes (34)

La gráfica muestra la **Curva S de Costes** para la construcción de un complejo de fertilizantes en Uganda, con un crecimiento típico de proyectos industriales. Durante la fase inicial (hasta el 20%), los costes son bajos, relacionados con estudios y diseño, mientras que en la fase de aceleración (20%-80%) se concentran los mayores costes por la construcción de plantas e instalación de equipos. En la fase final (80%-100%), los costes se estabilizan con actividades como pruebas y capacitación.

3.2.4.3 Curva S de cronograma

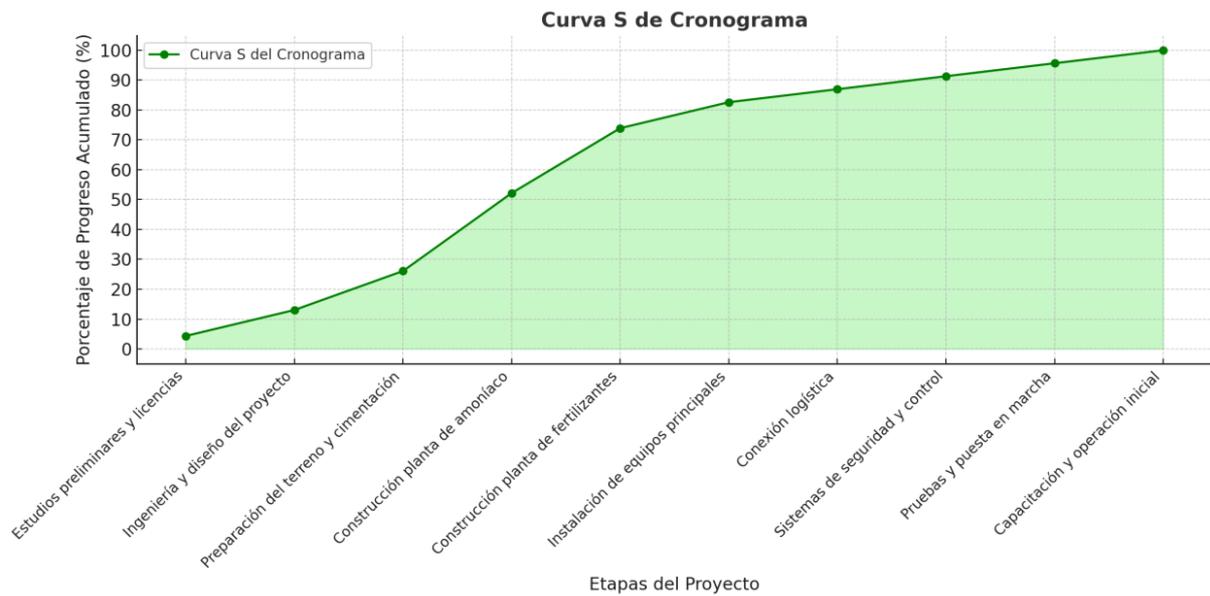


Gráfico 21: Curva S de Cronograma (34)

La gráfica representa la Curva S del Cronograma, mostrando el progreso acumulado de las etapas de un proyecto de fertilizantes en Uganda. En las fases iniciales (estudios, diseño y preparación), el avance es lento, mientras que en las fases de construcción e instalación de equipos principales, se acelera significativamente hasta alcanzar cerca del 80%. Finalmente, en etapas como la conexión logística, pruebas y capacitación, el avance se estabiliza, reflejando un enfoque progresivo y controlado hacia la finalización del proyecto. Esto evidencia una planificación eficiente y estructurada del cronograma.

3.2.5 Operación y mantenimiento

La operación y el mantenimiento de las plantas de amoníaco y fertilizantes NPK en Uganda son esenciales para garantizar su eficiencia, seguridad y longevidad. Estas actividades abarcan desde la operación diaria de equipos como el reactor Haber-Bosch y los granuladores, hasta la implementación de programas de mantenimiento preventivo. En estas plantas, las operaciones continuas son fundamentales para maximizar la producción de fertilizantes de alta calidad y optimizar los costes.

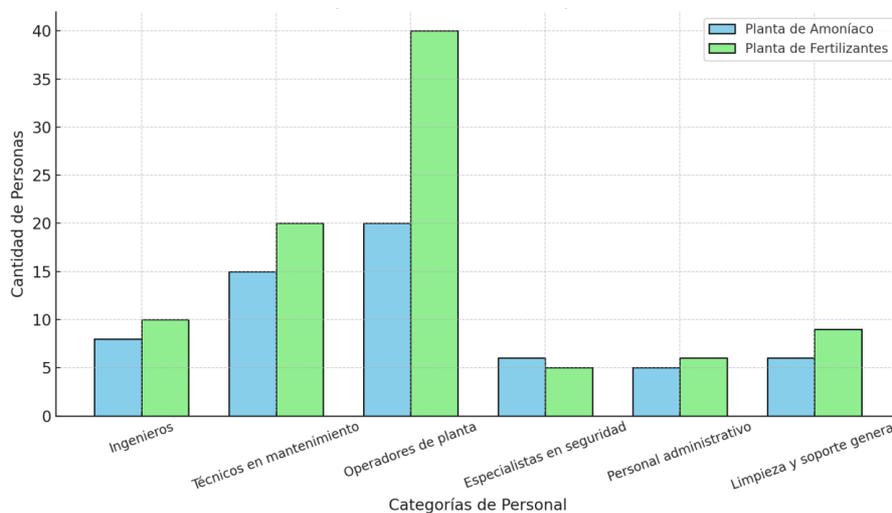


Gráfico 22: Comparación de personal por planta (34)

3.2.5.1 Personal necesario

1. Planta de Obtención de Amoníaco

- Ingenieros de procesos **(8)**: Supervisan la operación de los reactores y optimizan parámetros del proceso Haber-Bosch.
- Técnicos en mantenimiento **(15)**: Mantienen reactores, compresores, sistemas de enfriamiento y tuberías.
- Operadores de planta **(20)**: Monitorean sistemas automatizados y gestionan operaciones en turnos rotativos.
- Especialistas en seguridad y medio ambiente **(6)**: Implementan protocolos de seguridad y supervisan el cumplimiento ambiental.
- Personal administrativo **(5)**: Gestionan logística interna, registros y documentación operativa.
- Personal de limpieza y soporte general **(6)**: Aseguran el mantenimiento general de las instalaciones.
- Total personal para la planta de amoníaco: **60 personas**

2. Planta de Fertilizantes

- Ingenieros químicos y de producción **(10)**: Diseñan y supervisan las etapas clave del proceso, como mezcla, granulación y embalaje.

Gráfico 27: Comparación de personal por planta (34)

- Técnicos en mantenimiento **(20)**: Realizan mantenimiento preventivo y correctivo en equipos clave.
- Operadores de planta **(40)**: Manejan líneas de producción automatizadas en turnos rotativos.
- Especialistas en control de calidad **(8)**: Realizan pruebas y análisis para garantizar estándares de producto.
- Personal de logística y almacén **(12)**: Gestionan la recepción de insumos y distribución de productos terminados.
- Especialistas en seguridad industrial **(5)**: Supervisan y aplican medidas de seguridad.
- Personal administrativo **(6)**: Manejan recursos humanos, inventarios y operaciones internas.
- Personal de limpieza y soporte general **(9)**: Aseguran la limpieza y orden en las instalaciones.
- Total personal para la planta de fertilizantes: **110 personas**

Resumen del Personal Total

Planta de obtención de amoníaco: 60 personas

Planta de fertilizantes: 110 personas

Total para el complejo industrial: 170 personas

3.2.5.2 OPEX

1. Planta de Obtención de Amoníaco: 14 millones de euros anuales

- **Energía y utilidades (hidrógeno y electricidad): 7 millones de \$.** Reducción gracias a optimización en el proceso de electrólisis y la utilización eficiente de electricidad hidroeléctrica local.
- **Mantenimiento de equipos: 3 millones de \$.** Incluye mantenimiento preventivo para reactores, compresores y sistemas de enfriamiento
- **Mano de obra: 2,5 millones de \$,** Personal técnico y administrativo ajustado para un tamaño de planta optimizado.
- **Consumibles y seguridad: 1,5 millones de \$.** Gases auxiliares, productos químicos y equipos de protección personal.

2. Planta de Fertilizantes: 18 millones de dólares anuales

- **Materias primas (potasio y roca fosfórica): 8 millones \$.** Ajuste debido a la optimización en la importación y transporte.
- **Mantenimiento de equipos: 4 millones \$.** Repuestos y servicios técnicos para equipos de granulación, secado y mezcla.
- **Mano de obra: 3,5 millones \$.** Reducción en personal administrativo al centralizar operaciones.
- **Energía y agua: 2 millones \$.** Consumo optimizado de energía para los procesos de granulación y enfriamiento.
- **Logística y embalaje: 0,5 millones \$.** Transporte interno y empaquetado ajustados.

Concepto	Planta de amoníaco (millones de \$)	Planta de fertilizantes (millones de \$)	Total (millones de \$)
Energía y Utilidades	7	2	9
Mano de Obra	2,5	3,5	6
Mantenimiento de Equipos	3	4	7
Materiales Primas	-	8	8
Logística y Embalaje	-	0,5	0,5
Consumibles y Seguridad	1,5	-	1,5
Total anual	14	18	32

Tabla 8: Resumen del OPEX total (34)

3.2.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.

3.2.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 18 millones de \$.

El VAN es una herramienta clave para evaluar la rentabilidad del proyecto, comparando el valor presente de los flujos de caja futuros con la inversión inicial, descontada al 12%. Esta tasa de descuento refleja el riesgo asociado con el proyecto y se utiliza para calcular el valor presente de los flujos de efectivo futuros. Con un CAPEX de 260 millones de dólares, un OPEX anual de 32 millones de \$ y unos ingresos previstos de 75 millones de dólares al año, el VAN proyectado a 10 años alcanza los 18 millones de dólares. Este valor positivo confirma que el proyecto es financieramente viable, capaz de recuperar la inversión inicial y generar retornos adicionales.

$$\text{Ingresos} - \text{OPEX} = 75 \text{ millones} - 32 \text{ millones} = 43 \text{ millones de dólares anuales}$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - C_0 = 18 \text{ millones de dólares}$$

Donde:

- Ft : Flujo de caja neto en el período t .
- r : Tasa de descuento (12% en este caso, $r = 0.12$)
- t : Período en años
- n : Número de períodos (10 años).
- C_0 : Inversión inicial, el CAPEX, que son 28 millones de dólares.

3.2.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 34.01%

La TIR del proyecto que indica el rendimiento anualizado se calcula como 34,01%, superando el costo de capital del 12%. Esto resalta los fuertes flujos de caja y la alta rentabilidad del negocio, lo que lo convierte en una inversión atractiva.

La TIR revela que los ingresos son suficientes para cubrir la inversión inicial, los gastos operativos y ofrece una ventaja competitiva en comparación con otras empresas industriales de la región.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \frac{43}{(1+TIR)^t} - 260 = 34,01\%$$

3.2.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 285,71%

El ROI del negocio alcanza el 285.71%, lo que significa que por cada dólar invertido se generan a cambio unos 2.86 dólares. Estos márgenes de beneficio resaltan la viabilidad económica del negocio, especialmente en mercados emergentes como Uganda. Con un período de seguimiento de la investigación de 10 años, este ROI significa que el proyecto no sólo recuperará la inversión inicial, sino que también generará retornos significativos, impactando positivamente en la economía local.

significativos, impactando positivamente en la economía local. (50)

$$ROI = \frac{\text{Ganancias netas totales}}{\text{Inversión Inicial}} \times 100 = \frac{430}{260} \times 100 = 145\%$$

$$\text{Ingresos totales} - \text{Costos totales} = 750 - 320 - 260 = 430 \text{ millones de \$}$$

3.3 Fábrica de Etanol a partir de caña de azúcar o cultivos de maíz

3.3.1 Contexto

La idea de establecer una planta de etanol en Uganda surge por un lado porque el país depende en gran medida de los **combustibles importados**, incluido el etanol, lo que no sólo eleva los costes para los consumidores, sino que también afecta la balanza comercial. Por otro lado, el país tiene un enorme **excedente de cultivos** como la caña de azúcar y el maíz, que actualmente están subutilizados. Estos cultivos representan una importante oportunidad para agregar valor a la producción agrícola, un sector que representa alrededor del 24% del PIB y emplea al 70% de la población.



Ilustración 35: Ejemplo de una planta de fabricación de etanol (99)

El uso de una **instalación de uso mixto** para la producción de etanol es una propuesta que se ajusta a las necesidades y capacidades nacionales. Esta planta convertirá la caña de **azúcar y el maíz en biocombustibles** estratégicos, proporcionando un suministro constante de materias primas durante todo el año, generando una producción anual de **4 millones** de toneladas de azúcar y **2,5 millones** de toneladas de maíz. Durante la cosecha, la caña de azúcar ofrece altos rendimientos, asegurando una producción eficiente, mientras que el maíz complementa el suministro en temporadas de menor disponibilidad, garantizando continuidad en la operación. Estas flexibilidades mejoran la estabilidad de la instalación, reducen el riesgo y maximizan la capacidad instalada, diversificando así los ingresos.

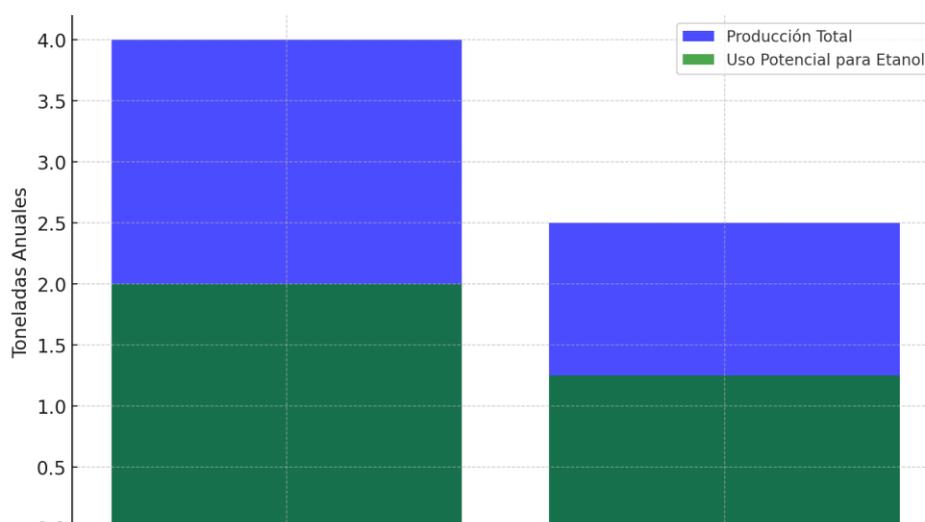


Gráfico 23 : Potencial de cultivos y uso potencial para etanol (34)

3.3.2 Plan de negocios

3.3.2.1 Ubicación y normativa

Ubicación Propuesta: **Jinja, Región de Busoga**

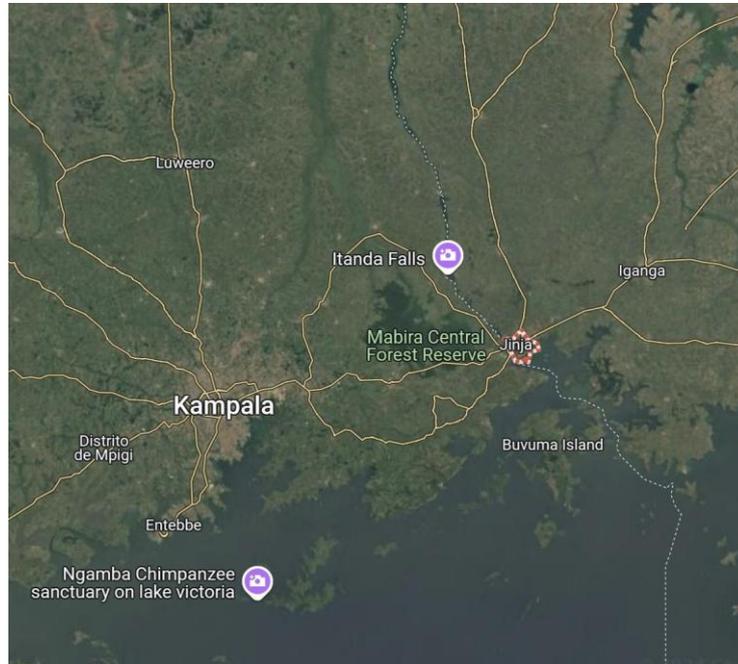


Ilustración 36: Localización propuesta (54)

- Jinja es una de las principales **zonas productoras de caña de azúcar** de Uganda, con una producción anual de alrededor de 4 millones de toneladas. Su ubicación también le permite obtener maíz de zonas de alto rendimiento como Lira y Gulu, lo que diversifica las materias primas y reduce el riesgo de escasez.
- En términos de **transporte**, Jinja está conectada con Kampala y otras ciudades importantes por la autopista Kampala-Jinja, una de las redes de carreteras pavimentadas más eficientes del país. Este sistema facilita el movimiento tanto de materias primas como de productos terminados, reduciendo costes y tiempos de distribución.
- Otro factor importante es el **acceso al agua**. La proximidad de Jinja al río Nilo Blanco proporciona un flujo continuo de agua, esencial para la producción industrial de etanol. Esto, junto con la infraestructura agrícola y de transporte existente, posiciona a Jinja como una ubicación estratégica para esta instalación. En conclusión, Jinja proporciona una ubicación estratégica con acceso a infraestructura clave, una red logística eficiente y un suministro estable de agua, factores esenciales para el éxito operativo y económico de la planta de etanol.. (56)

3.3.2.1.2 Vías de Transporte y Accesibilidad

Uganda enfrenta un gran desafío en su infraestructura vial: Como vimos anteriormente, la mayor parte de sus carreteras no están pavimentadas. La planta requiere un transporte eficiente y rentable de azúcar y maíz a la fábrica, para reducir los costes y el impacto ambiental. Jinja tiene ventajas de transporte clave que hacen posible este proyecto:

- **Carreteras principales:** la carretera Kampala-Jinja es una carretera pavimentada que une Jinja con Kampala y otras áreas clave. Aunque los caminos rurales hacia los cañaverales no están construidos, las distancias son cortas, lo que permite el uso de vehículos agrícolas pesados que pueden operar en caminos de tierra poco transitables.



Ilustración 37: Mapa de las carreteras de Uganda (100)

- **Transporte ferroviario:** Jinja está conectada al sistema ferroviario nacional, un excelente medio para transportar maíz desde el norte del país. Aunque pequeño, este sistema funciona bien para cargas pesadas y permite un transporte económico de materias primas desde lugares remotos.

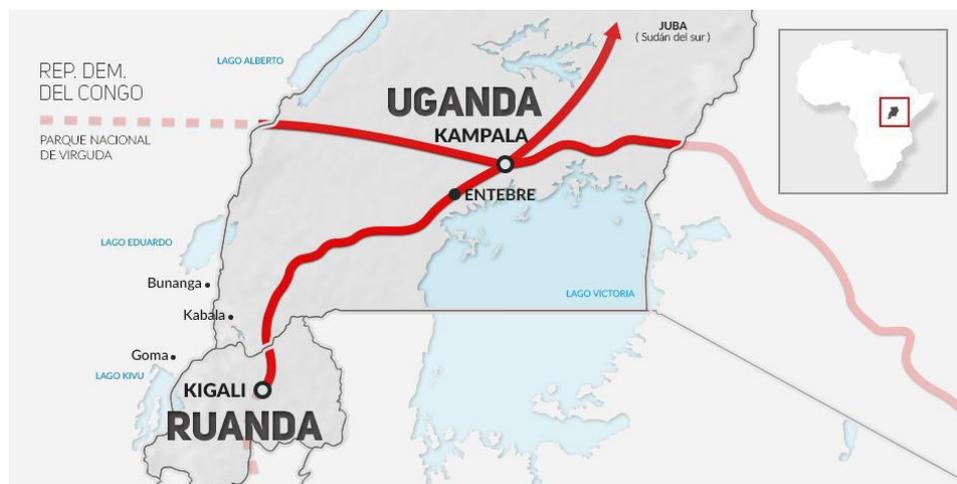


Ilustración 38: Corredor ferroviario (33)

- **Transporte fluvial:** Su proximidad al lago Victoria y al puerto fluvial de Jinja permite considerar la posibilidad de transportar etanol a países vecinos como Kenia y Tanzania a través de rutas fluviales. Esto reduce significativamente los costes logísticos para la distribución internacional.

3.3.2.1.3 Recursos disponibles

1. **Energía:** La planta estará cerca de la central hidroeléctrica de Nalubaale, lo que asegura un suministro

eléctrico estable y continuo para las operaciones industriales. Esto elimina la necesidad de depender de generadores diésel, reduciendo costes y emisiones.

2. **Mano de obra:** Jinja es una ciudad con una población capacitada en actividades agrícolas e industriales. La planta podría emplear directamente a más de 300 trabajadores y crear empleos indirectos para transportistas, agricultores y comerciantes locales.

3. **Infraestructura industrial:** Jinja cuenta con zonas industriales parcialmente desarrolladas que facilitan la instalación de proyectos a gran escala, además de contar con acceso a proveedores locales de servicios de mantenimiento y materiales auxiliares.

3.3.2.1.4 Normativa Vigente y Requisitos

La Agencia Nacional de Gestión Ambiental de Uganda (NEMA) exige la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos industriales, como la instalación de la planta. Esta investigación debe examinar en detalle el tratamiento de los subproductos, incluida la vinaza, los gases de escape y los residuos sólidos, y promover estrategias para optimizar los recursos hídricos y del suelo, permitiendo así que el proyecto sea respetuoso con el medio ambiente.

- **NEMA Uganda:** En términos de beneficios fiscales, Uganda ofrece importantes incentivos para proyectos de agroindustria y energía renovable. Estos incluyen exenciones de derechos sobre maquinaria y equipo importados, así como deducciones fiscales sobre inversiones de capital, lo que mejora los rendimientos económicos de dichos proyectos.



Ilustración 39: NEMA (101)

- **URA:** La obtención de licencias comerciales de la URA (Uganda Revenue Authority) está regulada por el Ministerio de Comercio, Industria y Cooperativas, que regula el establecimiento y funcionamiento de plantas industriales. De manera similar, el Ministerio de Energía y Desarrollo Mineral apoya proyectos que diversifican el sistema energético del país, como la producción de etanol, brindando apoyo técnico y regulatorio.



Uganda Revenue Authority

Ilustración 40: URA (102)

- **Banco Mundial:** Finalmente, el programa de electrificación rural liderado por la Autoridad de Electrificación Rural (REA) apoya proyectos industriales en áreas semiurbanas, asegurando el acceso a infraestructura básica como agua y electricidad, para mejorar la eficiencia de las plantas.



Ilustración 41: Banco Mundial de Uganda (103)

3.3.2.2 Plan económico

3.3.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)

El **CAPEX total asciende a 55 millones de dólares**, lo que representa la inversión requerida para la construcción y equipamiento de la planta de etanol en Uganda. Esta cantidad se distribuye en los siguientes componentes:

- **Infraestructura Civil:** 12 millones de \$ (21.8%). Construcción de la planta de procesamiento de etanol, almacenes de materia prima y áreas de tratamiento de residuos.
- **Maquinaria y Equipos:** 25 millones de \$ (45.4%). Adquisición de fermentadores, destiladores y sistemas de refinamiento para la producción de etanol de alta pureza.
- **Sistemas de Cogeneración:** 10 millones de \$ (18.2%). Instalación de sistemas que aprovechan los residuos de caña y maíz para generar energía y reducir costes operativos.
- **Sistemas de Control y Seguridad:** 3 millones de \$ (5.5%). Implementación de tecnología avanzada de monitoreo y automatización para la optimización de procesos.
- **Ingeniería y Supervisión:** 3 millones de \$ (5.5%). Estudios técnicos, planificación y control del desarrollo del proyecto.
- **Gastos Indirectos:** 2 millones de \$ (3.6%). Costes administrativos, permisos, licencias y otros gastos asociados.

Este plan de inversión garantiza la viabilidad y sostenibilidad de la planta, promoviendo la producción local de biocombustibles estratégicos para reducir la dependencia de importaciones y mejorar la seguridad energética del país.

3.3.2.2.2 OPEX (Costes Operativos Anuales)

El **OPEX total asciende a 32 millones de dólares anuales** (*cantidades explicadas en el apartado propio*)

- **Materias Primas:**
 - **Caña de azúcar y maíz:** Utilización de excedentes agrícolas locales para garantizar un suministro constante.
- **Energía y Agua:**
 - **Cogeneración y electrólisis:** Reducción de costes energéticos mediante el aprovechamiento de subproductos.
 - **Consumo de agua:** Tratamiento y reutilización para optimizar la eficiencia del proceso.

- **Mano de Obra:**
 - **Técnicos especializados y operarios locales:** Formación de personal.
- **Mantenimiento:**
 - **Reparaciones y actualización de equipos:** Mantenimiento continuo de destiladores, fermentadores y sistemas de cogeneración.
- **Otros Costes Operativos:**
 - **Costes administrativos y regulatorios:** Cumplimiento de normativas medioambientales y de seguridad industrial.

3.3.2.3.3 Indicadores Financieros

Las políticas fiscales de Uganda han sido **favorables** para el desarrollo de la industria de biocombustibles, permitiendo que este proyecto tenga ventajas competitivas:

- **Exención de Impuestos de Importación para Materias Primas:**
 - El gobierno ha eliminado los impuestos sobre la importación de equipos estratégicos para la producción de biocombustibles.
- **Participación Estatal:**
 - Según la normativa vigente, el gobierno de Uganda mantiene un **15% de participación** en proyectos estratégicos.
- **Incentivos Fiscales:**
 - Reducción de impuestos sobre utilidades para inversiones en energías renovables e infraestructura industrial.

Payback: El análisis financiero del proyecto, con un horizonte de evaluación de **10 años** y una tasa de descuento del **12%**, muestra los siguientes resultados:

- **Ingresos Anuales:** 75 millones de dólares: (Basado en la producción anual de etanol ajustada a la demanda local y exportaciones).
- **OPEX Anual:** 32 millones de dólares (Incluye costes de materias primas, energía, personal, mantenimiento y otros gastos operativos).
- **Beneficio Neto Anual Inicial:** 43 millones de dólares (**Ingresos - OPEX**).

Cálculo del Payback:

$$Payback = \frac{CAPEX}{Beneficio\ Neto\ Anual} = \frac{55}{43} = 1,28\ años$$

El proyecto de producción de etanol en Uganda es financieramente viable, con un payback de 1.28 años, respaldado por incentivos fiscales y acceso a materia prima local.

La inversión garantiza autosuficiencia energética, reduce la dependencia de combustibles importados y fortalece el sector agrícola, generando empleo y diversificando los ingresos del país

3.3.3 Ingeniería

3.3.3.1 Proceso involucrados

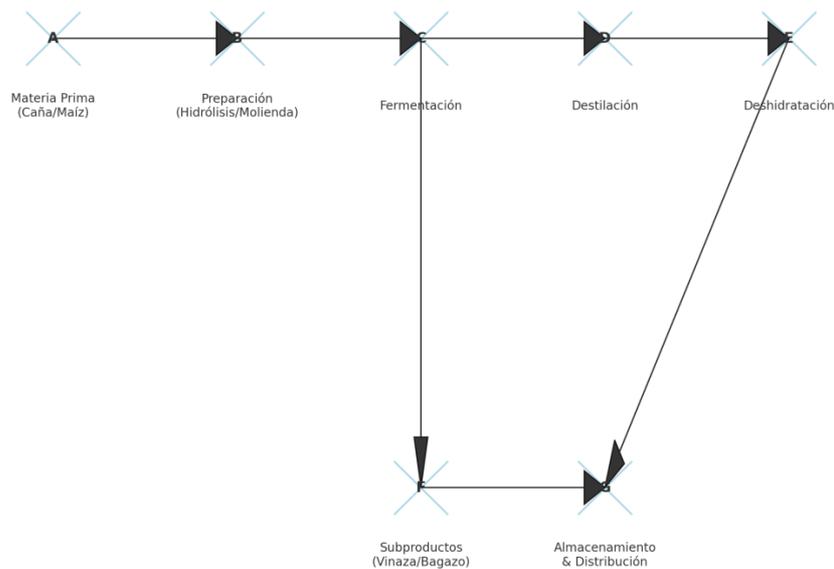


Gráfico 24: Diagrama de procesos para la producción de etanol (34)

1. Preparación de la Materia Prima

Durante esta etapa, las materias primas y el maíz se procesan para producir los azúcares necesarios para la fermentación.

- **Caña de azúcar:** se adopta un proceso de raspado de la raíz para eliminar el jugo que contiene los azúcares volátiles. El bagazo fibroso restante se separa y almacena para su posterior uso como combustible en cogeneración. El filtrado se filtra para eliminar las impurezas antes de enviarlo a los tanques de destilación.
- **Maíz:** El grano se tritura en un molino especial para producir almidón. Luego, este almidón es hidrolizado por enzimas específicas (amilasas), convirtiéndolo en glucosa. Este proceso requiere control de temperatura y pH para un rendimiento óptimo.

2. Fermentación

Convierte el azúcar en etanol mediante la actividad de la levadura. Este paso se realiza en tanques cerrados de acero inoxidable para asegurar condiciones óptimas.

- **Condiciones de Uso:** La fermentación se realiza a una temperatura controlada de 30-35 °C, con un pH ligeramente ácido para activar la levadura. El proceso dura de 48 a 72 horas.
- **Metabolismo del azúcar:** la levadura convierte entre el 90 y el 95 % del azúcar disponible en etanol y dióxido de carbono. Este último se recoge y puede reciclarse o airearse de forma controlada.
- **Subproductos:** Durante el proceso de curación se producen pequeñas cantidades de vinaza y otros ingredientes, que se separan para su manipulación o consumo.

3. Destilación y Deshidratación

Una vez obtenida la mezcla de etanol y agua, conocida como mosto fermentado, este se purifica mediante destilación y deshidratación.

- **Destilación:** Se realiza en columnas fraccionadas donde el etanol se separa del agua y las impurezas por diferencias de punto de ebullición. Se logra una pureza del 95% en esta etapa. Las columnas operan a una presión ligeramente positiva para optimizar el consumo energético.

- **Deshidratación:** El etanol destilado se pasa a través de tamices moleculares para eliminar la última cantidad de agua y obtener etanol anhidro (99.5% de pureza), apto para su uso como biocombustible o en aplicaciones industriales.

4. Manejo de Subproductos

La planta está diseñada para aprovechar o manejar de forma sostenible los subproductos generados durante el proceso.

- **Bagazo de Caña:** Este residuo se seca y se utiliza como combustible en calderas para cogenerar energía térmica y eléctrica, reduciendo los costes energéticos de la planta.
- **Vinaza:** La vinaza, un subproducto líquido rico en nutrientes, se trata en una planta de digestión anaeróbica para reducir su carga orgánica. Parte de esta puede ser utilizada como fertilizante en las plantaciones de caña y maíz.
- **Dióxido de Carbono:** El CO₂ producido durante la fermentación se recoge y puede comercializarse para su uso en la industria de bebidas o procesos industriales.

3.3.3.2 Procesos mecánicos

3.3.3.2.1 Molinos

Para extraer el **jugo de la caña** se utilizarán equipos de última generación con capacidad de 500 toneladas diarias. Estos equipos están diseñados para maximizar el potencial de extracción de azúcar, logrando eficiencias superiores al 90%. Están fabricados en acero inoxidable y cuentan con cuchillas prensadoras regulables que permiten adaptarlas a diferentes varillas optimizando el triturado.

El **bagazo** resultante se extrae automáticamente y se usa posteriormente como **combustible** en las calderas de cogeneración. La caña, una vez cortada en trozos pequeños, se carga en un tándem con cinco tubos fabricados con alambre de acero. Este mecanismo aplica presión para eliminar el agua de la varilla. Durante la molienda se agrega agua caliente para maximizar la extracción de sacarosa de las fibras de la caña. Este método de dilución se llama maceración.

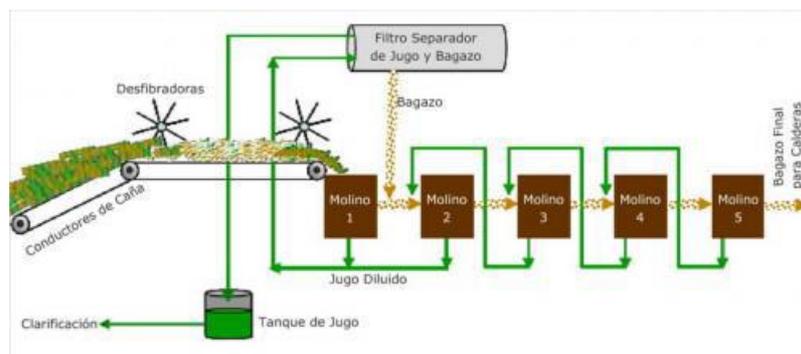


Ilustración 42: Proceso de extracción del jugo del bagazo (104)

3.3.3.2.2 Reactores de Fermentación

Los biorreactores son sistemas cerrados que proporcionan condiciones controladas para el **crecimiento microbiano** y su actividad, permite la manipulación de parámetros como temperatura, pH, concentración de oxígeno, agitación y suministro de nutrientes. Las aplicaciones típicas incluyen biorreactores de tanque agitado, en los que se utilizan palas o impulsores para homogeneizar el contenido y optimizar la expansión del aire, y biorreactores de elevación por aire, que utilizan burbujas de gas para mezclar el medio de cultivo y mantener los nutrientes en suspensión. Estos dispositivos son importantes en aplicaciones de microbiología y fermentación de precisión, ya que permiten células y metabolitos de interés.

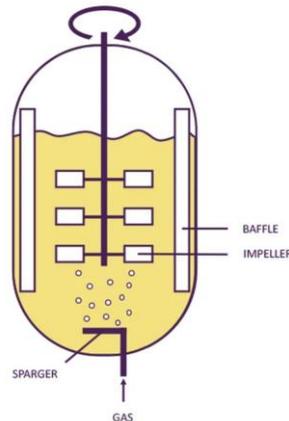


Ilustración 43: Reactor de fermentación (105)

3.3.3.2.3 Columnas de Destilación

La **purificación del etanol** se lleva a cabo mediante columnas de destilación fraccionada de acero al carbono. Diseñadas para operar a presiones moderadas, estas torres tienen bandejas internas que maximizan el contacto vapor-líquido, lo que permite una separación eficiente de etanol y agua. Las columnas de destilación son equipos especializados para la separación de mezclas líquidas en función de diferencias en los puntos de fusión de los componentes. Hay dos tipos básicos: columnas de platos y columnas de relleno.

La **columna de platos** consta de una serie de bandejas horizontales que permiten el contacto del agua y el vapor, permitiendo una separación efectiva. Por otro lado, los materiales empacados cuentan con columnas empacadas que aumentan el contacto entre las piezas, mejorando la transferencia de masa. La elección entre columnas de platos o relleno depende de factores como la naturaleza de la mezcla a separar, las condiciones operativas y la eficiencia del proceso de destilación.

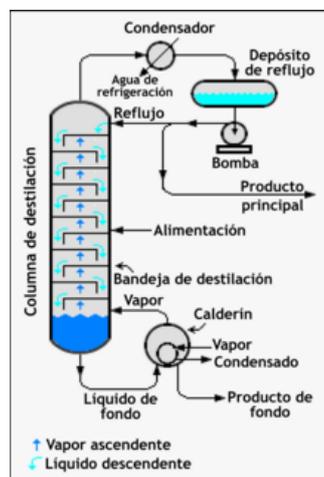


Ilustración 44: Reactor de fermentación (105)

Sistemas de transporte interno: Para trasladar las materias primas y los productos intermedios a la planta se utilizarán cintas transportadoras y sinfines. Los flujos de caña triturada y bagazo se manejarán mediante materiales resistentes a correas, mientras que los sinfines se utilizarán para transportar hoja de maíz y vinaza. Estos sistemas están alojados en una colaboración cerrada, lo que reduce el riesgo de pérdida de material y garantiza una distribución eficiente a las distintas etapas de producción.

3.3.3.3 Ingeniería civil de la obra

El diseño de una planta de etanol considera tres aspectos técnicos claves para mejorar su **operatividad, sostenibilidad y eficiencia**. En términos civiles, se prevé un complejo sistema de almacenes con capacidad de almacenamiento de 20.000 toneladas de caña y 10.000 toneladas de maíz, necesarias para mantener las operaciones en funcionamiento. Las carreteras pavimentadas en el país y la infraestructura de transporte de mercancías, junto con el ferrocarril y el puerto fluvial de Jinja, garantizan el movimiento fluido de mercancías.

Adicionalmente, se incorporan **plantas auxiliares** para el tratamiento de aguas y tratamiento de efluentes, asegurando el cumplimiento de la normativa ambiental. La planta de etanol está diseñada para atender una demanda de 5 MW. La electricidad se generará principalmente en la central hidroeléctrica de Nalubaale, cerca de Jinja.

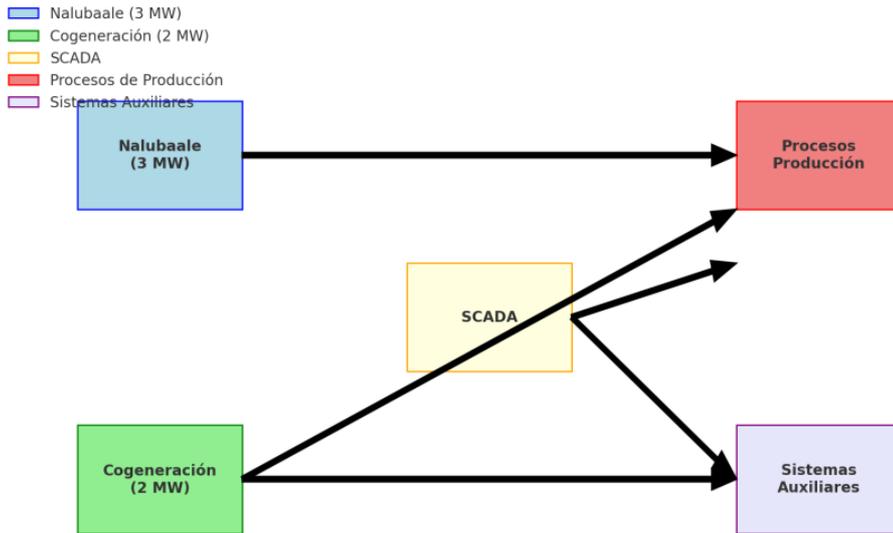


Gráfico 25: Flujo de electricidad en la planta de Etanol (34)

Para mejorar la sostenibilidad y reducir los costes operativos, la planta contará con un sistema de **cogeneración de 2 MW**, alimentado por el bagazo de caña, un subproducto del proceso de molienda.

Este sistema utiliza principalmente calderas de vapor para calentar temperaturas controladas, produciendo vapor de alta temperatura que impulsa una turbina eléctrica. El calor residual se recicla en procesos como la destilación y el secado, lo que aumenta la eficiencia energética y reduce el desperdicio térmico. Esto proporciona un suministro de energía autónomo, lo que reduce los costes operativos y la dependencia de fuentes externas. Desde una perspectiva económica, reduce significativamente los costes de energía y puede facilitar el acceso a incentivos gubernamentales o financiación por el uso de energías verdes.

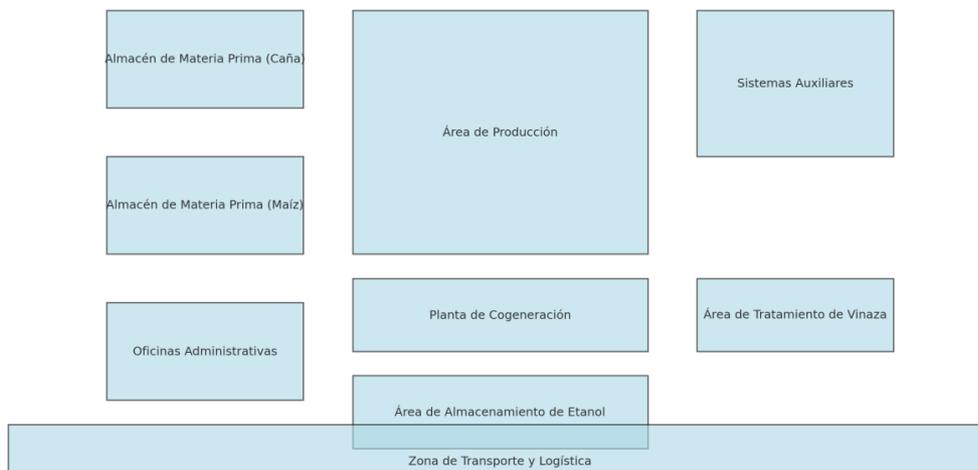


Ilustración 45: Layout de la obra completa (34)

3.3.3.4 CAPEX

Planta de Producción de Etanol: 55 millones de dólares.

- **Infraestructura Civil: 12 millones \$**
 - Construcción de terrenos, cimentaciones y edificios administrativos.
 - Espacios para almacenamiento, oficinas y control de procesos.
- **Maquinaria y Equipos: 25 millones \$**
 - Calderas, sistemas de destilación, fermentadores y tanques de almacenamiento.
 - Equipamiento de alta eficiencia para optimizar la producción de etanol.
- **Sistemas de Cogeneración: 10 millones \$**
 - Implementación de un sistema de cogeneración de 2 MW basado en bagazo de caña de azúcar.
 - Aprovechamiento de residuos agrícolas para la generación de energía térmica y eléctrica.
- **Sistemas de Control y Seguridad: 3 millones \$**
 - Instalación de sistemas de monitoreo de procesos y control de calidad.
 - Implementación de protección contra incendios y sistemas de seguridad industrial.
- **Ingeniería y Supervisión: 3 millones \$**
 - Diseño, planificación y seguimiento del proyecto para garantizar altos estándares de eficiencia.
 - Implementación de procesos industriales y tecnología de última generación.
- **Gastos Indirectos: 2 millones \$**
 - Permisos, licencias, honorarios legales y formación inicial del personal.
 - Costes administrativos y de gestión del proyecto.

Costes Indirectos: 10 millones de dólares.

- **Diseño e ingeniería del proyecto: 5 millones \$**
 - Desarrollo de planos técnicos, optimización del diseño y supervisión industrial.
- **Licencias y permisos legales: 2 millones \$**
 - Cumplimiento de regulaciones ambientales y autorizaciones operativas.
- **Capacitación del personal: 1 millón \$**
 - Formación técnica especializada en procesos de fermentación y destilación.
- **Supervisión y pruebas previas a la operación: 2 millones \$**
 - Evaluación de rendimiento, ajustes finales y certificaciones de calidad.

Categoría	Coste (Millones de \$)	Porcentaje
Infraestructura Civil	12	21,8 %
Maquinaria y Equipos	25	45,4 %
Sistemas de Cogeneración	10	18,2 %
Sistemas de Control y Seguridad	3	5,5 %
Ingeniería y Supervisión	3	5,5 %
Gastos Indirectos	2	3,6 %
Total CAPEX	55	100%

Tabla 8: Tabla resumen de CAPEX (34)

3.3.4 Construcción

3.3.4.1 Planificación de la construcción y cronograma

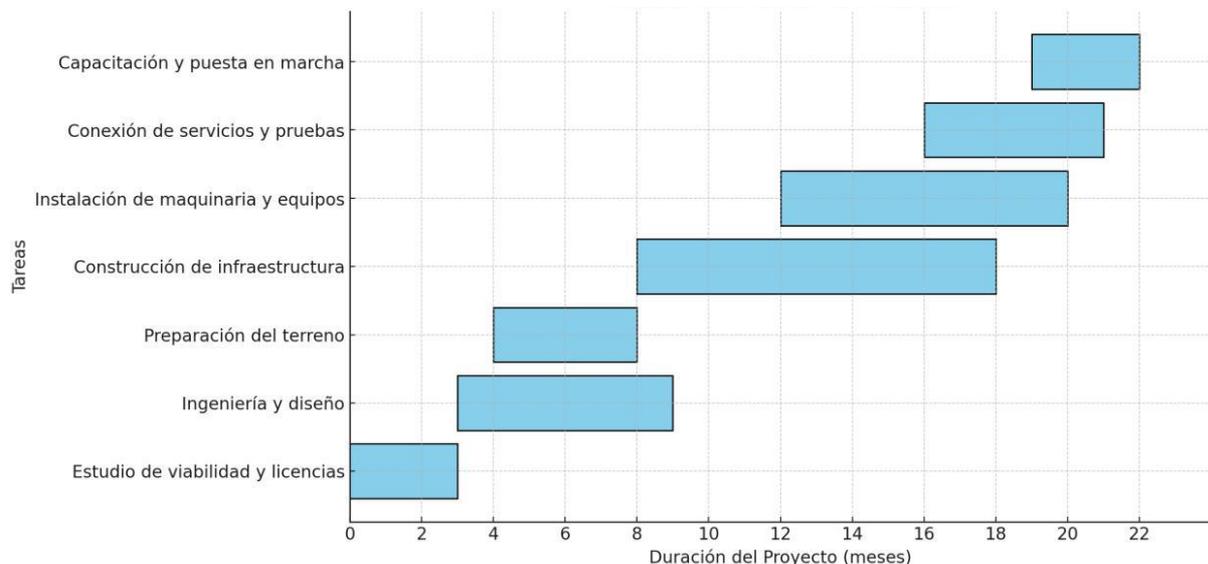


Gráfico 26: Diagrama de Gantt del proyecto (34)

- 1. Estudio de Viabilidad y Licencias (0-3 meses):** Esta etapa inicial es clave para evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto. Además, incluye la obtención de permisos y licencias requeridos por las autoridades, asegurando el cumplimiento normativo.
- 2. Ingeniería y Diseño (3-9 meses):** Se desarrolla el diseño detallado de la planta, especificando equipos, procesos y flujos. Esta fase asegura que la construcción se ejecute con precisión y minimiza problemas durante la operación.
- 3. Preparación del Terreno (4-8 meses):** Incluye actividades como limpieza, nivelación y cimentación, esenciales para establecer una base sólida para la construcción de la infraestructura.
- 4. Construcción de Infraestructura (8-18 meses):** Consiste en la edificación de los espacios necesarios para albergar la maquinaria, oficinas y almacenamiento. Muy crítico por su impacto directo en los tiempos.

5. Instalación de Maquinaria y Equipos (12-20 meses): Incluye el montaje y puesta en posición de los sistemas principales, como fermentadores, destiladores y equipos de cogeneración. La coordinación es clave para evitar retrasos.

6. Conexión de Servicios y Pruebas (16-21 meses): Se instalan conexiones eléctricas, de agua y sistemas auxiliares. Además, se realizan pruebas para verificar que todos los componentes funcionan correctamente.

7. Capacitación y Puesta en Marcha (19-22 meses): El personal recibe formación específica sobre los procesos y equipos de la planta, seguida de una fase inicial de operación para ajustar los sistemas y garantizar la eficiencia.

3.3.4.2 Curva S de costes

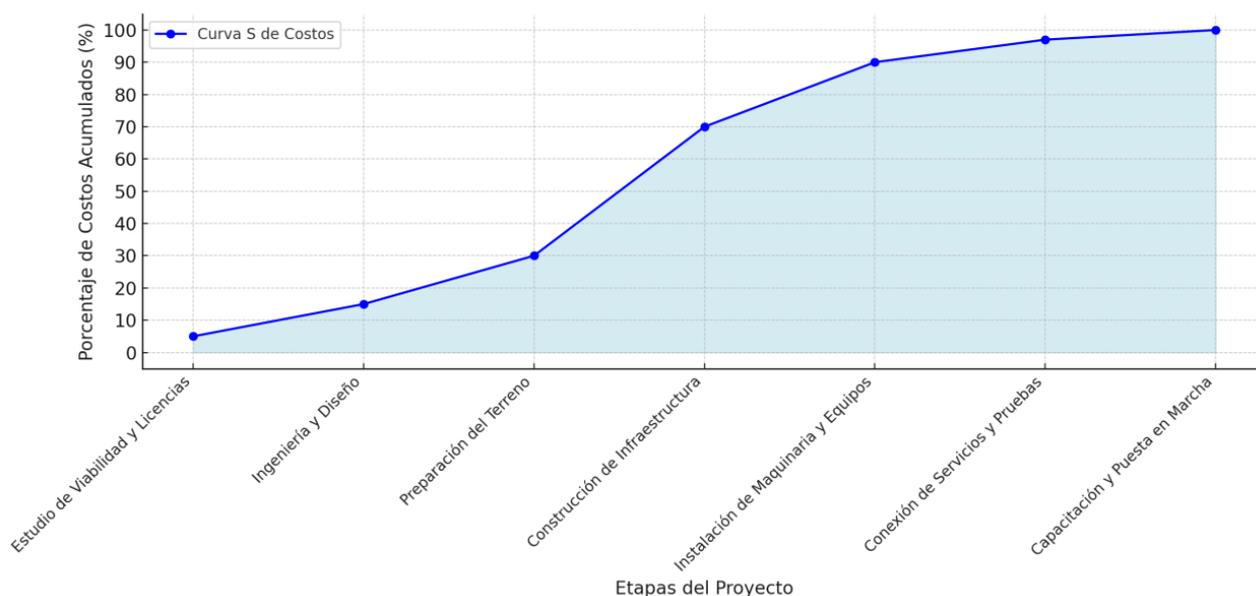


Gráfico 27: Curva S de costo del proyecto (34)

La Curva de Costo S muestra la acumulación gradual de efectivo a lo largo de las fases del proyecto. En las etapas iniciales, como en los estudios de viabilidad y diseño, los costes son bajos debido al enfoque en las actividades de planificación. En el eje X se detallan las **etapas del proyecto**, desde el estudio de viabilidad y licencias hasta la puesta en marcha, mientras que el eje Y muestra el **porcentaje de costes acumulados**.

La curva sigue una trayectoria típica de proyectos industriales, comenzando con una inversión gradual en **ingeniería y preparación del terreno**, seguida de un aumento significativo en las fases de **construcción de infraestructura e instalación de maquinaria**, donde se concentra la mayor parte del CAPEX.

Posteriormente, los costes se estabilizan en las etapas finales de **conexión de servicios, pruebas y capacitación**. Esta distribución refleja una planificación eficiente, donde los recursos se asignan progresivamente para minimizar riesgos y optimizar el flujo financiero del proyecto.

3.3.4.3 Curva S de cronograma

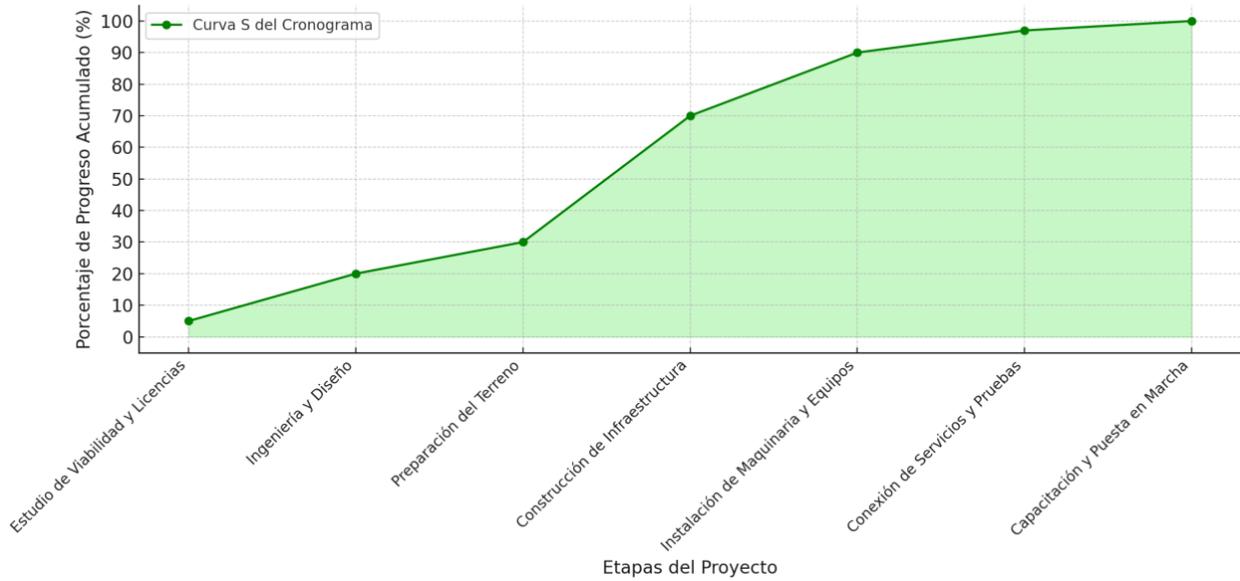


Gráfico 28: Curva S de cronograma (61)

La gráfica muestra la **Curva S del Cronograma**, reflejando el avance acumulado del proyecto de la planta de etanol en Uganda en función de sus etapas. Se observa un crecimiento gradual en las primeras fases, con un progreso lento durante el **estudio de viabilidad, ingeniería y diseño**, alcanzando solo un **20% del total**. Esto es esperable, ya que estas actividades requieren validaciones regulatorias y planificación técnica sin una ejecución física significativa.

A partir de la **construcción de infraestructura e instalación de maquinaria**, el avance del cronograma se acelera notablemente, superando el **70% del progreso acumulado** en esta fase. Este comportamiento es común en proyectos industriales, ya que estas actividades requieren grandes inversiones de capital y recursos humanos, lo que implica que cualquier retraso en esta etapa puede impactar significativamente la fecha de finalización del proyecto.

En la última fase, que incluye **conexión de servicios, pruebas y capacitación**, el crecimiento del progreso acumulado se desacelera, acercándose a la finalización con **más del 90% del cronograma completado** antes de la puesta en marcha. Este comportamiento indica que el proyecto ha logrado un **buen ritmo de ejecución**, evitando cuellos de botella significativos en fases críticas. Sin embargo, también resalta la importancia de una planificación detallada en las pruebas y capacitación, ya que los retrasos en esta etapa pueden afectar la eficiencia operativa y la curva de aprendizaje del personal.

3.3.5 Operación y mantenimiento

3.3.5.1 Personal necesario

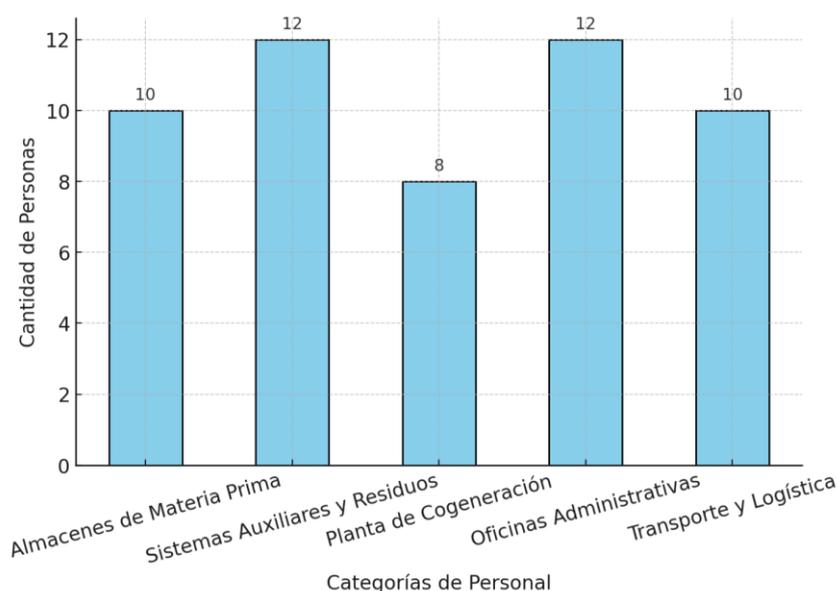


Gráfico 29: Distribución de personal (34)

- **Área de Almacenes de Materia Prima: 10 personas**

El equipo estará formado por 4 operadores de montacargas, 4 cargadores manuales y 2 supervisores. Esta cifra es resultado del manejo diario de importantes cantidades de caña de azúcar y maíz, asegurando un flujo constante a la planta procesadora sin demoras operativas. La incorporación de personal adicional asegura la disponibilidad de recursos para cubrir la capacidad máxima de la instalación, además de la necesidad de cubrirse en caso de bajas, vacaciones...

- **Sistemas Auxiliares y Residuos: 12 personas**

Serían 7 responsables de planificación, 3 responsables ambientales y 2 supervisores para trabajar el área. Dicha cantidad refleja la importancia de los sistemas de tratamiento de aguas y vinazas, que deben cumplir con estrictas regulaciones ambientales. Además, se agrega un administrador adicional.

- **Planta de Cogeneración: 8 personas**

El equipo incluirá 4 operadores de calderas y turbinas, 2 técnicos eléctricos y 2 supervisores. La complejidad del sistema de cogeneración, que genera 2 MW de energía, requiere un equipo más robusto para garantizar el mantenimiento preventivo y la operatividad continua, reduciendo al mínimo el riesgo de fallos.

- **Oficinas Administrativas: 12 personas**

El equipo administrativo estará compuesto por 1 gerente de planta, 3 ingenieros de procesos, 3 responsables de logística, 3 administradores financieros y 2 encargados de seguridad. Este personal adicional responde a la necesidad de coordinar la logística de entrada y salida y gestionar las finanzas del proyecto.

- **Transporte y Logística: 10 personas**

Este equipo estará formado por 6 conductores, 2 técnicos de mantenimiento de vehículos y 2 coordinadores logísticos. Lo realmente complejo de esta fábrica es el poder surtirla constantemente de una entrada de materia prima y luego la distribución del producto final, en condiciones de infraestructura limitadas.

3.3.5.2 OPEX

1. Materias Primas: 14,500,000 \$ anuales para caña de azúcar y maíz.

- Utilización de excedentes agrícolas locales para garantizar un suministro constante de insumos.
- La caña de azúcar representa el 70% de la materia prima, mientras que el maíz cubre el 30% restante, ajustando la producción según la disponibilidad estacional.
- Costes calculados con base en precios promedio locales y volumen de compra para mantener una producción continua de 50 millones de litros de etanol anuales.

2. Energía y Agua: 8,000,000 \$ anuales

- **Cogeneración y electrólisis:** 6,000,000 \$

- Reducción de costes mediante el aprovechamiento de subproductos de caña de azúcar y residuos agrícolas.
- Implementación de un sistema de cogeneración de 2 MW basado en bagazo de caña de azúcar, que permite autoabastecimiento energético.

- **Consumo de agua y reciclaje:** 2,000,000 \$

- Tratamiento y reutilización de agua en circuitos cerrados, reduciendo el desperdicio y optimizando la eficiencia del proceso.
- Implementación de sistemas de filtración y recuperación de condensados para reducir la dependencia del suministro externo.

3. Mano de Obra: 4,500,000 \$ anuales. Son el personal técnico y operarios locales.

- Cobertura de salarios y beneficios para 77 empleados en las áreas de producción, logística, mantenimiento y administración.
- Rotación de turnos operativos 24/7 para garantizar producción ininterrumpida.
- Programas de capacitación técnica y formación en seguridad industrial, con enfoque en procesos de fermentación, destilación y control de calidad.

4. Mantenimiento: 5,000,000 \$ anuales para reparaciones y actualización de equipos.

- Mantenimiento preventivo y correctivo de destiladores, fermentadores y sistemas de cogeneración.
- Reemplazo de piezas críticas, incluyendo válvulas, intercambiadores de calor y bombas de proceso.
- Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones y monitoreo de sensores en tiempo real.

5. Logística y Transporte: 2,500,000 \$ anuales de transporte de materia prima y distribución del etanol.

- Costes asociados a la recolección de caña de azúcar y maíz desde zonas agrícolas hasta la planta.
- Distribución del etanol producido a clientes nacionales e internacionales.
- Consideración de infraestructura vial limitada en Uganda, con inversión en vehículos especializados y rutas optimizadas para reducir tiempos de transporte.

6. Tratamiento de Residuos: 1,500,000 \$ anuales en gestión de vinaza y residuos industriales.

- Implementación de digestores anaeróbicos para tratar la vinaza y generar biogás como subproducto energético.
- Sistemas de reciclaje de agua y tratamiento de efluentes, con reducción de impacto ambiental.
- Monitoreo continuo de parámetros de contaminación y emisiones.

- **7. Otros Costes Operativos: 6,000,000 \$** anuales en costes administrativos y regulatorios.
 - Cumplimiento de normativas medioambientales y de seguridad industrial.
 - Impuestos, seguros y licencias de operación para garantizar la viabilidad legal del proyecto.
 - Costes de auditorías, certificaciones de calidad y permisos de exportación.

Categoría	Costo (Millones de \$)
Materias primas	14,5
Energía y agua	8
Mano de obra	4,5
Mantenimiento	5
Logística y transporte	2,5
Tratamiento de residuos	1,5
Otros costes operativos	6
Total OPEX	32

Tabla 9: Resumen del OPEX total (34)

3.3.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.

3.3.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 18 millones de \$

El Valor Actual Neto (VAN) se calcula en 187.96 millones de dólares, lo que indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que genera una rentabilidad muy positiva en el horizonte de evaluación de 10 años. La tasa de descuento utilizada es del 12%, reflejando el riesgo financiero del proyecto que aplicamos para los cálculos realizados en Uganda.

$$\text{Ingresos} - \text{OPEX} = 40 \text{ millones} - 10,55 \text{ millones} = 43 \text{ millones de dólares anuales}$$

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - C_0 = 187,96 \text{ millones de dólares}$$

Donde:

- Ft : Flujo de caja neto en el período t .
- r : Tasa de descuento (12% en este caso, $r = 0.12$)
- t : Período en años
- n : Número de períodos (10 años).
- C_0 : Inversión inicial, el CAPEX, que son 55 millones de dólares.

3.3.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 77,94%

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto se estima en 77.94%, un valor muy superior al costo de capital del 12%, lo que demuestra un alto nivel de rentabilidad.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \frac{43}{(1 + TIR)^t} - 55 = 77,94\%$$

El resultado sugiere que el proyecto de etanol en Uganda es una inversión altamente atractiva, con un retorno muy por encima del estándar en proyectos agroindustriales y energéticos en economías emergentes.

3.3.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 681,82%

El Retorno sobre la Inversión (ROI) alcanza 681.82%, lo que significa que cada euro invertido genera 6.81 dólares adicionales en ganancias netas durante la vida útil del proyecto.

$$ROI = \frac{\text{Ganancias netas totales}}{\text{Inversión Inicial}} \times 100 = 681,82\%$$

$$\text{Ingresos totales} - \text{Costos totales} = 750 - 320 - 260 = 430 \text{ millones de \$}$$

Desde un punto de vista técnico, la fábrica se beneficia de su ubicación estratégica en Jinja, cerca de las principales zonas de producción de azúcar y maíz, lo que reduce significativamente los costes logísticos y garantiza un suministro continuo de materias primas. En conclusión, la implementación de una planta de etanol representa una oportunidad estratégica para diversificar la producción de energía, aprovechar los excedentes agrícolas e impulsar el crecimiento económico nacional.

La ubicación en Jinja proporciona materias primas básicas. Desde una perspectiva económica, el proyecto es rentable a largo plazo, con indicadores sólidos como un VAN positivo y una TIR atractiva. Además, la planta creará empleos, mejorará las tecnologías agrícolas y reducirá la dependencia de las importaciones de energía, contribuyendo al desarrollo socioeconómico y ambiental de Uganda.

3.4 Centro de Procesado de Café

3.4.1 Introducción

El desarrollo industrial de Uganda debería centrarse en enfoques que aprovechen sus abundantes recursos naturales y su sólida base agrícola para generar valor agregado y diversificar la economía. Como uno de los principales productores de café de África, el país tiene un gran potencial para posicionarse en el mercado mundial de **café arábigo**. Sin embargo, la principal exportación de granos de café sin procesar limita los posibles beneficios económicos de este sector para Uganda.

En este contexto, la creación de un **Centro de Procesamiento y Exportación de Café** se presenta como una solución clave para cambiar esta situación. Este proyecto agregará valor al café de Uganda a través del tostado, molienda y envasado local, además de facilitar su acceso a mercados internacionales más caros como Europa y América del Norte. La creciente demanda de café especial en estas regiones, donde los consumidores exigen una calidad superior y están dispuestos a pagar precios más altos, contribuye a la rentabilidad económica del centro. El impacto económico será significativo, no sólo a través de la creación de empleos en actividades de fabricación, embalaje y logística, sino también a través de mayores ingresos para los agricultores locales al participar en productos valiosos y útiles.

Este proyecto contribuirá al desarrollo sostenible transformando las actividades agrícolas y aprovechando las exportaciones. En este sentido, la instalación de fabricación encaja perfectamente con los objetivos de desarrollo industrial y es una solución práctica y viable para la industrialización agrícola del país. (57)

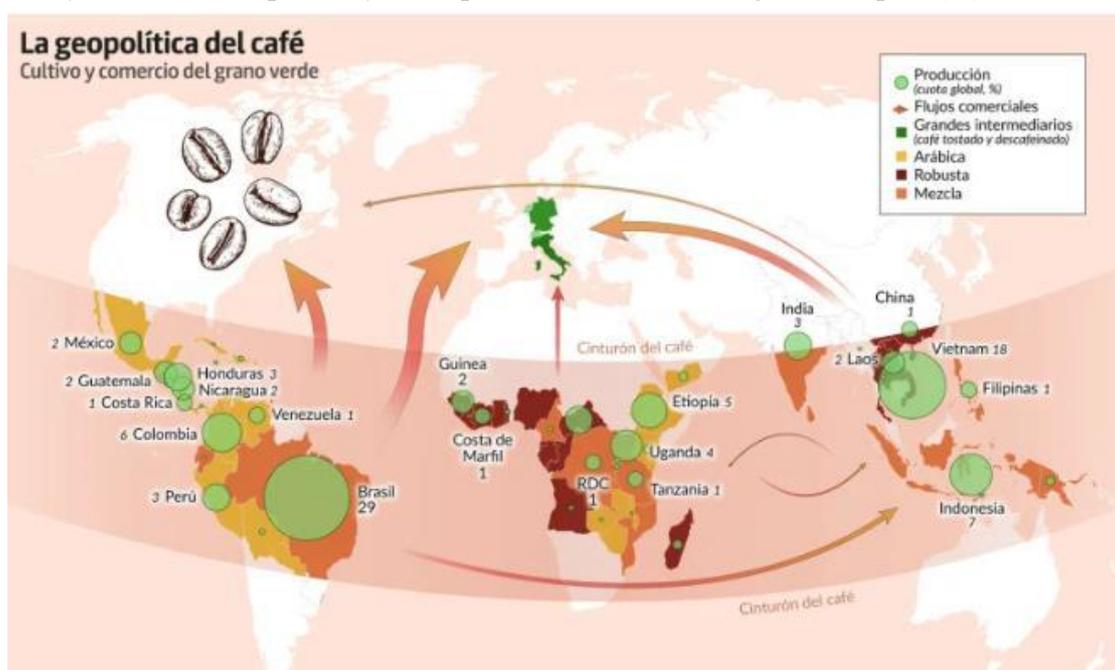


Ilustración 46: Mapamundi con los principales productores de café (58)

Uganda, uno de los mayores productores de café, se ubica en el **Cinturón del Café**, una región ecuatorial que reúne las condiciones óptimas para su cultivo debido a la combinación de altitud, suelos fértiles y un clima estable. A pesar de su importancia en la producción, el mercado global está dominado por intermediarios europeos, como Italia y Alemania, que procesan y distribuyen el producto final, reteniendo hasta el 90% del valor añadido, mientras que los agricultores ugandeses apenas perciben un 2.5% de la ganancia total.

Desde 1990, la producción mundial ha crecido un 75%, impulsada por un consumo en constante aumento, con una tasa de crecimiento anual de entre el 2% y el 2.5%. Este incremento se debe principalmente a la demanda en mercados de alto poder adquisitivo como Europa y Norteamérica, donde el café se ha consolidado como un producto esencial en la vida cotidiana. En este contexto, Uganda sigue desempeñando un papel clave en el suministro global, aunque enfrenta desafíos estructurales que limitan el beneficio de sus productores frente a las grandes corporaciones que controlan la cadena de valor.

El **cambio climático** representa un desafío importante, con predicciones de una reducción del 50% de las áreas

aptas para el cultivo de café para 2050. Esto ha incrementado el interés en la variedad robusta, más resistente a altas temperaturas y plagas, aunque tradicionalmente considerada de menor calidad que la arábica. Vietnam lidera la producción de café robusta, mientras que Uganda tiene una oportunidad estratégica de aprovechar su producción local para transformarla en productos de mayor valor, como café de especialidad. Esto permitiría al país integrarse en cadenas de valor más lucrativas, aumentando los ingresos por exportaciones y fortaleciendo su economía agrícola.

En cuanto a la exportación de café en el mundo, los datos de 2022 de la FAO, Brasil y Vietnam concentran casi la mitad de la producción y comercialización global del grano verde de café. Además de estos países, otros grandes exportadores incluyen a Colombia y Honduras en América, Uganda y Etiopía en África, e Indonesia e India en Asia. En este contexto, Brasil destaca como el líder indiscutible, siendo responsable del 29% de la producción y el 27% de las ventas mundiales de café.

Ideas principales:

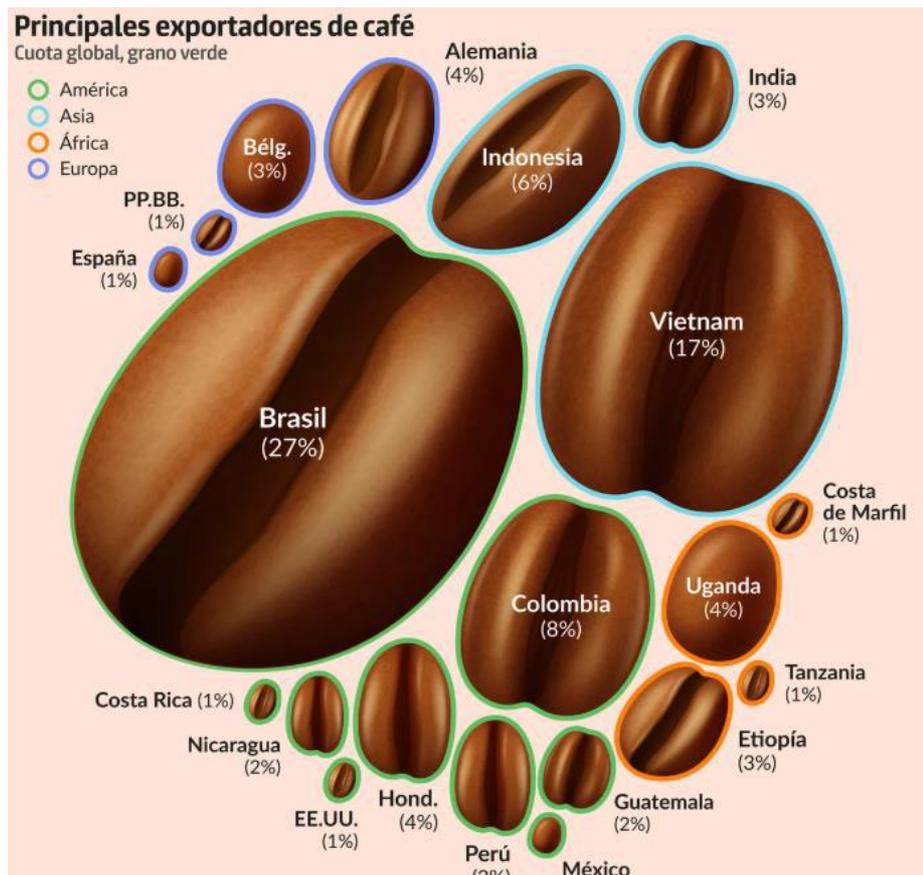


Ilustración 47: Principales productores de café (58)

1. Industrialización y Valor Agregado: Solo el 10% del café ugandés se procesa localmente, lo que reduce sus ingresos. Una planta de producción permitiría agregar valor, mejorar la competitividad y generar empleo, fortaleciendo la economía.

2. Crecimiento del Consumo y Nuevos Mercados: El consumo de café en África está creciendo, con países como Etiopía y Nigeria impulsando la demanda. Uganda puede desarrollar su mercado interno y diversificar sus exportaciones a regiones en expansión.

3. Sostenibilidad y Certificaciones: Certificaciones como Fair Trade y Rainforest Alliance (**Fair Trade** garantiza precios más justos y mejores condiciones laborales para los productores, mientras que **Rainforest Alliance** promueve prácticas sostenibles para proteger la biodiversidad y los ecosistemas.) aumentan el valor del café en mercados premium. Uganda puede aprovechar esta tendencia promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y comercio justo.

3.4.2 Plan de negocios

3.4.2.1 Ubicación y normativa

La propuesta es establecer el centro de procesamiento y exportación de cafés en la ciudad de Jinja, específicamente en una zona industrial cerca del lago Victoria, dentro del **Parque Industrial Njeru**. Esta ubicación ofrece una excelente conectividad con las principales regiones productoras de café del país, como Bugisu y Busoga, que se encuentran a menos de 200 kilómetros de distancia, y proporciona un suministro constante y rápido de materias primas. Además, Jinja ha desarrollado infraestructuras, como el acceso directo a la autopista A-109 que une Kampala y el acceso al puerto de Mombasa, facilitando el movimiento de mercancías a los mercados internacionales.

La **proximidad del lago Victoria** también abre el acceso al transporte fluvial, una alternativa que respalda las rutas terrestres en un país donde sabemos que sólo el 25% de las carreteras están pavimentadas, lo que hace que los costes del transporte sean más eficientes. Jinja cuenta con infraestructura básica como electricidad y agua, que son esenciales para el funcionamiento de la fábrica. Es particularmente importante resaltar su proximidad a la **presa hidroeléctrica de Nalubaale**, que proporciona energía estable para actividades como tostado, molienda y enfriamiento de café, y reduce los riesgos asociados.

El espacio dentro del Parque Industrial Njeru permite la implementación y adaptación desde el almacenamiento en condiciones controladas hasta las áreas de procesamiento y carga. Además, su diseño incluirá instalaciones de carga y descarga optimizadas para mejorar transporte de camiones y contenedores. La ubicación también facilita la contratación de personal cualificado, gracias a la universidad y los centros técnicos de la región, lo que garantiza que los empleados tengan las habilidades necesarias para operar una empresa agrícola de este tipo.

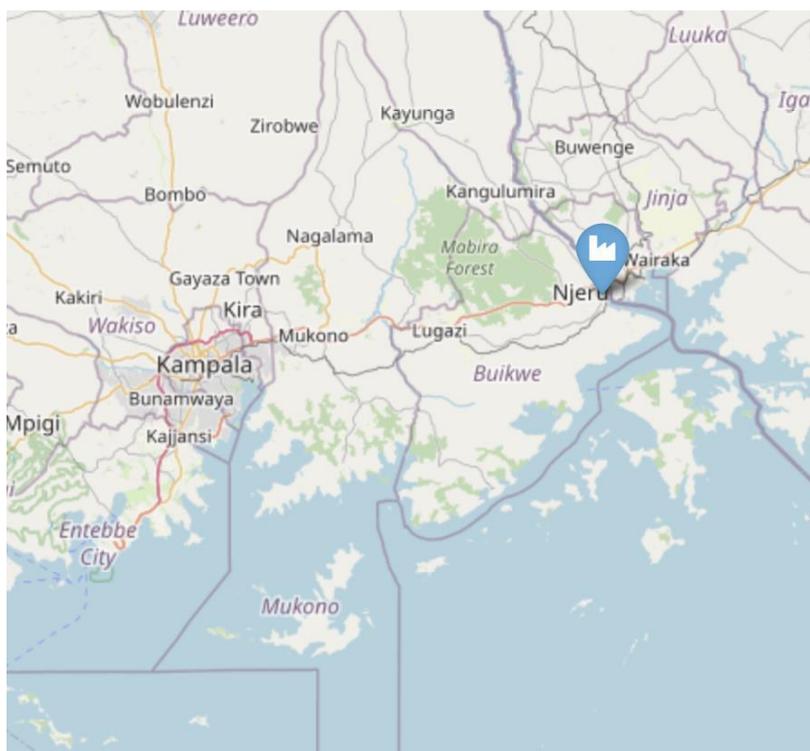


Ilustración 48: Localización de la planta (54)

3.4.2.1.2 Normativa Vigente y Requisitos

En cuanto al marco regulatorio, el proyecto seguirá las directrices establecidas por la **Agencia Nacional de Gestión Ambiental (NEMA)**, incluida la realización de una evaluación de impacto ambiental que controle el manejo de residuos sólidos y lodos de las plantas procesadoras de café. Además, la fábrica debe cumplir con los estándares de exportación estipulados por la **Autoridad de Desarrollo del Café de Uganda (UCDA)**, que supervisa la calidad del café exportado al mercado internacional.

Finalmente, los incentivos fiscales promovidos por la **Autoridad Tributaria de Uganda (URA)**, como la exención de impuestos a la maquinaria importada, son clave para reducir costes y garantizar la eficiencia financiera. La Autoridad de Desarrollo del Café de Uganda (UCDA) desempeña un papel clave en la regulación y promoción del café de Uganda, supervisando toda la cadena de valor, desde la producción hasta la exportación. Su incorporación al Ministerio de Agricultura para 2024 exige una mayor coordinación de las políticas agrícolas nacionales.

3.4.2.2 Plan económico

3.4.2.2.1 CAPEX (Inversión Inicial)

El CAPEX total estimado para la construcción y operación del **Centro de Procesamiento y Exportación de Café de Especialidad en Uganda** asciende a **14 millones de dólares**. Esta inversión estratégica permitirá agregar valor a la producción local, fortalecer la competitividad en el mercado internacional y diversificar la economía del país. La distribución del CAPEX es la siguiente:

- **Infraestructura Civil:** Construcción de instalaciones para procesamiento, almacenamiento y oficinas administrativas.
- **Maquinaria y Equipos:** Adquisición de sistemas especializados para tueste, molienda, empaquetado y refrigeración, esenciales para garantizar la calidad del producto final.
- **Sistemas de Logística y Energía:** Instalación de redes internas de transporte de insumos y productos, además de conexiones energéticas fiables, aprovechando la proximidad de la presa de Nalubaale para un suministro estable y sostenible.

Esta inversión no solo permitirá mejorar la cadena de valor del café ugandés, sino que también reducirá la dependencia de exportaciones de **grano verde**, maximizando los ingresos por cada tonelada procesada.

3.4.2.2.2 OPEX (Costes Operativos Anuales)

El OPEX anual estimado para la planta de café se calcula en **2.8 millones de dólares**, reflejando los costes esenciales para mantener las operaciones y garantizar una producción eficiente. El desglose es el siguiente:

- **Materias Primas:** Compra de **café crudo a productores locales**, fomentando el desarrollo agrícola interno y asegurando un suministro estable de alta calidad.
- **Energía y Mantenimiento:** Costes asociados al funcionamiento de la planta, con medidas de **eficiencia energética** y mantenimiento preventivo de maquinaria especializada.
- **Mano de Obra:** Salarios y beneficios para el equipo técnico y administrativo, asegurando la formación continua y la optimización de procesos.
- **Logística y Distribución:** Transporte del café procesado hacia los mercados de exportación, optimizando rutas y costes para mejorar la competitividad.

Este presupuesto permite garantizar la operatividad de la planta bajo estándares internacionales, asegurando calidad y eficiencia en cada etapa del proceso.

3.4.2.3.3 Indicadores Financieros

Uganda ha implementado diversas **políticas fiscales favorables** para el sector agroindustrial, otorgando incentivos estratégicos al procesamiento y exportación de productos con mayor valor agregado.

- **Exención de Impuestos de Importación:** Eliminación de aranceles sobre la adquisición de equipos especializados para la producción y procesamiento de café.
- **Participación Estatal:** La normativa vigente establece que el **gobierno mantiene un 15% de participación en proyectos estratégicos**, garantizando estabilidad en la inversión.
- **Incentivos Fiscales:** Reducción de impuestos sobre sociedades para empresas que invierten en infraestructura agroindustrial y exportaciones.

Análisis Financiero: El estudio económico del proyecto, basado en un **horizonte de evaluación de 10 años** y una **tasa de descuento del 12%**, arroja los siguientes resultados:

- **Ingresos Anuales:** 93 millones de euros (procesamiento de **10,000 toneladas** de café a un precio promedio de **9,300 dólares por tonelada**).
- **OPEX Anual:** 2.8 millones de dólares (incluye materias primas, energía, mantenimiento, logística y salarios).
- **Beneficio Neto Anual:** 90.2 millones de dólares (Ingresos - OPEX).

Cálculo del Payback:

$$\text{Payback} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Beneficio Neto Anual}} = \frac{14}{90,2} = 0,16 \text{ años (2 meses)}$$

El Centro de Procesamiento y Exportación de Café de Especialidad en Uganda es un proyecto rentable y viable, con un payback estimado en aproximadamente **2 meses**, gracias a su acceso directo a materia prima local y los incentivos fiscales que reducen costes operativos. Esta inversión permitirá transformar el café ugandés, agregando valor en el país en lugar de exportarlo como grano sin procesar, lo que aumentará su competitividad en mercados internacionales. Además, fortalecerá la industria cafetalera local, generando empleo en producción, logística y comercialización, al tiempo que diversifica los ingresos del país y mejora la estabilidad económica de los productores.

Sin embargo, un período de recuperación tan corto puede ser optimista, ya que factores como la consolidación de exportaciones, la adaptación a la demanda y los costes logísticos pueden influir en la **rentabilidad real**. Es clave considerar un escenario más conservador, a lo mejor de 1 año.

3.4.3 Ingeniería

3.4.3.1 Equipos y procesos

3.4.3.1.1 Recepción y Almacenamiento de Materia Prima y logística

Recibir y almacenar materias primas es el primer paso importante en el proceso de producción del café, ya que garantiza la calidad y la entrega continua. En esta industria, los granos de café verde se importan de zonas productoras cercanas, como Bugisu y Busoga, mediante una combinación de transporte terrestre y fluvial. Con la escasez de carreteras pavimentadas, se intentará optimizar las principales vías que conectan las zonas agrícolas con la fábrica, se priorizan las carreteras pavimentadas y se utiliza camiones de mediana capacidad para transportar el café a la fábrica, además de operar cruceros fluviales desde el lago Victoria siempre que sea posible.



Ilustración 49: Proceso completo de exportación (107)

En las instalaciones hay una zona de recepción equipada con una **báscula automatizada** para pesaje de camiones y programas de muestreo preliminar que indican la calidad de cada lote. Este proceso incluye pruebas para evaluar la humedad, tamaño y uniformidad de los granos, asegurando que cumplan con los estándares requeridos para el procesamiento. Los lotes aprobados se registran digitalmente mediante un sistema de gestión de inventario (ERP) que rastrea su ubicación y posición en el almacén.

El almacenamiento se realiza en **silos especiales** donde se controla la temperatura y la humedad para mantener la calidad del café verde. Estos silos están diseñados para almacenar hasta 5.000 toneladas de café en óptimas condiciones, evitando el deterioro del grano mientras aún está en planta. El suministro de aire controla la humedad relativa del aire, mientras que los sensores incorporados monitorean las condiciones internas y alertan de cualquier anomalía.

3.4.3.1.2 Limpieza y Clasificación

La forma en que se prepara y clasifica el café es clave para garantizar la calidad del café antes de tostarlo. Este proceso garantiza que los granos de café verdes estén libres de impurezas y sean uniformes, lo cual es fundamental para lograr un producto final de alta calidad. La limpieza preliminar se realiza con **separadores vibratorios**, que eliminan partículas como piedras, ramas y otros escombros no deseados. Estos elementos funcionan mediante vibración controlada que separa las impurezas mediante diferencias de peso y masa.



Ilustración 50: Separador vibratorio (108)

Posteriormente se utilizan **clasificadores ópticos**, que son dispositivos de alta precisión equipados con cámaras y sensores avanzados. Estas máquinas utilizan un extractor de aire para detectar y eliminar los granos dañados o descoloridos, asegurando la mejor uniformidad en el lote.



Ilustración 51: Separadores vibratorios (109)

En la clasificación de densidad se utilizan **mesas densimétricas**, que separan los granos según su gravedad específica. Los granos más pesados, generalmente de mayor calidad, se presentan para su procesamiento, mientras que los granos más livianos, a menudo inmaduros o intactos, se recogen para un uso secundario. El proceso está automatizado con sistemas de control centralizados, que permiten ajustar parámetros como la intensidad de vibraciones en separadores o la velocidad de expulsión en clasificadores ópticos.

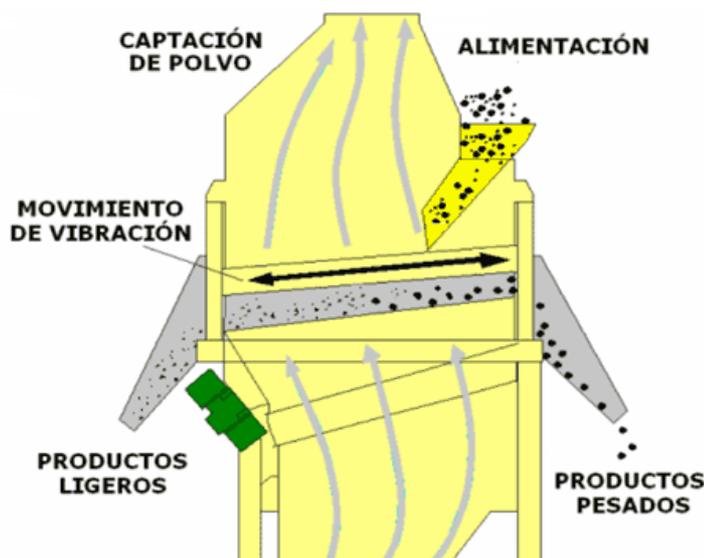


Ilustración 52: Mesa densimétrica (110)

3.4.3.1.3 Tostado

Los posos de café son un ingrediente importante, ya que definen las características finales del producto como aroma, sabor y color. En este proceso, los granos se calientan a una temperatura fija, en el rango de 180 a 250 °C, lo que desencadena importantes reacciones químicas, como la caramelización de azúcares y aceite, y se desprende un aroma.

Para el funcionamiento del tostado, en el interior de la oficina hay **quemadores giratorios** de acero inoxidable, especialmente diseñados para soportar altas temperaturas y garantizar una distribución uniforme del calor en los granos. Estas máquinas cuentan con sistemas de control digital que permiten ajustar parámetros como temperatura, tiempo de tostado y flujo de aire. Esto garantiza la coherencia entre lotes y la capacidad de programar perfiles según las necesidades del cliente. Las tostadoras pueden alcanzar las 2 toneladas por hora.



Ilustración 53: Tipos de tostado del café (111)

El área de tostado está integrada con un sistema de transporte automatizado, minimizando y asegurando la manipulación manual si continúa fluyendo hacia secado o envasado. Este sistema mejora la eficiencia y reduce el riesgo de contaminación.

3.4.3.1.4 Molienda y Empaquetado

La molienda y envasado del café son fundamentales para preparar los granos de café de acuerdo con los mercados de destino, asegurando calidad y conservación en el producto final. En esta etapa se utilizan **granos molidos** para reducción de tamaño y envasado, a los que se les da forma según diferentes granulometrías requeridas para métodos de preparación como espresso, filtro o prensa francesa.

Para la molienda se utilizan **molinos de rodillos** de alta precisión, los cuales están diseñados para mantener uniformes los tamaños de partículas, factor clave para extraer el sabor durante la preparación. Estas máquinas están automatizadas y permiten ajustar fácilmente el nivel de molienda según las necesidades del mercado. Además cuenta con sensores integrados que monitorean continuamente la granulometría, asegurando que el producto cumpla con los estándares requeridos.



Ilustración 54: Molino de cilindros (112)

Posteriormente, los posos de café se transportan al **área de almacenamiento**. En este punto se utilizan sistemas de envasado al vacío o válvulas unidireccionales. El embalaje se puede realizar en bolsas de diferentes capacidades, desde pequeños expositores para uso doméstico hasta expositores más grandes para minoristas.

El **embalaje** está totalmente automatizado, incluyendo el sistema de instalación, sellado y sistema de etiquetado. Como esta línea puede producir hasta 10.000 paquetes por día, el café envasado finalmente se almacena en un ambiente climatizado antes de su distribución.

3.4.3.1.5 Control de Calidad y Almacenamiento

El control del café es una parte importante del funcionamiento de la fábrica, ya que garantiza que cada café cumplirá con los estándares internacionales que exigen los mercados especiales. Este proceso comienza con la recepción de las materias primas, con pruebas preliminares de viscosidad, tamaño y uniformidad, y se extiende a toda la materia prima. Para ello, la instalación cuenta con **laboratorios** de última generación equipados con tecnologías avanzadas como cromatógrafos y espectrofotómetros que permiten el análisis de las propiedades básicas del café.

Además, **catadores certificados** realizan **pruebas sensoriales**, analizando características como sabor, cuerpo y equilibrio, asegurando que cada lote presente el perfil deseado. El almacenamiento también juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad del café. Los granos verdes se almacenan en silos con temperatura y humedad controladas, diseñados para evitar que se echen a perder mientras están en la planta. Para ello, el café procesado y envasado se almacena en zonas climáticas que mantienen condiciones óptimas antes de su distribución. Todo el almacén se gestiona digitalmente, lo que permite realizar un seguimiento de cada lote, optimizando los plazos de entrega y minimizando las pérdidas.

3.4.3.1.6 Gestión de Recursos y Cogeneración Energética

La eficiencia en el uso de materiales es esencial para reducir costes operativos y minimizar el impacto ambiental en la planta de café. Un aspecto clave es el **aprovechamiento de residuos**, como los **posos de café y partículas generadas en la molienda**, que pueden reutilizarse como biomasa para **producir energía térmica y eléctrica**.

Este sistema se basa en el uso de **calderas de biomasa**, donde los residuos se procesan en **pellets** y se queman para generar **vapor de alta presión**. Este vapor se dirige a **turbinas**, permitiendo la producción de hasta **1 MW de electricidad**, suficiente para cubrir una parte importante del consumo energético de la planta. Además, el calor residual se reaprovecha en procesos esenciales como el **secado y la molienda del café**, optimizando aún más la eficiencia del sistema.

Por otro lado, el agua utilizada en la instalación se maneja de forma sostenible mediante un **sistema cerrado de tratamiento de aguas residuales**. Este proceso permite **reutilizar el agua tratada** en actividades internas como la limpieza de equipos, reduciendo el consumo total y asegurando el cumplimiento de normativas ambientales.

En conjunto, la integración de biomasa y el tratamiento eficiente del agua permiten **optimizar los recursos**, reduciendo la dependencia de fuentes energéticas externas y minimizando los residuos. Esto no solo mejora la **rentabilidad y sostenibilidad** de la planta, sino que también refuerza su compromiso con **prácticas ecológicas**. Al disminuir el impacto ambiental y aprovechar al máximo los subproductos del café, se promueve un modelo de producción más eficiente, alineado con las tendencias globales de **economía circular y reducción de emisiones**.

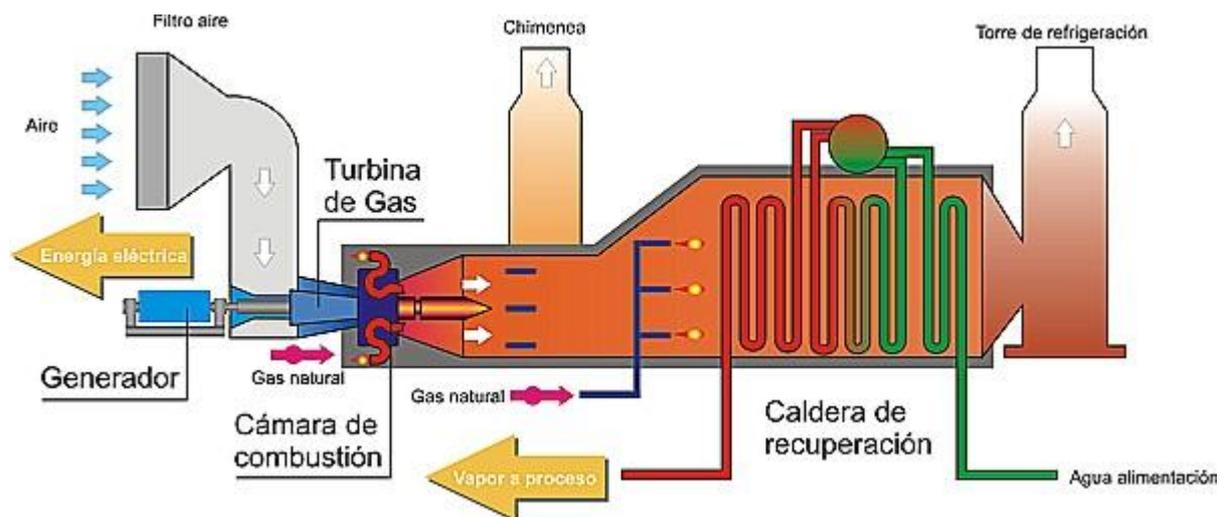


Ilustración 55: Sistema básico de cogeneración (51)

3.4.3.2 Layout

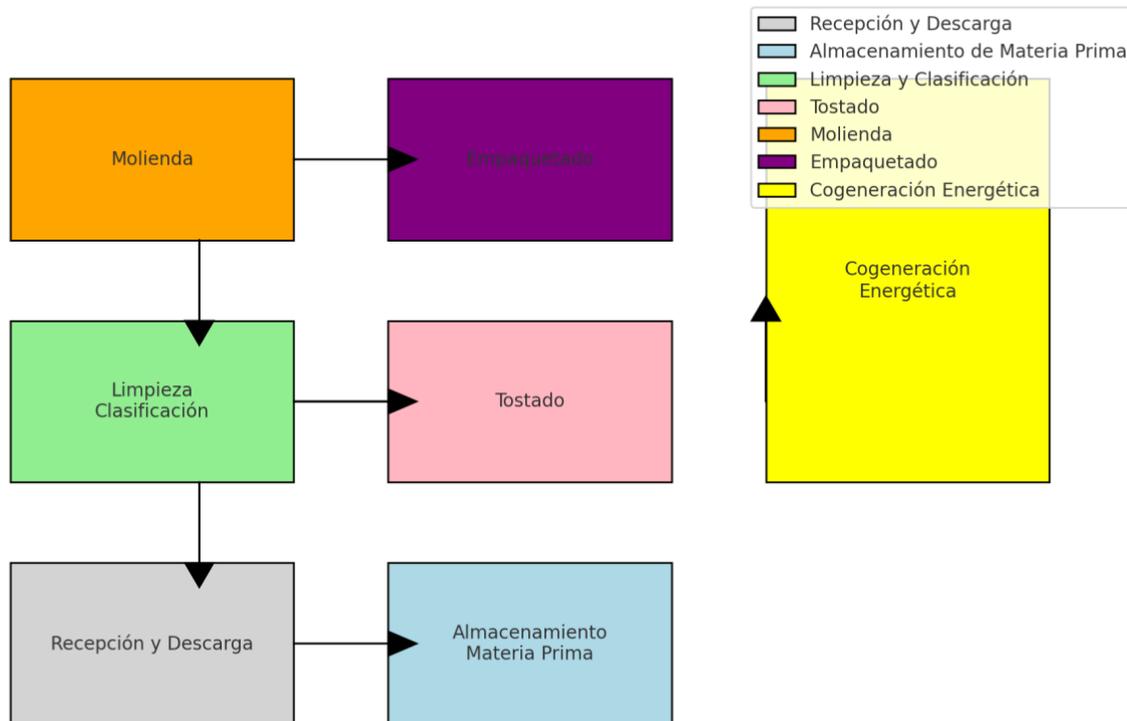


Gráfico 30: Plano 2D de la planta (34)

Partes de la obra:

- **Recepción y Descarga:** 400 m² (20 m x 20 m) → Espacio suficiente para la llegada simultánea de varios camiones y el flujo eficiente de la materia prima.
- **Almacenamiento de Materia Prima:** 750 m² (25 m x 30 m) → Área amplia con ventilación adecuada para mantener las condiciones óptimas del café verde antes de su procesamiento.
- **Limpieza y Clasificación:** 500 m² (20 m x 25 m) → Espacio para equipos de separación, cribado y eliminación de impurezas, asegurando un proceso eficiente.
- **Tostado:** 600 m² (30 m x 20 m) → Zona equipada con sistemas de tostado automatizados y control de temperatura para garantizar perfiles de sabor uniformes.
- **Molienda:** 500 m² (25 m x 20 m) → Espacio con molinos industriales, sistemas de enfriamiento y control granulométrico para distintas presentaciones de café.
- **Empaquetado:** 400 m² (20 m x 20 m) → Área diseñada para el envasado en diferentes formatos, con líneas de sellado y etiquetado automáticas.
- **Cogeneración Energética:** 900 m² (30 m x 30 m) → Planta de biomasa destinada a la generación de energía térmica y eléctrica mediante residuos del café.

Superficie total estimada: 4,050 m² y considerando pasillos, accesos, zonas técnicas y márgenes de seguridad, la planta completa ocuparía entre **4,500 y 5,500 m²**, asegurando una distribución eficiente y optimizada para las operaciones.

3.4.3.4 CAPEX

1) Infraestructura Civil: 5 millones \$:

- **Edificios de procesamiento y almacenamiento (3 millones \$):** Espacios diseñados para garantizar la correcta manipulación y conservación del café en cada etapa.
- **Oficinas administrativas y áreas de control (1 millón \$):** Instalaciones para la gestión operativa y el monitoreo del proceso productivo.
- **Accesos y logística interna (1 millón \$):** Vías internas y zonas de carga y descarga para facilitar el flujo de insumos y productos terminados.

2) Maquinaria y Equipos: 6 millones \$:

- **Sistemas de tueste y molienda (3 millones \$):** Equipos de alta precisión para optimizar el desarrollo de perfiles de sabor y consistencia del grano.
- **Equipos de empaquetado y sellado (2 millones \$):** Maquinaria automatizada para envasado en diferentes formatos, asegurando la frescura del producto.
- **Sistemas de refrigeración y control de calidad (1 millón \$):** Tecnología para la conservación del café y supervisión de estándares de producción.

3) Sistemas de Logística y Energía: 2 millones \$:

- **Redes de transporte interno (0.8 millones \$):** Infraestructura para el movimiento eficiente de insumos y productos dentro de la planta.
- **Conexiones eléctricas y sistemas de respaldo (0.7 millones \$):** Uso de energía proveniente de la presa de Nalubaale y generación alternativa.
- **Optimización del consumo energético (0,5 millones \$):** Implementación de procesos eficientes para reducir costes y mejorar la sostenibilidad.

4) Gastos Indirectos: 1 millón \$:

- **Permisos y licencias operativas (0,4 millones \$):** Cumplimiento de regulaciones locales e internacionales para la producción y exportación de café.
- **Capacitación y formación del personal (0,3 millones \$):** Programas de entrenamiento técnico para garantizar un manejo óptimo de la maquinaria y procesos.
- **Costes administrativos y legales (0,3 millones \$):** Gestión de contratos, impuestos y certificaciones de calidad para acceder a mercados premium.

Categoría	Coste (Millones de \$)	Porcentaje
Infraestructura Civil	5	35.7 %
Maquinaria y Equipos	6	42.8 %
Sistemas de Logística y Energía	2	14.3 %
Gastos Indirectos	1	7.2 %
Total CAPEX	14	100%

Gráfico 31: Tabla resumen de CAPEX (34)

3.4.4 Construcción

3.4.4.1 Planificación de la construcción y cronograma

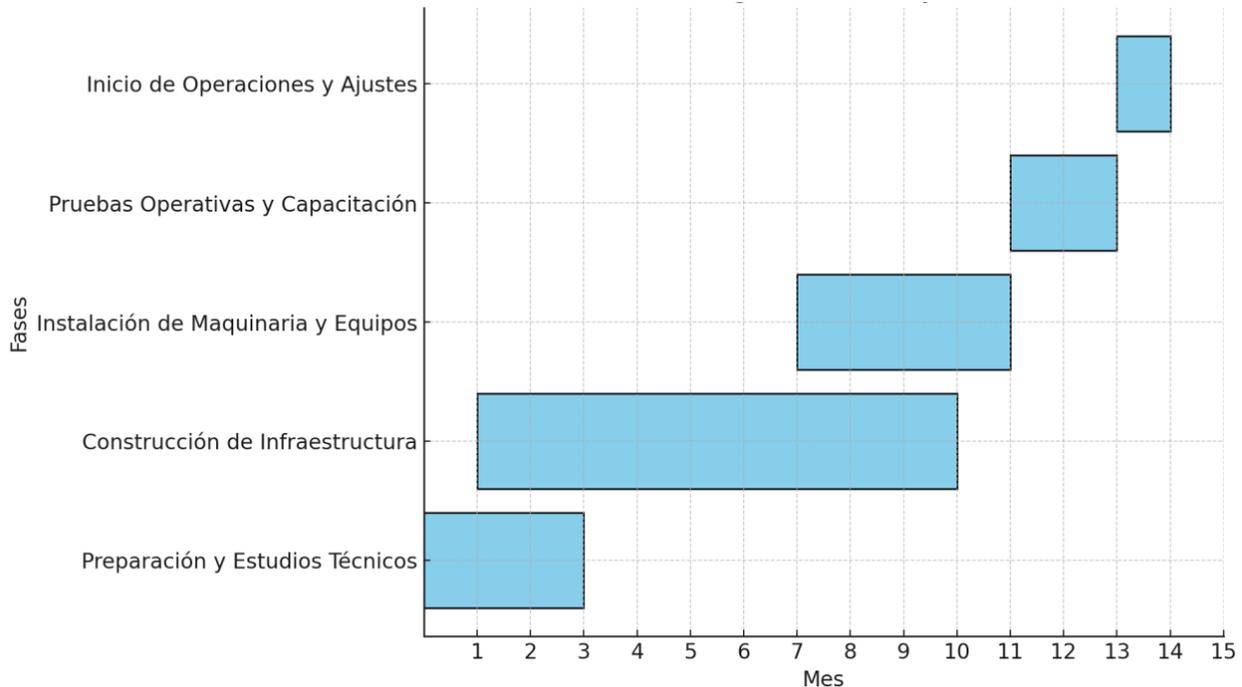


Gráfico 32: Diagrama de Gantt del proyecto (34)

- **Preparación y Estudios Técnicos (3 meses):** Incluye estudios de suelo, planificación arquitectónica y logística, así como la obtención de permisos y licencias necesarias para la construcción. Durante esta fase, se pueden realizar ajustes en el diseño para optimizar costes y eficiencia.
- **Construcción de Infraestructura (9 meses):** Se ejecuta la nivelación del terreno y la construcción de áreas clave como recepción, almacenamiento, procesamiento y oficinas. Simultáneamente, se inician las conexiones básicas de energía, agua y drenaje para evitar retrasos en fases posteriores.
- **Instalación de Maquinaria y Equipos (4 meses):** Se lleva a cabo la colocación y ajuste de equipos esenciales como tostadoras, clasificadoras y molinos. Esta etapa se solapa con la construcción para optimizar tiempos y permitir la puesta en marcha temprana de las pruebas.
- **Conexión de Servicios y Pruebas (2 meses):** Se instalan y prueban las conexiones eléctricas, de agua y demás sistemas auxiliares. Durante este periodo, los equipos pasan por una fase de calibración para garantizar su correcto funcionamiento antes de la producción.
- **Capacitación y Puesta en Marcha (1 mes):** El personal técnico recibe formación específica en la operación de los sistemas automatizados. En paralelo, se producen lotes piloto para ajustar parámetros y asegurar la calidad antes del inicio de operaciones a plena capacidad.

El cronograma se puede optimizar ajustando la **superposición de tareas** y mejorando la **coordinación entre fases**. Si la instalación de maquinaria comienza en áreas terminadas, se podrían reducir semanas en las pruebas operativas. En otros proyectos similares, como en América Latina, la construcción se ha agilizado usando módulos prefabricados, algo que podría aplicarse aquí. También, la capacitación del personal podría iniciarse mientras se instalan los equipos, evitando tiempos muertos. Además, el uso de tecnología para monitoreo en tiempo real permitiría detectar retrasos y hacer ajustes de inmediato.

3.4.4.2 Curva S de costes

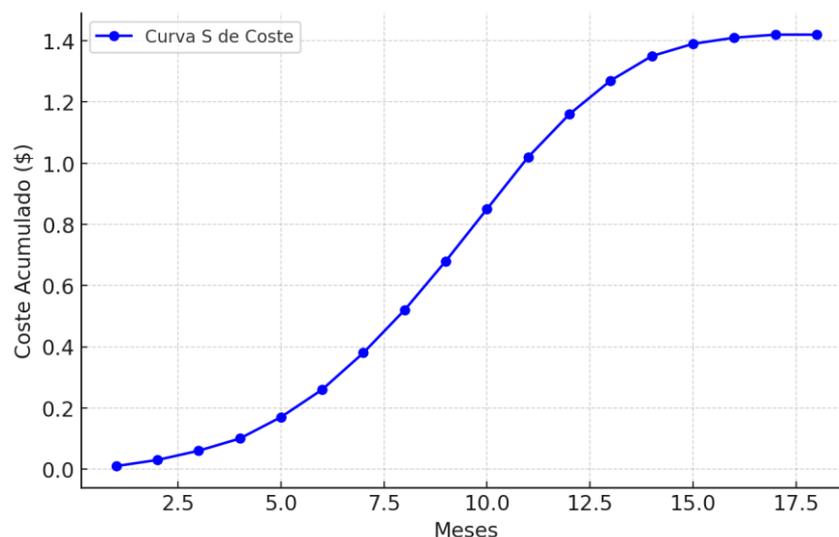


Gráfico 33: Curva S de costes (34)

Durante los primeros meses, el gasto es bajo, concentrado en estudios técnicos y permisos. A partir del mes 5, se acelera con la construcción de infraestructura, incluyendo áreas de almacenamiento y tostado. Entre los meses 7 y 13, el coste crece rápidamente debido a la adquisición e instalación de equipos clave como tostadoras y molinos, que representan la mayor inversión del CAPEX. El pico de gasto ocurre entre los meses 11 y 14, con la integración de sistemas de cogeneración y control de calidad. A partir del mes 15, la curva se estabiliza con costes menores de pruebas operativas y capacitación antes del inicio de operaciones.

3.4.4.3 Curva S de cronograma

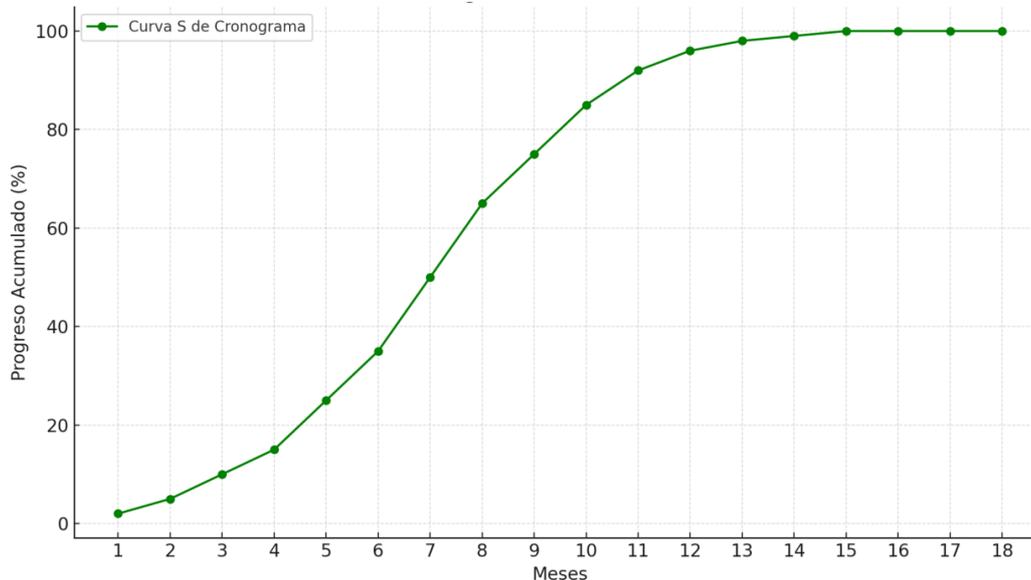


Gráfico 34: Curva S de cronograma (34)

Los **primeros meses** avanzan lentamente debido a la fase de estudios técnicos, permisos y planificación. A partir del cuarto mes, la construcción de la infraestructura acelera significativamente, con la edificación de áreas operativas como almacenamiento y procesamiento. Entre los **meses 9 y 13**, la instalación de maquinaria y conexiones energéticas generan el mayor crecimiento en el cronograma, dado que estas actividades son cruciales para la operatividad. En los **meses finales**, las pruebas operativas y la capacitación estabilizan el progreso, asegurando que la puesta en marcha se realice sin contratiempos antes de la fase de operación comercial.

3.4.5 Operación y mantenimiento

3.4.5.1 Personal necesario

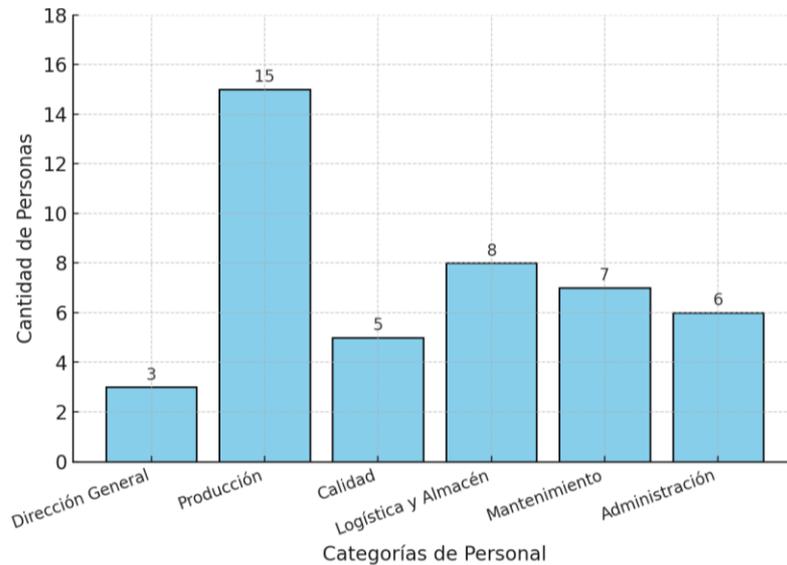


Gráfico 35: Distribución de personal (34)

- **Dirección General: 3 personas**

El equipo directivo está compuesto por un gerente general y dos coordinadores estratégicos, encargados de la supervisión global del proyecto. Su función principal es la planificación de recursos, la gestión de relaciones con entidades regulatorias y la toma de decisiones clave para optimizar la eficiencia operativa y financiera de la planta.

- **Producción: 15 personas**

El equipo de producción incluye 10 operarios especializados, 3 técnicos de procesos y 2 supervisores. Son responsables del control de las tostadoras, clasificadoras y molinos, asegurando la calidad del café en cada etapa. También optimizan el rendimiento del proceso productivo y garantizan el cumplimiento de los estándares establecidos.

- **Control de Calidad: 5 personas**

Compuesto por 3 analistas de calidad, 1 responsable de laboratorio y 1 supervisor, este equipo se encarga de realizar pruebas físico-químicas y sensoriales en cada lote de café. Su objetivo es mantener la consistencia del producto final y cumplir con las normativas internacionales de exportación.

- **Logística y Almacén: 8 personas**

El equipo está conformado por 4 operadores de montacargas, 2 técnicos de almacén y 2 supervisores de logística. Se encargan de la recepción, almacenamiento y distribución del café procesado, asegurando una gestión eficiente de inventarios y la coordinación de los envíos nacionales e internacionales.

- **Mantenimiento y Cogeneración: 7 personas**

Incluye 4 técnicos de mantenimiento, 2 especialistas en cogeneración y 1 supervisor. Su tarea principal es la reparación y mantenimiento preventivo de la maquinaria, así como la gestión eficiente del sistema de cogeneración, que aprovecha los residuos del café como fuente energética.

- **Administración y Finanzas: 6 personas**

Este equipo se compone de 2 administradores financieros, 2 responsables de compras y 2 especialistas en recursos humanos. Son los encargados del control presupuestario, la gestión de proveedores y clientes, y el cumplimiento de obligaciones fiscales y regulatorias.

TOTAL: 50

3.4.5.2 OPEX**Compra de Café Crudo: 1.100.000 \$ anuales**

- Adquisición de 10.000 toneladas de café verde de productores locales a un precio medio de 110 \$/tonelada.
- Contratos directos con agricultores para asegurar calidad y trazabilidad del producto.
- Implementación de un sistema de abastecimiento estratégico para optimizar costes y disponibilidad de insumos.

Energía y Mantenimiento: 800.000 \$ anuales

- Suministro energético (550.000 \$): Energía proveniente de la presa hidroeléctrica de Nalubaale y cogeneración con residuos de café.
- Mantenimiento de equipos (250.000 \$): Servicios preventivos y correctivos en tostadoras, molinos y clasificadoras.
- Optimización energética: Reducción de consumo con sistemas eficientes de recuperación térmica y automatización.

Mano de Obra Técnica y Administrativa: 600.000 \$ anuales

- Personal técnico (450.000 \$): 65 empleados en producción, logística, mantenimiento y calidad.
- Administración y gestión (150.000 \$): Supervisión operativa, control de calidad y planificación estratégica.
- Capacitación continua: Programas de formación para mejorar la eficiencia y seguridad laboral.

Transporte y Distribución: 300.000 \$ anuales

- Logística interna (100.000 \$): Movilización del café dentro de la planta, desde recepción hasta almacenamiento.
- Exportación (200.000 \$): Transporte terrestre hasta el puerto de Mombasa y distribución a mercados internacionales.
- Optimización de rutas: Uso de soluciones logísticas para minimizar costes y tiempos de entrega.

Categoría	Coste (Millones de \$)
Compra de café crudo	1,1
Energía y mantenimiento	0,8
Mano de obra	0,6
Transporte y distribución	0,3
Total OPEX	2,8

Tabla 10: Resumen del OPEX total (34)

3.4.5.3 Estudio de rentabilidad, VAN, TIR y ROI.

3.4.5.3.1 Valor Actual Neto (VAN): 11,36 millones de \$

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto alcanza los 11.36 millones de dólares, reflejando una rentabilidad positiva dentro del horizonte de evaluación de 10 años. Se ha aplicado una tasa de descuento del 12%, que representa el riesgo financiero del proyecto. La inversión inicial de 14 millones de dólares se recupera con los flujos netos generados anualmente, asegurando una rentabilidad superior al coste de capital.

$$\text{Ingresos} - \text{OPEX} = 7,3 \text{ millones} - 2,8 \text{ millones} = 4,5 \text{ millones de dólares anuales}$$

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - C_0 = 11,36 \text{ millones de dólares}$$

Donde:

- Ft : Flujo de caja neto en el período t .
- r : Tasa de descuento (12% en este caso, $r = 0.12$)
- t : Período en años
- n : Número de períodos (10 años).
- C_0 : Inversión inicial, el CAPEX, que son 14 millones de dólares.

3.4.5.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR): 27,8%

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto se estima en 27,8%, un valor muy superior al costo de capital del 12%, lo que demuestra un alto nivel de rentabilidad.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \frac{4,5}{(1+TIR)^t} - 14 = 27,8\%$$

El resultado sugiere que el proyecto de etanol en Uganda es una inversión altamente atractiva, con un retorno por encima del estándar en proyectos agroindustriales y energéticos en economías emergentes.

3.4.5.3.3 Retorno sobre la Inversión (ROI): 321,4 %

El Retorno sobre la Inversión (ROI) alcanza 321.4%, lo que significa que cada euro invertido genera 3,214 \$ adicionales en ganancias netas durante la vida útil del proyecto.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ganancias netas totales}}{\text{Inversión Inicial}} \times 100 = 321,4\%$$

El proyecto garantiza un retorno financiero sólido, con una rápida recuperación de la inversión y un impacto positivo en la economía local. La optimización de costes operativos y el uso eficiente de recursos refuerzan su viabilidad a largo plazo. Además, la implementación de procesos sostenibles mejora la eficiencia energética y reduce el impacto ambiental. Con una estructura bien planificada, la planta podrá operar de manera estable y competitiva. En conclusión, este proyecto representa una oportunidad clave para el crecimiento del sector cafetalero en Uganda.

3.5 Ampliación del puerto del Lago Victoria

3.5.1 Situación Actual

El **Puerto de Kampala**, conocido como **Port Bell** ubicado en el Lago Victoria, ha sido históricamente un punto clave para el comercio interior de Uganda y la conexión con otros países de África Oriental. A pesar de su importancia estratégica, el puerto ha operado con limitaciones significativas en términos de infraestructura, capacidad de carga y eficiencia logística.

Durante décadas, la falta de inversión en su modernización ha resultado en **instalaciones obsoletas y un manejo limitado de mercancías**, lo que ha llevado a una sobrecarga en otros puertos de la región. En particular, el ferrocarril que conecta el puerto con otras ciudades ha sufrido deterioro y una baja eficiencia operativa, reduciendo su potencial como un corredor de transporte viable.

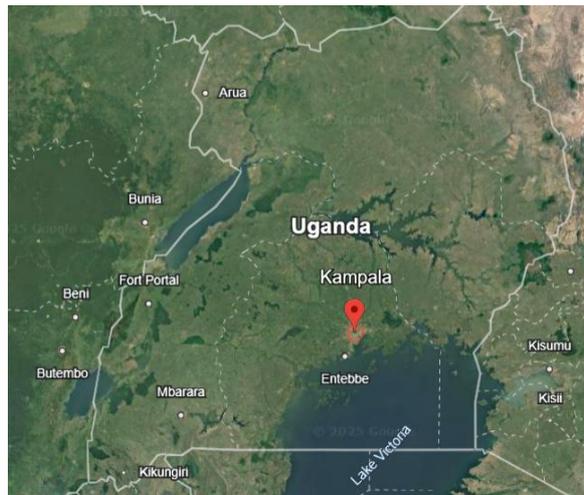


Ilustración 56: Localización del Puerto de Kampala (54)

El puerto, actualmente, es una de las infraestructuras portuarias más importantes de Uganda. Aunque carece del tamaño o la presencia única de otros puertos de África Oriental como Mombasa o Dar es Salaam, su ubicación lo convierte en un centro logístico y de exportación regional clave. Actualmente, el puerto está diseñado principalmente para manejar volúmenes más pequeños y sus operaciones e instalaciones están limitadas.



Ilustración 57: Ubicación exacta (54)

Cabe destacar la obra del **Puerto Interior de Bukasa**, una infraestructura en construcción en la orilla norte del lago Victoria, en Bukasa, distrito de Wakiso, aproximadamente a 20 kilómetros al sureste del centro de Kampala, la capital de Uganda. Este proyecto busca reducir la dependencia de Uganda del puerto de Mombasa en Kenia, facilitando el movimiento de mercancías desde los puertos tanzanos de Dar es Salaam y Tanga, a través del ferrocarril hasta el puerto de Mwanza en el lago Victoria, desde donde las barcazas transportarían la carga hasta Bukasa. Una vez finalizado, se espera que el puerto maneje hasta 5,2 millones de toneladas de carga al año.

La construcción del puerto se está llevando a cabo en fases. La **primera fase**, que comenzó en mayo de 2024, incluye la recuperación de tierras y la construcción inicial de la infraestructura portuaria, con una inversión de 14,9 millones de euros. Se espera que esta fase concluya en 2025. El desarrollo del Puerto Interior de Bukasa es parte de los esfuerzos del gobierno ugandés para mejorar la infraestructura de transporte y fortalecer la economía nacional al facilitar el comercio regional e internacional, pero diversificar el transporte en ambos, al aumentar capacidad y tecnología en el Port Bell, puede servir de lanzadera para el comercio en el país. (59)

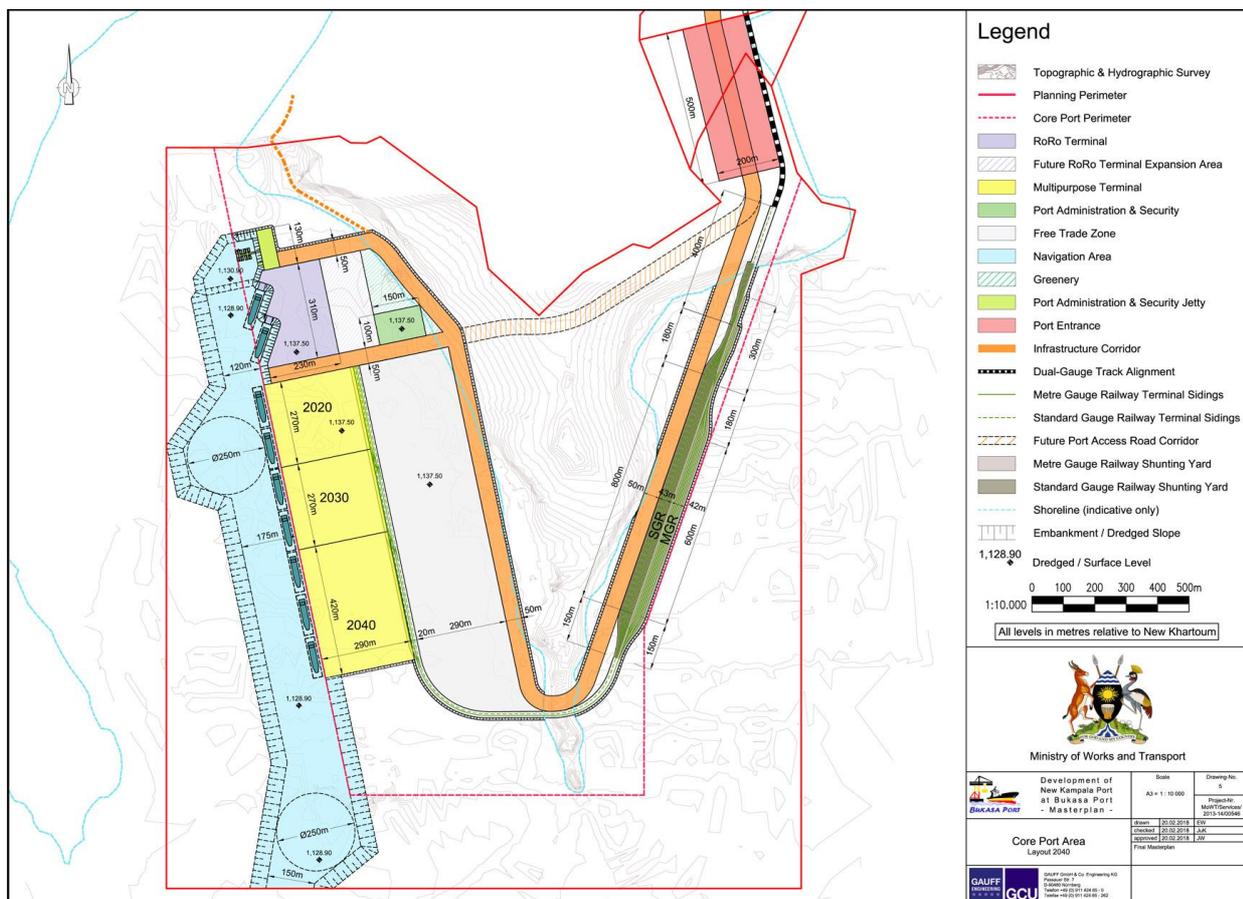


Ilustración 58: Plan de la constructora para el Bukasa Port (60)

3.5.1.1 Infraestructura actual:

3.5.1.1.1 Partes principales del complejo portuario

- **Muelle Comercial y Capacidad Portuaria**

El muelle comercial del puerto tiene una longitud aproximada de **800 metros** y una **profundidad promedio de 6 metros**, lo que permite el atraque de embarcaciones de tamaño mediano. Sin embargo, esta profundidad es insuficiente para recibir **buques de gran calado**, lo que restringe la capacidad de carga y exportación del puerto.

Además, las instalaciones de carga y descarga son básicas y manuales, con **falta de grúas modernas y tecnología avanzada**, lo que ralentiza las operaciones y aumenta los costes logísticos. La ausencia de una infraestructura adecuada para carga a granel y contenedores limita aún más su funcionalidad.

Áreas de Almacenamiento y Logística

El puerto dispone de **áreas de almacenamiento abiertas**, utilizadas principalmente para **productos agrícolas y mercancías en general**. Sin embargo, estas áreas **carecen de climatización y bodegas refrigeradas**, lo que dificulta el manejo de productos perecederos y materiales sensibles a la temperatura.

Asimismo, la **seguridad y el control de inventario** en el puerto son **insuficientes**, lo que aumenta el riesgo de pérdida, deterioro y robos de mercancías. La falta de una infraestructura moderna de almacenamiento ha llevado a que muchas exportaciones ugandesas dependan de puertos externos, incrementando los costes y tiempos de tránsito.

- **Conectividad y Transporte**

El puerto está conectado por un **ferrocarril que enlaza Kampala con Mombasa**, lo que facilita el transporte de mercancías hacia la costa del Océano Índico. Sin embargo, este ferrocarril **requiere modernización**, ya que su **capacidad es limitada**, presenta deterioro en algunos tramos y no es suficiente para respaldar el crecimiento comercial previsto.

3.5.1.1.2 Servicios básicos

- **Suministro de Agua y Combustible:**

El puerto ofrece **suministro de agua y combustible**, pero estos servicios están **limitados a pequeñas embarcaciones de carga**, lo que restringe su capacidad de atender buques de mayor tamaño. La infraestructura actual **no permite el almacenamiento a gran escala** ni la distribución eficiente de estos recursos, lo que representa un desafío para la operación fluida del puerto.

- **Sistemas de Iluminación y Energía:**

Las instalaciones del puerto dependen de **sistemas de iluminación y generadores básicos**, lo que garantiza un funcionamiento continuo, pero con **una capacidad limitada**. Actualmente, el puerto **no cuenta con integración de energías renovables**, lo que podría mejorar la eficiencia energética y reducir costes operativos a largo plazo. La modernización de estos sistemas permitiría una mayor sostenibilidad y reducción del impacto ambiental.

- **Instalaciones de Mantenimiento y Almacenamiento Temporal:**

Las **instalaciones de mantenimiento** en el puerto son **mínimas y poco especializadas**, lo que dificulta la reparación y mantenimiento de embarcaciones en caso de averías. Esto obliga a muchos barcos a buscar servicios en puertos vecinos, aumentando los tiempos de inactividad y costes logísticos. En cuanto al **almacenamiento temporal**, el puerto dispone de **espacios limitados** para la carga en tránsito, pero carece de **infraestructura especializada**, como **bodegas refrigeradas o áreas de resguardo adecuadas**.

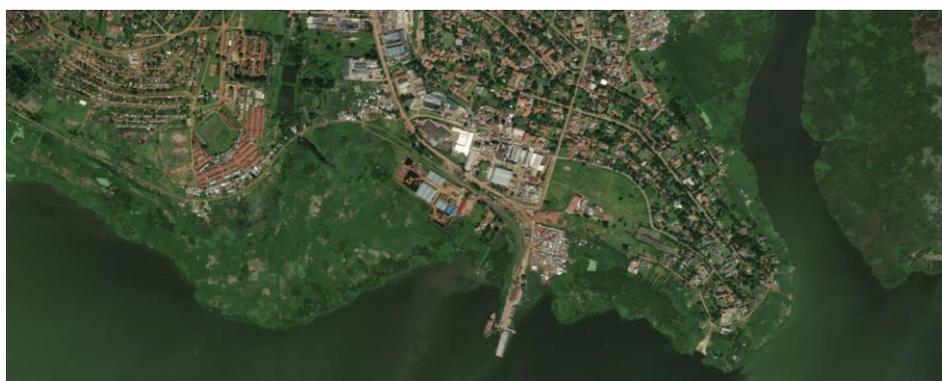


Ilustración 59: Zoom del Port Bell, donde se puede apreciar la poca infraestructura

(114)

II

(114)

3.5.2 Tráfico Marítimo

El tráfico marítimo hacia el puerto de Kampala se compone principalmente de buques de carga medianos y pequeños, así como de buques comerciales que utilizan el lago Victoria como medio de acceso a otros destinos. A diferencia de Nouadhibou, donde muchos vehículos capturan camarones, el puerto de Kampala maneja la mayoría de los productos agrícolas, químicos y consumibles.

3.5.2.1 Características de los barcos que llegan al puerto

- **Carga general:** Barcos de mediana capacidad con un peso muerto promedio de 2,500 toneladas, eslora de 70 metros y calado de 6 metros.
- **Barcazas fluviales:** Utilizadas para transporte interno en el Lago Victoria, con capacidad limitada a 300 toneladas por carga.
- **Buques especializados:** Un pequeño porcentaje corresponde a barcos que transportan líquidos como combustible o productos químicos.

3.5.2.2 Estadísticas operativas

- **Tiempo promedio de permanencia en el puerto:** 3 a 4 días, similar a los tiempos observados en Nouadhibou.
- **Número de embarcaciones diarias:** En promedio, 15 barcos, una cifra que podría aumentar significativamente tras la modernización del puerto.

3.5.2.3 Limitaciones actuales:

Capacidad de carga: Sin infraestructura adecuada, la capacidad máxima de manejo está limitada a 2 millones de toneladas anuales, muy por debajo del potencial del puerto.

Ausencia de especialización: Falta de terminales dedicadas para contenedores, productos líquidos o carga a granel, lo que ralentiza las operaciones.

El principal objetivo de la modernización del puerto de Kampala es transformarlo en una infraestructura regional de clase mundial que apoye el desarrollo industrial de Uganda. Para ello se necesitan terminales especializadas, tecnología moderna y la adición de electricidad sostenible para garantizar la eficiencia operativa, la reducción de costes y la reducción del impacto ambiental.



Ilustración 60: Situación actual del Port Bell (115)

3.5.3 Planteamiento y Ejecución

Objetivos principales con el proyecto de mejora:

- **Incrementar** la **capacidad** de manejo de carga de 3 millones de toneladas anuales a 6 millones de toneladas.
- **Reducir** los **costes logísticos** en un 20-25%, mejorando la competitividad de los productos ugandeses.
- Crear **sinergias logísticas** con las plantas industriales propuestas, facilitando exportaciones e importaciones.

3 diferentes líneas en el proyecto:

3.5.3.1 Terminal de Contenedores

Buscaremos aumentar la capacidad para manejar hasta **1 millón de TEU** (twenty-foot o contenedores de 20') anuales, similar al puerto de Tema en Ghana. Además de incluir grúas pórtico automatizadas para garantizar operaciones rápidas y seguras.

Para garantizar un manejo eficiente y ágil de los contenedores, se ampliará el patio de almacenamiento y se optimizará la distribución de los espacios dentro del puerto. Se incorporarán **grúas pórtico automatizadas**, que permitirán acelerar las operaciones de carga y descarga, asegurando procesos más seguros y reduciendo los tiempos de espera de los buques. Asimismo, se instalarán **sistemas de pesaje y control digitalizados**, lo que facilitará un monitoreo en tiempo real de las mercancías y mejorará la seguridad de la carga en tránsito. La modernización incluirá también la adquisición de vehículos autónomos para el traslado de contenedores dentro del puerto, optimizando los tiempos de operación.

Para mejorar la eficiencia operativa de la terminal, se integrarán nuevas soluciones tecnológicas, entre ellas un **software avanzado de gestión portuaria** que permitirá coordinar las operaciones en tiempo real. Este sistema reducirá la congestión en el puerto y optimizará la planificación de carga y descarga de los barcos.

También se incorporará la **automatización del manejo de contenedores**, mediante el uso de **cintas transportadoras y grúas automatizadas**, reduciendo la dependencia de la mano de obra manual y aumentando la eficiencia en el manejo de carga.



Ilustración 61: Terminal de contenedores en Ghana – Ejemplo de lo que podría ser la obra (61)

Un ejemplo similar lo tenemos en el Puerto de Mombasa (Kenia), que ha invertido en automatización portuaria, reduciendo significativamente la congestión y acelerando el procesamiento de contenedores. Aún así, para que la modernización de **Port Bell** sea realmente viable, es fundamental centrarse primero en la **rehabilitación de los muelles**, ya que su profundidad actual limita el acceso a embarcaciones de mayor capacidad. Además, es clave **mejorar la conectividad ferroviaria**, permitiendo un transporte más eficiente de mercancías desde y hacia el puerto.

3.5.3.2 Terminal de Multipropósito

La modernización de la Terminal de Multipropósito en Port Bell busca optimizar el manejo de productos agrícolas y fertilizantes, aumentando su capacidad a **2 millones de toneladas anuales**. La incorporación de **sistemas automatizados de carga y descarga** reducirá los tiempos operativos en un 30%, facilitando la exportación de productos clave como café y té. Esto mejorará la competitividad del puerto dentro de África Oriental, reduciendo la dependencia de infraestructuras externas.

Uno de los principales desafíos es la **limitada infraestructura actual**, que dificulta la absorción de mayores volúmenes de carga. Sin embargo, la integración con el Bukasa Inland Port y la mejora de la conectividad ferroviaria con Kampala permitirían gestionar eficientemente el incremento en el flujo comercial. Casos como la modernización del **Puerto de Salaverry en Perú** han demostrado que un enfoque gradual basado en automatización y optimización logística es viable



Ilustración 62: Construcción de terminal multipropósito en Salaverry, obra similar a la de Port Bell (62)

Esta obra en Perú comparte objetivos similares de incrementar la capacidad operativa y mejorar la eficiencia logística. Salaverry, mediante una inversión de aproximadamente US\$ 228.97 millones, ha logrado profundizar su calado a 10.5 metros, permitiendo el atraque de buques de mayor tamaño, y ha incorporado infraestructura especializada para el almacenamiento de granos y fertilizantes.

En contraste, Port Bell enfrenta desafíos significativos en términos de infraestructura y conectividad, pero puede beneficiarse al estudiar el modelo de concesión público-privada implementado en Salaverry, que ha resultado en mejoras sustanciales en productividad y capacidad de carga.

3.5.3.3 Terminal de Líquidos

La instalación de tanques de almacenamiento con una capacidad inicial de 100.000 metros cúbicos es un componente clave en la modernización del Puerto de Kampala. Estos tanques estarán diseñados para garantizar la seguridad y eficiencia en el almacenamiento y exportación de **etanol**, un biocombustible en creciente demanda en los mercados internacionales. La infraestructura permitirá controlar la temperatura, prevenir fugas y optimizar la logística de carga y descarga, asegurando que el producto mantenga su calidad hasta su destino final.

- **Planta de Café:** La modernización del puerto facilitará la exportación de café procesado, reduciendo costes logísticos y tiempos de envío, permitiendo a Uganda competir con productores como Brasil y Vietnam en mercados clave como Europa y América del Norte.
- **Planta de Fertilizantes:** Mejoras en infraestructura optimizarán la distribución regional hacia Ruanda, Kenia y Tanzania, fortaleciendo la cadena de suministro agrícola y reduciendo la dependencia de importaciones externas.
- **Planta de Etanol:** La construcción de tanques de almacenamiento garantizará la exportación segura de biocombustibles, consolidando a Uganda como proveedor fiable en el mercado global de energías renovables.

3.5.4 Análisis Económico

El coste estimado del proyecto se actualiza a 37,3 millones de dólares, con el siguiente desglose:

- **Construcción de terminales:** 18,7 millones de dólares
- **Maquinaria y equipamiento:** 9,3 millones de dólares
- **Electrificación y sostenibilidad:** 4,7 millones de dólares
- **Estudios, permisos y contingencias:** 4,7 millones de dólares

3.5.4.1 Construcción de Terminales (18,7 millones de dólares)

Este costo proviene principalmente de las obras de **infraestructura necesarias** para la creación de las terminales dentro del puerto. Incluye la **nivelación del terreno, cimentación, construcción de muelles, patios de almacenamiento y áreas de carga y descarga**. Además, abarca la **instalación de vías de acceso internas** y la adaptación de la terminal para recibir distintos tipos de carga. Parte del presupuesto se destina también a la **ampliación de los espacios portuarios**, asegurando que puedan manejar **mayor volumen de mercancías** y optimizar el flujo logístico.

Otro factor clave es la necesidad de **dragado y refuerzo de los muelles**, ya que el puerto debe contar con la **profundidad adecuada** para recibir embarcaciones más grandes sin restricciones. También se incluyen los **costes de materiales como acero, hormigón y revestimientos resistentes a la corrosión**, fundamentales para garantizar la durabilidad de la infraestructura portuaria. La inversión en construcción es la más alta dentro del proyecto porque **sin una base estructural adecuada, ninguna otra mejora tecnológica o logística sería efectiva**.

3.5.4.2 Maquinaria y Equipamiento (9,3 millones de dólares)

Este gasto cubre la adquisición de **grúas pórtico, grúas móviles, bandas transportadoras y sistemas de carga y descarga automatizados**, esenciales para agilizar las operaciones dentro del puerto. Dado que se manejarán **contenedores, carga a granel y líquidos**, es necesario contar con equipamiento especializado para cada tipo de mercancía. La inversión también abarca **vehículos logísticos como montacargas y camiones internos**, que facilitarán la movilización de productos dentro de las terminales.

Además, una parte del presupuesto está destinada a la **implementación de sistemas digitales de control y monitoreo**, como **sensores de peso, lectores RFID (Identificación por radiofrecuencia) y software de gestión portuaria**. Estos sistemas permitirán un seguimiento en tiempo real de la carga, reduciendo errores y optimizando la planificación de operaciones.



Ilustración 63: Render de distribución de grúas móviles (63)

3.5.4.3 Electrificación y Sostenibilidad (4,7 millones de dólares)

Este apartado se enfoca en la **instalación de una red eléctrica eficiente y sostenible**, asegurando el suministro de energía para las operaciones del puerto. Se destina parte del presupuesto a la **implementación de paneles solares y sistemas de energía renovable**, con el objetivo de reducir costes a largo plazo y disminuir la huella ambiental. También se contemplan sistemas de iluminación LED, estaciones de carga eléctrica para vehículos logísticos y mejoras en la eficiencia energética de los equipos utilizados.

Además, se consideran **medidas de sostenibilidad ambiental**, como la instalación de sistemas de **recolección y tratamiento de aguas residuales**, reducción de emisiones y gestión de residuos.

3.5.4.4 Estudios, Permisos y Contingencias (4,7 millones de dólares)

Este costo está relacionado con **trámites administrativos, estudios de impacto ambiental y permisos gubernamentales**, necesarios para garantizar que el proyecto cumpla con normativas nacionales e internacionales. Incluye estudios de viabilidad técnica, geotécnicos y de tráfico marítimo, que aseguran que la infraestructura diseñada sea segura y funcional.

También se destina un porcentaje a **contingencias**, es decir, un fondo de respaldo para cubrir **imprevistos** durante la construcción y puesta en marcha. En cualquier proyecto de esta magnitud, pueden surgir costes adicionales por **aumentos en los precios de materiales, demoras en la ejecución o adaptaciones necesarias**.

Incident	Risk Severity	Risk Likelihood	Risk Level	Project Phase or Category	Mitigation
› Construction Permits not Taken	Acceptable	Improbable	Low	Planning	› Contact Corporate Lawyer to Seek Late Permit
› Construction Material Delayed	Tolerable	Possible	Medium	Engineering	› Seek Local Vendor for Construction Material
› Civil Engineer Created Wrong Design for Floor	Undesirable	Probable	High	Final Design	› Text Here
› On Site Accident	Intolerable	Probable	Extreme	Construction	› Text Here

Gráfico 36: Plan de Contingencia estándar, como el que podría necesitar el proyecto (64)

3.5.5 Conclusión

La modernización del **Puerto de Kampala** representa una oportunidad clave para fortalecer la infraestructura logística de Uganda y consolidar su posición en los mercados internacionales. La inversión permitirá aumentar la capacidad portuaria en un **30%**, mejorando el flujo de mercancías y reduciendo costes logísticos para sectores estratégicos como el café, los fertilizantes y el etanol. Aunque el presupuesto es más reducido en comparación con otros proyectos, su enfoque utilitario garantiza un impacto significativo en la eficiencia operativa y en la integración del comercio regional.

Ejemplos exitosos como el **Puerto de Tema en Ghana** y el **Puerto de Tanga en Tanzania** demuestran que las inversiones bien planificadas pueden transformar la competitividad de un país. En el caso de Tema, la modernización aumentó la capacidad portuaria en un 50% en solo 4 años, mientras que en Tanga se logró **una reducción del 35% en los tiempos de tránsito**, facilitando el comercio y la integración en cadenas de valor globales. Siguiendo estos modelos, el Puerto de Kampala podrá reducir los tiempos de espera, mejorar la conectividad con países vecinos y potenciar el crecimiento industrial y comercial de Uganda.

Además de los beneficios económicos y logísticos, la modernización del puerto tendrá un **impacto ambiental positivo**. La mejora en la eficiencia del transporte reducirá la huella de carbono al **disminuir los tiempos de tránsito y la congestión portuaria**, optimizando el uso de combustibles en el transporte marítimo y terrestre.

4. PRESUPUESTO TOTAL

El proceso de industrialización de Uganda constituye un gran desafío para el gobierno. Uganda, a pesar de ser rica en recursos naturales como oro, cultivos agrícolas y café, enfrenta una distribución desigual de la riqueza además de unos servicios básicos, como conectividad ferroviaria y proximidad a instalaciones de infraestructura, que son muy ineficientes, por lo que el desafío es aún mayor.

El principal objetivo de este programa es crear infraestructura que beneficie directamente a las comunidades locales, cree empleos y aumente la riqueza de las personas más vulnerables. Sin embargo, el coste de todos los proyectos supondrá una enorme cantidad de dinero, con lo que un gran problema será buscar fondos de inversión que asuman dichos costes iniciales. Así, se vuelve importante buscar cooperación con organismos internacionales interesados en promover el desarrollo económico del país.

4.1 Inversiones Totales

El análisis abarcó cinco proyectos estratégicos con un enfoque en su inversión inicial (CAPEX), indicadores financieros y beneficios esperados. La distribución total de las inversiones es:

1. **Planta de Procesamiento de Oro:** 29,6 millones de dólares.
2. **Planta de Fertilizantes Compuestos:** 260 millones de dólares.
3. **Fábrica de Etanol:** 55 millones de dólares.
4. **Procesadora de Café:** 14 millones de dólares.
5. **Ampliación del Puerto del Lago Victoria:** 37,3 millones de dólares.

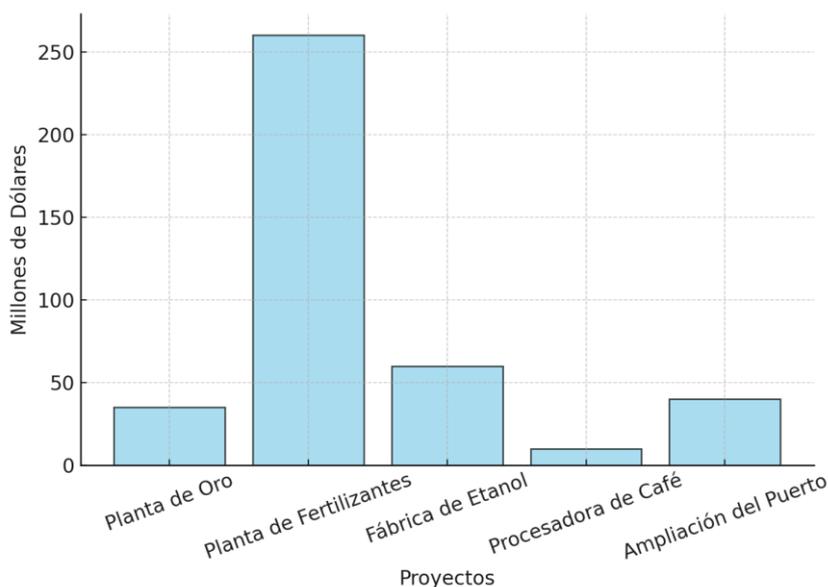


Gráfico 37: : Distribución de costes iniciales del plan (34)

El gráfico representa la inversión total en distintos proyectos estratégicos, y deja en evidencia la gran variabilidad en los costes asignados a cada uno de ellos. La Planta de Fertilizantes es, con diferencia, el proyecto más costoso, superando los 250 millones de dólares, lo que indica que es una infraestructura clave para la producción agrícola del país. Esta alta inversión es necesario por la importancia del acceso a fertilizantes para la productividad agrícola, el impacto en la seguridad alimentaria y la reducción de la dependencia de importaciones. En contraste, otros proyectos como la Procesadora de Café y la Ampliación del Puerto presentan inversiones significativamente menores.

Sin embargo, la modernización del puerto es fundamental para soportar el crecimiento de las exportaciones y mejorar la logística de distribución de estos productos. La Fábrica de Etanol también recibe una inversión considerable, lo que refleja el potencial de los biocombustibles como una fuente de ingresos y desarrollo económico en la región.

Este desglose de costes plantea una reflexión importante sobre la asignación de recursos y las prioridades de inversión. Aunque los fertilizantes tienen un impacto inmediato en la productividad agrícola, la ampliación del puerto y la infraestructura para el procesamiento de productos agrícolas podrían generar eficiencias a largo plazo, reducir costes logísticos y aumentar la competitividad del comercio internacional. Es crucial evaluar si esta distribución de costes maximiza el impacto económico general, equilibrando inversiones en producción y en infraestructura de exportación.

4.2 Resumen de Indicadores económicos clave

1. Planta de Procesamiento de Oro:

- VAN: 8,9 millones de dólares
- TIR: 34.01%
- ROI: 259.38%

2. Planta de Fertilizantes Compuestos:

- VAN: 18 millones de dólares
- TIR: 24.5%
- ROI: 145%

3. Fábrica de Etanol:

- VAN: 36,85 millones de dólares
- TIR: 28.4%
- ROI: 67%

4. Procesadora de Café:

- VAN: 11,36 millones de dólares
- TIR: 27.8%
- ROI: 321,4%

5. Ampliación del Puerto del Lago Victoria

Aunque no se calcularon indicadores financieros específicos, los beneficios cualitativos incluyen:

- Incremento de la capacidad de manejo de carga de 3M a 6M toneladas anuales.
- Reducción de costes logísticos en un 20-25%.
- Mejora de la competitividad de productos ugandeses en mercados internacionales.
- Sinergias logísticas con proyectos industriales.

4.2.1 Conclusiones económicas

El programa representa alrededor del 3,3% del PIB de Uganda, es decir, 12.030 millones de dólares. Si bien las plantas más pequeñas pueden financiarse internamente, las más grandes, como la Planta de Fertilizantes Compuestos, requerirán cooperación internacional. Estas inversiones tienen el potencial de diversificar la economía, reducir la dependencia de las importaciones y crear más empleos, especialmente en las industrias rurales.

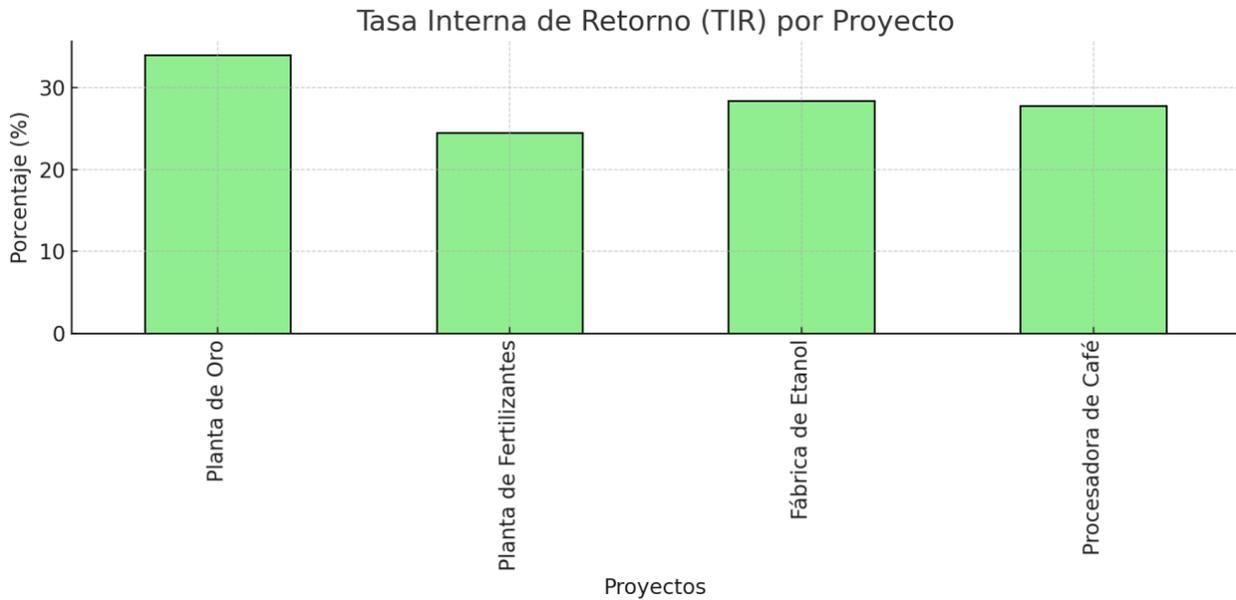


Gráfico 38: Resumen del TIR por proyectos (34)

5. CONCLUSIONES

5.1 Potencia instalada

Demanda Energética de las Soluciones Industriales: El desarrollo de las soluciones propuestas para la industrialización de Uganda tiene una demanda energética significativa. Cada una de las plantas proyectadas incluye procesos industriales intensivos, que requieren un suministro energético continuo y fiable. A continuación, se detalla la estimación de consumo energético para cada solución:

- **Centro de Procesamiento y Exportación de Café en el Parque Industrial de Njeru**

El procesamiento de café incluye tostado, molienda, clasificación, empaquetado y almacenamiento. Estos procesos dependen de sistemas mecánicos y eléctricos, como tostadoras con control digital, molinos de precisión y refrigeradores para almacenamiento. Demanda energética estimada: 5 MW.

- **Planta de Fertilizantes en Tororo**

Este proyecto es particularmente intensivo en energía, ya que incluye procesos como la granulación química, secado de partículas y trituración de materiales. La producción de fertilizantes complejos, como NPK, depende de operaciones a altas temperaturas y presiones, lo que incrementa el consumo energético. Demanda energética estimada: 8 MW.

- **Fábrica de Etanol en Jinja**

La planta de etanol combina fermentación, destilación y tratamiento de subproductos como la vinaza. Aunque incluye un sistema de cogeneración a partir del bagazo de caña que puede generar hasta 2 MW, aún requiere un suministro adicional para cubrir toda su operación. Demanda energética neta: 6 MW.

- **Planta Procesadora de Oro en Tiira**

En la planta de oro, los procesos de trituración, molienda, lixiviación y refinación son altamente demandantes en energía. Las operaciones también incluyen sistemas de ventilación y control ambiental para cumplir con las normativas internacionales. Demanda energética estimada: 4 MW.

Demanda total combinada: 23 MW

5.1.1 Capacidad Energética Actual en Uganda

Uganda depende principalmente de las fuentes de energía hidroeléctrica, que representan el 90% de su capacidad instalada. Las principales plantas son **Nalubaale**, **Kiira** y **Bujagali**, con una capacidad instalada total de **1.200 MW**. Sin embargo, actualmente sólo se utilizan 750 MW, lo que da como resultado un excedente nominal de 450 MW. Este superávit, aunque significativo, enfrenta restricciones por las limitaciones en: Limitaciones en la transmisión y distribución de electricidad:

- **Capacidad limitada** para suministrar electricidad a zonas remotas como Tiira y Tororo, irregularidades y pérdidas en el transporte eléctrico.
- **Pérdida de la red:** Uganda experimenta un excedente de transmisión y distribución de más del 20%, lo que reduce efectivamente la disponibilidad de energía disponible.
- **Creciente demanda interna:** el aumento del suministro de electricidad para las zonas rurales y la industrialización están ejerciendo una presión cada vez mayor sobre el sistema.

5.1.2 Impacto en las Soluciones Industriales

Aunque el exceso de capacidad de Uganda puede satisfacer la demanda agregada de 23 MW para las cuatro soluciones propuestas, la realidad operativa es diferente. Las limitaciones en la logística por la escasez de vías de comunicación dificultan garantizar un suministro fiable, especialmente en zonas como Tororo y Tiira, donde se ubicarán la planta de fertilizantes y la mina de oro. Por ejemplo:

- La planta de fertilizantes, que requiere 8 MW, dependerá de un suministro constante de materiales para procesos críticos como granulación y secado. Los cortes de energía pueden afectar la eficiencia de la producción y aumentar los costes operativos.
- La planta de etanol en Jinja, a pesar de contar con cogeneración parcial (2 MW), todavía necesitará 4 MW adicionales, que pueden no estar disponibles debido a la competencia por la electricidad en la región.

5.2 Propuestas alternativas

Para garantizar la sostenibilidad de las operaciones industriales, se propone la implementación de una solución energética complementaria. Esto puede incluir:

- **Granjas Solares Localizadas:**

Las regiones de **Tororo** y **Tiira** destacan por su alto nivel de irradiación solar, lo que las convierte en ubicaciones ideales para la instalación de granjas solares con sistemas de almacenamiento energético. Estas plantas fotovoltaicas podrían generar entre 5 y 8 MW de electricidad, abasteciendo parcialmente la demanda de las plantas de fertilizantes y oro. Su principal ventaja radica en su bajo coste operativo a largo plazo, ya que, a diferencia de otras fuentes de energía, la generación solar no depende de insumos como combustibles fósiles, lo que permite minimizar los costes de operación y mantenimiento.

Sin embargo, un desafío clave es la **intermitencia de la generación solar**, ya que la producción varía a lo largo del día y en condiciones climáticas adversas. Para garantizar un suministro continuo, se propone la implementación de baterías de almacenamiento, permitiendo almacenar el excedente de energía diurna y utilizarlo en momentos de menor irradiación. Este sistema de respaldo aumentaría la fiabilidad del suministro, asegurando que las operaciones industriales no se vean afectadas por fluctuaciones en la producción solar.

Estimamos entre \$12 y \$18 millones, considerando la compra de paneles fotovoltaicos, la infraestructura de distribución y las baterías necesarias para el almacenamiento energético. Esta inversión permitiría a Uganda reducir su dependencia de la red eléctrica nacional, mejorar la estabilidad del suministro en sectores industriales clave y disminuir la huella ambiental asociada a fuentes de energía convencionales.

- **Expansión de Conexiones Hidroeléctricas Locales: Viabilidad y Beneficios**

Como complemento a la energía solar, la **expansión de la red hidroeléctrica** permitiría garantizar un suministro eléctrico estable y continuo, especialmente para las zonas industriales de Jinja y Njeru, donde se ubican las plantas con mayor demanda energética. Se propone reforzar la transmisión desde las centrales hidroeléctricas de Nalubaale y Bujagali, ubicadas en el río Nilo, ya que estas infraestructuras ya están operativas y cuentan con un flujo constante de generación eléctrica.

A diferencia de la energía solar, la hidroeléctrica tiene la ventaja de no depender de factores climáticos y proporcionar un suministro predecible y fiable, lo que resulta esencial para procesos industriales que requieren estabilidad energética.

El presupuesto estimado para la expansión de la red hidroeléctrica oscila entre \$8 y \$12 millones, abarcando la

actuali
zación
de
infrae
struct
uras

eléctricas, la optimización de la distribución y la ampliación de la capacidad de transmisión. Con esta inversión, Uganda podría maximizar el uso de su energía hidroeléctrica disponible, reduciendo pérdidas en la red y mejorando la eficiencia en el abastecimiento a industrias estratégicas.

5.3 Impacto en el Empleo, la Agricultura, la Infraestructura y la Reducción de Desigualdades

Los desarrollos tecnológicos propuestos en este proyecto tienen el potencial de mejorar las vidas de los ugandeses, particularmente en términos de **creación de empleo, fortalecimiento del empleo agrícola, mejora de la infraestructura y reducción de la desigualdad**. Las fábricas previstas en Tororo, Jinja y Njeru crearán miles de puestos de trabajo directos e indirectos, desde ingenieros básicos hasta trabajadores agrícolas que abastecen a las fábricas.

El **sector agrícola**, que es un pilar de la economía de Uganda y del que dependen más del 70% de los hogares, se beneficiará del establecimiento de una planta de fertilizantes en Tororo. Este proyecto de industrialización facilitará el acceso a materias primas de alta calidad a precios asequibles, lo que permitirá a los agricultores mejorar significativamente sus rendimientos.

En términos de **infraestructura**, la modernización del puerto de Kampala y el desarrollo de carreteras como la autopista Kampala-Jinja serán factores clave para mejorar la eficiencia de las exportaciones y reducir los costes de transporte. Esto no sólo facilitará la distribución eficiente de materias primas y productos terminados, sino que también brindará acceso a bienes y servicios vitales en áreas remotas. Otro factor importante es la energía. Actualmente, sólo el 25% de la población tiene acceso a la electricidad, lo que obstaculiza el desarrollo rural. El sistema de cogeneración de energía implementado en la planta de etanol de Jinja energizará a las comunidades cercanas, mejorando sus medios de vida e impulsando la economía local.

Finalmente, estos proyectos buscan abordar las desigualdades históricas en el país, donde el desarrollo ha estado concentrado en las zonas urbanas. La instalación de plantas industriales en regiones estratégicas y menos desarrolladas, como Tororo, permitirá equilibrar el crecimiento económico, generando oportunidades y mejorando las condiciones de vida en áreas tradicionalmente marginadas.

REFERENCIAS

1. Inicio. *Climate & Clear Coalition*. [En línea] 2024. <https://www.ccacoalition.org/es/partners/uganda>.
2. United Nations Development Program. *Human Development Report*. [En línea] 2019. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2019>.
3. contributors, Wikipedia. *Wikipedia*. *Wikipedia*. [En línea] 25 de 1 de 2025. https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_Uganda.
4. Biryabarema, Elias. Reuters. *Uganda signs rail building deal with Turkey's Yapi Merkezi*. [En línea] 14 de 10 de 2024. <https://www.reuters.com/world/uganda-signs-rail-construction-agreement-with-turkeys-yapi-merkezi-2024-10-14/>.
5. ClimasyViajes. <https://www.climasyviajes.com/clima/uganda>. *ClimasyViajes*. [En línea]
6. Weather Spark. *Clima y tiempo promedio durante todo el año en Uganda*. [En línea] <https://es.weatherspark.com/countries/UG>.
7. Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación de España. Ficha País: Uganda. *Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación*. [En línea] https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/UGANDA_FICHA%20PAIS.pdf.
8. Goitia, Fernando. El gigante moribundo: el mítico lago Victoria, arrasado por la sobrepesca y la contaminación. *La Voz de Galicia*. [En línea] 3 de 11 de 2019. <https://www.lavozdegalicia.es/xlsemanal/a-fondo/lago-victoria-africa-desastre-contaminacion-sobrepesca-muerto.html>.
9. Mundial, Banco. Desarrollo del sector minero en Uganda. *Banco Mundial*. [En línea] 19 de 3 de 2013. <https://www.bancomundial.org/es/results/2013/03/19/developing-uganda-s-mining-sector>.
10. Uganda, Ministerio de Obras y Transporte de. Uganda to Modernize Kilembe Copper Mines. *Ministerio de Obras y Transporte de Uganda*. [En línea] 5 de 2024. <https://infrastructure.go.ug/uganda-to-modernize-kilembe-copper-mines/>.
11. Español, RT en. Un país africano con "grandes yacimientos infraexplotados" crea su primera empresa minera estatal. *RT en Español*. [En línea] 2 de 10 de 2024. <https://actualidad.rt.com/actualidad/525352-pais-africano-grandes-yacimientos-infraexplotados-minera>.
12. Limited, Hima Cement. Hima Cement Limited. *Hima Cement*. [En línea] <https://himacement.co/>.
13. Reuters. La producción de crudo impulsará el crecimiento económico de Uganda a dos dígitos, según el FMI. *Reuters*. [En línea] 12 de 9 de 2024. <https://www.reuters.com/business/energy/crude-oil-production-thrust-ugandas-economic-growth-into-double-digits-imf-2024-09-12/>.
14. Watch, Human Rights. Uganda: El proyecto de oleoducto empobrece a miles de personas. *Human Rights*

- Watch*. [En línea] 10 de 8 de 2023. <https://www.hrw.org/es/news/2023/07/10/uganda-el-proyecto-de-oleoducto-empobrece-miles-de-personas>.
15. (UNOC), Uganda National Oil Company. East African Crude Oil Pipeline. *UNOC*. [En línea] 2024. <https://www.unoc.co.ug/midstream/east-african-crude-oil-pipeline/>.
16. Datosmacro.com. Uganda - Generación de electricidad 2022. *Datosmacro.com*. [En línea] <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-generacion/uganda>.
17. International, Hydropower & Dams. Country Profile: Uganda. *Hydropower & Dams International*. [En línea] <https://www.hydropower-dams.com/country-profiles/uganda/>.
18. Wikipedia. List of power stations in Uganda. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_power_stations_in_Uganda.
19. Bank, European Investment. Bujagali Hydroelectric Project, Uganda. *European Investment Bank*. [En línea] <https://www.eib.org/en/press/topical-briefs/all/bujagali-hydroelectric-project-uganda>.
20. Energía, El Periódico de la. África añade 2 GW de capacidad hidroeléctrica en 2023, pero solo aprovecha el 10% del potencial del continente. *El Periódico de la Energía*. [En línea] 8 de 5 de 2024. <https://elperiodicodelaenergia.com/africa-anade-2-gw-capacidad-hidroelectrica-2023-aprovecha-10-potencial-continente/>.
21. Reuters. Uganda commissions \$1.7 bln China-financed hydropower plant. *Reuters*. [En línea] 26 de 9 de 2024. <https://www.reuters.com/business/energy/uganda-commissions-17-bln-china-financed-hydropower-plant-2024-09-26/>.
22. Cooperativas), DGRV (Confederación Alemana de. Las cooperativas como promotoras de las energías renovables en Uganda: El proyecto de las briquetas de biomasa. *DGRV*. [En línea] <https://www.dgrv.coop/es/publicaciones-2/las-cooperativas-como-promotoras-de-las-energias-renovables-en-uganda-el-proyecto-de-las-briquetas-de-biomasa/>.
23. Uganda, Ministerio de Obras y Transporte de. Estadísticas clave del transporte en Uganda. *Ministerio de Obras y Transporte de Uganda*. [En línea] <https://www.works.go.ug/statistics>.
24. Wikipedia. Port Bell. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/Port_Bell.
25. (DLCA), Digital Logistics Capacity Assessments. Uganda - 2.1.1 Inland Port of Jinja. *DLCA*. [En línea] <https://dlca.logcluster.org/uganda-211-inland-port-jinja>.
26. IndexMundi. Puertos y bahías de Uganda. *IndexMundi*. [En línea] https://www.indexmundi.com/es/uganda/puertos_y_bahias.html.
27. Wikipedia. *Bukasa Inland Port*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/Bukasa_Inland_Port.
28. Wikipedia. Ntoroko District. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/Ntoroko_District.
29. Uganda, Autoridad de Aviación Civil de. Entebbe International Airport. *Autoridad de Aviación Civil de Uganda*. [En línea] <https://caa.go.ug/entebbe-international-airport/>.
30. Wikipedia. List of airports in Uganda. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_airports_in_Uganda.
31. —. List of airports in Uganda. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_airports_in_Uganda.
32. IndexMundi. Carreteras - Uganda - Transportes. *IndexMundi*. [En línea] <https://www.indexmundi.com/es/uganda/carreteras.html>.
33. Xaxás, Xavier Mas de. Uganda: El tren del dictador. *La Vanguardia*. [En línea] <https://reportajes.lavanguardia.com/africa/uganda-el-tren-del-dictador/>.
34. propia, Elaboración. [En línea] 2025.
35. School, EENI Global Business. Corredores de Transporte en África. Carreteras. *EENI Global Business School*. [En línea] <https://www.reingex.com/Africa-Corredores.shtml>.

36. Ministry of Works and Transport, Uganda. Kampala-Entebbe Expressway. *Ministry of Works and Transport, Uganda*. [En línea] <https://www.works.go.ug/component/k2/item/25-kampala-entebbe-expressway>.
37. Mundial, Banco. Reviviendo el Lago Victoria mediante la restauración de medios de vida. *Banco Mundial*. [En línea] 29 de 2 de 2016. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/02/29/reviving-lake-victoria-by-restoring-livelihoods>.
38. Agricultura), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la. OSRO UGA 906 SPA - Project Highlights. *FAO*. [En línea] https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/emergencias/docs/projects/OSRO%20UGA%20906%20SPA%20Project%20Highlights_Sp%20%282%29.pdf.
39. Mundial, Banco. Uganda | Resumen del comercio | 2022. *World Integrated Trade Solution (WITS)*. [En línea] <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/es/Country/UGA/Year/2022/Summary>.
40. (WITS), World Integrated Trade Solution. Uganda | Resumen del comercio | 2022. *World Bank*. [En línea] <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/es/Country/UGA/Year/2022/Summary>.
41. Humanidades.com. Oro. *Humanidades.com*. [En línea] <https://humanidades.com/oro/>.
42. Vella, Heidi. The \$13tn question: Will Uganda's newest gold deposit change the face of mining? *Mining Technology*. [En línea] 14 de 9 de 2022. <https://www.mining-technology.com/features/uganda-gold-deposit-investment/>.
43. EAFIT, Universidad. Estudio de prefactibilidad para la creación de una refinería de oro en Antioquia. *Repositorio Institucional Universidad EAFIT*. [En línea] 2014. <https://repository.eafit.edu.co/items/80df7c37-5281-4722-a80c-634c01a12104>.
44. Opiyo, Kenedy. Design of an optimal open pit layout for Tiira gold mine using geotechnical properties. *Tesis de maestría*. [En línea] 2016. <https://ir.busitema.ac.ug/handle/20.500.12283/1822>.
45. Inversiones, ICEX España Exportación e. Kenia, Tanzania, Uganda y Ruanda. *ICEX*. [En línea] 12 de 2021. <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/084/documentos/2021/12/documentos-anexos/DOC2019838402.pdf>.
46. P. M. M. George, J. Coakley. The Mineral Industries of Africa. *United States Geological Survey (USGS)*. [En línea] <https://www.usgs.gov/>.
47. Yanacocha. "El proceso del oro de principio a fin". *Yanacocha.com*. [En línea] 2006. <https://www.yanacocha.com/proceso-del-oro>.
48. Proceso de extracción y refinación del oro. *MineralesDelOro.com*. [En línea] <https://www.mineralesdeloro.com/proceso>.
49. International, Tierra Group. "Proyecto de Mina Orotex". *Tierra Group International*. [En línea] <https://www.tierragroupinternational.com/projects/proyecto-de-mina-orotex-es>.
50. Institute, Project Management. Financiación de Proyectos. *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*. Newtown Square, PA : Project Management Institute, 2021.
51. Fertiberia. Fertilizantes NPK. *Fertiberia*. [En línea] <https://www.fertiberia.com/que-hacemos/hidrogeno-verde-y-amoniaco-bajo-en-carbono/>.
52. FH, Wikimedia Commons: Jacek. Wikipedia. *Diagrama del proceso de Haber-Bosch*. [En línea] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haber-Bosch-es.svg>.
53. 2.1 Sustancias químicas de importancia industrial. *Junta de Andalucía*. [En línea] https://eeda.juntadeandalucia.es/bancorecursos/file/76c5028e-e9b5-4da9-ac76-f6bef55d96b1/1/es-an_2021060112_9092104.zip/21_sustancias_quimicas_de_importancia_industrial.html?temp.hn=true&temp.hb=true.
54. Maps, Google. *Google Maps*. [En línea] <https://www.google.es/maps/?hl=es>.
55. TECPA. Las etapas del proceso de Haber Bosch. *TECPA Formación de Ingenieros*. [En línea] 2023. <https://www.tecpa.es/proceso-haber-bosch/>.

56. Ciudades Olvidadas. *La Soledad Imperante en Jinja: El Pasado Industrial de Uganda a la Deriva*. [En línea] https://ciudadesolvidadas.puntanetwork.com/africa/soledad-imperante-jinja-pasado-industrial-uganda-deriva/?utm_source=chatgpt.com.
57. Uncafecito. *Guía de Café de Uganda: Historia, Granos, Regiones, Notas de Sabor*. [En línea] <https://uncafeci.to/cafe-uganda/>.
58. elordenmundial. *Comercio y café en el mundo*. [En línea] <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/comercio-cafe-mundo/>.
59. Bukasa Port Construction Has Begun. *infrastructure.go.ug*. [En línea] https://infrastructure.go.ug/bukasa-port-construction-has-begun/?utm_source=chatgpt.com.
60. Autor. Este es el ejemplo de una cita. *Tesis Doctoral*. 2012, Vol. 2, 13.
61. Autor, Otro. Otra cita distinta. *revista*. 2001, pág. 12.
62. Navas, Ana. [En línea]
63. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2019>. *Human Development Reports*. [En línea] 2019.
64. FAO, UNESCO/. *Mapa de uso del suelo y biodiversidad en Uganda*. [En línea] <https://www.unesco.org/en>.
65. PeterHermesFurian. Mapa de Uganda. *iStockphoto*. [En línea] 15 de 8 de 2014. <https://www.istockphoto.com/es/ilustraciones/mapa-de-uganda>.
66. Malaspina, Alejandro. Pinterest. *Pinterest, Mapas de Uganda*. [En línea] <https://dk.pinterest.com/pin/536491374371973974/>.
67. La Nacion. *La Nacion*. [En línea] 25 de 1 de 2021. <https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/idi-amin-dictador-carnicero-uganda-50-anos-nid2581841/>.
68. The Global Economy. *Uganda - Economy Growth*. [En línea] 2023. https://es.theglobaleconomy.com/Uganda/Economic_growth/.
69. ChatGpt. *ChatGpt - Mapa climatico Uganda*. [En línea] 2025. <https://chatgpt.com/>.
70. d-maps.com. Uganda - Mapa detallado. *d-maps.com*. [En línea] https://d-maps.com/carte.php?num_car=26960&lang=es.
71. planetGOLD. Uganda - planetGOLD. *planetGOLD*. [En línea] <https://www.planetgold.org/es/uganda>.
72. Expansión/Datosmacro. Reservas de petróleo en Uganda. *Datosmacro.com*. [En línea] <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/petroleo/reservas/uganda>.
73. Selva, Salva la. Uganda: ¡Dejen el petróleo bajo la tierra! *Salva la Selva*. [En línea] <https://www.salvalaselva.org/peticion/1200/uganda-dejen-el-petroleo-bajo-la-tierra>.
74. Worldometer. Uganda Natural Gas. *Worldometers*. [En línea] <https://www.worldometers.info/gas/uganda-natural-gas/>.
75. Wikipedia. Energía en Uganda. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_en_Uganda.
76. Reuters. Uganda commissions \$1.7 bln China-financed hydropower plant. *Reuters*. [En línea] 24 de 9 de 2024. <https://www.reuters.com/business/energy/uganda-commissions-17-bln-china-financed-hydropower-plant-2024-09-26/>.
77. Meteogram.es. Sol en Uganda - Kampala. *Meteogram.es*. [En línea] <https://meteogram.es/sol/uganda/kampala/>.
78. Inversiones, ICEX España Exportación e. Infraestructura y transporte en Uganda. *ICEX España Exportación e Inversiones*. [En línea] 12 de 2012. <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/000/documentos/2021/12/documentos-anexos/DOC2021896320.pdf>.

79. Wikipedia. List of airports in Uganda. *Wikipedia*. [En línea] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_airports_in_Uganda.
80. University, HA. Uganda Transport. *HA University*. [En línea] <https://www.hauniversity.org/es/Uganda-Transport.shtml>.
81. School, EENI Global Business. Corredores de Transporte en África. Carreteras. *EENI Global Business School*. [En línea] <https://www.reingex.com/Africa-Corredores.shtml>.
82. (WITS), World Integrated Trade Solution. Uganda Trade Summary 2022. *World Bank*. [En línea] <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/UGA/Year/2022/Summary>.
83. Inversiones, ICEX España Exportación e. Documento Anexo: Uganda. *ICEX España Exportación e Inversiones*. [En línea] 12 de 2021. <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/000/documentos/2021/12/documentos-anexos/DOC2021896320.pdf>.
84. Wikipedia. Wikipedia, la enciclopedia libre. *Wikipedia*. "Minería del oro". [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_del_oro.
85. Desconocido. Oro. *Procesos Mineros*. [En línea] <https://procesosmineros.weebly.com/oro.html>.
86. Analytics, EOS Data. Tipos de Fertilizantes y Cómo Elegir el Adecuado. *EOS Data Analytics*. [En línea] 12 de 9 de 2024. <https://eos.com/es/blog/tipos-de-fertilizantes/>.
87. Fertilis, BC. Potencia Tu Cultivo, con los Nutrientes NPK. *BC Fertilis*. [En línea] 8 de 2023. <https://bcfertilis.com/actualidad/potencia-cultivo-nutrientes-npk-plantas/>.
88. Labster. *El Proceso de Haber*. [En línea] <https://theory.labster.com/es/haber-process/>.
89. Uganda, Instituto Geográfico de. Mapa de Uganda con énfasis en la región de Tororo. *Atlas Geográfico de Uganda, Edición 2022*. [En línea] 2022.
90. Gurego. Separador de Nitrógeno NSU Series. *Gurego*. [En línea] 2025. <https://gurego.net/producto/separador-de-nitrogeno-nsu-series>.
91. Estévez, R. ¿En qué consiste un electrolizador? *ecointeligencia*. [En línea] 2023. <https://www.ecointeligencia.com/2023/12/electrolizador-2/>.
92. Electromedicina, Ceimsa. Desarrollo de un nuevo sistema de compresión. *Ceimsa Electromedicina*. [En línea] 2014. <https://www.ceimsa.es/es/blog/desarrollo-de-un-nuevo-sistema-de-compresion>.
93. Froztec. Cómo elegir tus equipos de refrigeración industrial. *Froztec*. [En línea] <https://www.froztec.com/es-mx/como-elegir-tus-equipos-de-refrigeracion-industrial>.
94. Sagafluid. Reactores Químicos: los equipos clave para la industria. *Sagafluid*. [En línea] 15 de 3 de 2023. <https://sagafluid.com/reactores-quimicos-equipos-clave-para-la-industria/>.
95. LoChamp. Granulador de tambor rotativo. *LoChamp*. [En línea] <http://animalfeedcn.com.ar/3-4-rotor-drum-granulator.html>.
96. S.A.U, Lleal. Secadores de lecho fluido SLF/LL. *Lleal S.A.U*. [En línea] <https://www.lleal.com/producto/secadores-de-lecho-fluido-slf-ll/>.
97. Srl, CAMEC. Criba vibratoria. *CAMEC Srl*. [En línea] <https://www.camec.net/es/nuestras-divisiones/divisi%C3%B3n-de-reciclaje/cribas/criba-vibratoria>.
98. Tecno, MF. Envasado de fertilizantes naturales y químicos. *MF Tecno*. [En línea] <https://www.mftecno.com/es/casos-historicos/ensado-de-fertilizantes-naturales-y-quimicos/>.
99. Weg: Planta de etanol. *Weg*. [En línea] <https://www.weg.net/institutional/ES/es/solutions/sugar-ethanol>.
100. Uganda - General Logistics and Planning Map. *Logcluster*. [En línea] <https://logcluster.org/en/document/uganda-general-logistics-and-planning-map>.
101. National Environment Management Authority (NEMA) Uganda. *Facebook*. [En línea] <https://www.google.com/imgres?q=nema%20uganda&imgurl=https%3A%2F%2Flookaside.fbsbx.com%2Flo>

okaside%2Fcrawler%2Fmedia%2F%3Fmedia_id%3D100064783503891&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2FNemaUg%2F&docid=fkxnyLOs73BEWM&tbnid=HhZOCE7KyYvWXM&vet=12ahUKE.

102. Home - Uganda Revenue Authority. *Uganda Revenue Authority*. [En línea] <https://www.google.com/imgres?q=ura%20uganda&imgurl=https%3A%2F%2Fura.go.ug%2Fstorage%2F202%2F10%2FURA-logo.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fura.go.ug%2Fen%2F&docid=-SjJLC3YZCDS9M&tbnid=FwZyPwyRYZYJPM&vet=12ahUKEwik-uDmj5iLAXUTcfEDHdJdDDMQM3oECBcQAA..i&w=1001>.

103. Uganda Healthcare Federation . *UHFUG*. [En línea] <https://www.uhfug.com/world-bank/>.

104. Imolino. imolino. *Extraccion del jugo*. [En línea]

105. Cultipliy. Tipos de biorreactores. *Cultipliy*. [En línea] <https://cultipliy.net/tipos-de-biorreactores/>.

106. Herrera, Sergio Jesús Navas. *Proyecto fin de carrera: Control de columnas de destilacion*.

107. Nescafé. ¿Sabes cuál es el proceso de producción del café? . *Facebook*. [En línea] <https://www.facebook.com/escoffee/posts/sabes-cu%C3%A1-es-el-proceso-de-producci%C3%B3n-del-caf%C3%A9-te-lo-contamos-paso-a-paso-en-es/10163502745875640/>.

108. Separador vibratorio de tipo multicapa y sellado. *GUAN YU*. [En línea] <https://www.guan-yu.net/es/product/GY-500-3S.html>.

109. Angelon. *Maquina clasificadora optica de cerezas de café*. [En línea] https://es.angelon.com.cn/optical-coffee-cherry-sorting-machine_p22.html.

110. URBAR. Mesas densimetricas. *URBAR*. [En línea] <https://www.urbar.com/mesas-densimetricas-espana/>.

111. Bonka. Bonka. *10 curiosidades sobre el tostado del café*. [En línea] <https://www.bonka.es/amor-por-el-cafe/10-curiosidades-tostado-cafe>.

112. directindustry. *Molino de cilindros*. [En línea] <https://www.directindustry.es/prod/modern-process-equipment-corporation/product-61686-434753.html>.

113. jwrjjas. retert.

