Environmental Management Improvement Proposal for Cost Reduction at NORBOX E.I.R.L. in Laredo, La Libertad, 2026

Maria Grazia Sernaqué-Montero[1], *Fernanda Cecilia Canevaro-Castro*[1], *Miguel Angel Rodríguez-Alza* [1]
[1]*Universidad Privada del Norte*, Perú; N00317297@upn.pe,
N00316262@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

Abstract– This research was conducted to design and economically evaluate an environmental management improvement proposal aimed at reducing the environmental impacts and operating costs of NORBOX E.I.R.L., a manufacturer of egg crates made from recycled paper and cardboard in Laredo, La Libertad, through resource optimization and operating cost reduction. The study was applied, descriptive-propositional, and non-experimental, with a diagnosis conducted using the Ishikawa diagram, Pareto analysis, and Leopold Matrix; a proposal consisting of three environmental plans (PAMA, Contingency Plan, and PRM); and an evaluation based on NPV, IRR, and B/C ratio. The results showed that chemical-laden effluents, deficient occupational safety, and excessive water consumption account for 80.51% of a monthly loss of S/ 23,600.00. With an investment of S/ 90,000.00, the proposal is projected to reduce these costs by 80%, achieving an NPV of S/ 421,326.31, an IRR of 121.96%, and a B/C ratio of 1.89, evidencing its economic feasibility.
Keywords-Environmental management, operating costs, PAMA, economic evaluation, recycled paper and cardboard industry.

Propuesta de Mejora de la Gestión Ambiental para la Reducción de Costos de la Empresa NORBOX E.I.R.L. en Laredo - La Libertad 2026

Maria Grazia Sernaqué-Montero[1], Fernanda Cecilia Canevaro-Castro[1], Miguel Angel Rodríguez-Alza [1]
[1]*Universidad Privada del Norte*, Perú; N00317297@upn.pe,
N00316262@upn.pe, miguel.rodriguez@upn.edu.pe

Resumen– ***Se investigó con el fin de diseñar y evaluar económicamente una propuesta de mejora de la gestión ambiental orientada a reducir los impactos ambientales y costos operativos de NORBOX E.I.R.L., fabricante de jabas de huevo con papel y cartón reciclado en Laredo, La Libertad, mediante la optimización del uso de recursos y la reducción de costos operativos. El estudio fue aplicado, de nivel descriptivo-propositivo y diseño no experimental, con diagnóstico mediante Ishikawa, Pareto y Matriz de Leopold; una propuesta integrada por tres planes ambientales (PAMA, Plan de Contingencia y PRM); y una evaluación mediante VAN, TIR y B/C. Se halló que los efluentes con químicos, la deficiente seguridad laboral y el consumo excesivo de agua concentran el 80.51 % de una pérdida mensual de S/ 23,600.00. Con una inversión de S/ 90,000.00, la propuesta proyecta reducir estos costos en 80 %, obteniendo un VAN de S/ 421,326.31, una TIR de 121.96 % y una relación B/C de 1.89, evidenciando su viabilidad económica.***

Palabras Claves- Gestión ambiental, costos operativos, PAMA, evaluación económica, industria del papel y cartón reciclado.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de residuos sólidos, como papel y cartón, constituye un problema ambiental que genera contaminación y mayores costos de disposición. Esta situación también afecta a las industrias que emplean materiales reciclados y requieren procesos eficientes para su aprovechamiento. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo diseñar y evaluar económicamente una propuesta de mejora de la gestión ambiental que contribuya a reducir los impactos ambientales y los costos operativos de NORBOX E.I.R.L.

NORBOX E.I.R.L. fabrica jabas de huevo con papel y cartón reciclado, pero enfrenta una serie de retos ambientales en su proceso productivo que generan impactos negativos sobre el entorno y derivan en costos operativos evitables. A nivel global, el uso intensivo de agua y energía en la industria del reciclaje genera sobrecostos y emisiones que comprometen la sostenibilidad del sector. En Perú, la ausencia de infraestructura adecuada para el tratamiento de efluentes industriales agrava esta problemática y expone a las empresas a sanciones regulatorias. En NORBOX, la combinación de deficiencias operativas, ambientales y de gestión interna incrementa los costos y reduce la competitividad de la empresa, evidenciando la necesidad de una propuesta de mejora que permita identificar, priorizar y atender las causas raíz de estos problemas.

La industria del papel y cartón reciclado enfrenta retos ambientales relacionados con el consumo intensivo de agua y la generación de efluentes contaminantes durante su proceso productivo, los cuales contienen componentes complejos como lignina, dioxinas y compuestos orgánicos de difícil degradación, cuyo tratamiento adecuado resulta clave para reducir la contaminación, mejorar la eficiencia hídrica y generar beneficios económicos para las empresas del sector [1]. Asimismo, se ha evidenciado que los molinos de papel generan grandes volúmenes de aguas residuales y lodos según el proceso productivo empleado, siendo el reúso del agua una estrategia económica y ambientalmente viable frente a su tratamiento y disposición [2]. Para reducir esta carga contaminante, la electrocoagulación con electrodos de aluminio y hierro ha demostrado ser un método eficiente para remover DQO y sólidos suspendidos, siendo aplicable incluso a plantas de pequeña escala [3], mientras que un análisis de ciclo de vida en una fábrica de papel reciclado concluyó que las mejoras ambientales del sector deben enfocarse en la eficiencia energética y la reducción de residuos sólidos [4]. Estos antecedentes evidencian que los problemas ambientales de NORBOX E.I.R.L. son una realidad documentada con soluciones técnicas viables.

En el Perú, la actividad industrial está regulada por la Ley N.° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), promulgada en 2001, y por su Reglamento, aprobado mediante el D.S. N.° 019-2009-MINAM. Este marco normativo establece mecanismos para identificar, prevenir y corregir anticipadamente los impactos ambientales negativos derivados de las actividades productivas, así como la exigencia de instrumentos de gestión ambiental según su nivel de impacto. Su incumplimiento puede generar medidas administrativas y sanciones por parte de la autoridad competente [5].

Los problemas ambientales de NORBOX E.I.R.L. generan costos operativos evitables. El consumo excesivo de agua incrementa los pagos por el recurso, la energía utilizada para el bombeo y el manejo del mayor volumen de aguas residuales. Asimismo, la descarga o el manejo inadecuado de efluentes con fibras y químicos puede constituir una infracción ambiental y exponer a la empresa a sanciones del OEFA, cuya cuantía dependerá de la conducta, su gravedad y el daño ambiental ocasionado [6]. Por otro lado, la falta de equipos de protección personal puede constituir una infracción grave y, cuando genere un riesgo grave e inminente para los trabajadores, una infracción muy grave. En el caso de una microempresa inscrita en el REMYPE, la sanción por una infracción muy grave puede alcanzar 0.68 UIT cuando existen diez o más trabajadores afectados [7]. Considerando que la UIT para el año 2026 es de S/ 5,500, dicho monto equivale a S/ 3,740, además de los costos derivados de incidentes, ausentismo y pérdida de productividad [8].

Para comprender y abordar los problemas ambientales de la empresa, se emplearon herramientas de diagnóstico y gestión ambiental. En primer lugar, el diagrama de Ishikawa o espina de pescado es una herramienta que permite visualizar de forma estructurada las posibles causas de un problema, organizándolas en categorías como mano de obra, maquinaria, método, materiales y medio ambiente, facilitando así la identificación de causas raíz en procesos industriales [9].

Complementariamente, los mapas cartográficos constituyen una herramienta de representación espacial que permite ubicar geográficamente una empresa en su entorno, identificando vías de acceso, zonas residenciales, cuerpos de agua y áreas sensibles cercanas, lo que facilita la contextualización territorial de los problemas y apoya la toma de decisiones en la gestión ambiental [10].

Asimismo, la Matriz de Leopold cruza las acciones de un proyecto con los factores ambientales potencialmente afectados, asignando valores de magnitud e importancia a cada interacción para identificar impactos negativos y positivos de forma sistemática, siendo considerada una metodología de bajo costo y alta utilidad como método de aplicación inicial en proyectos industriales y de gestión de residuos [11].

Por su parte, los diagramas de flujo y de red permiten representar de manera ordenada la secuencia de actividades, las entradas y salidas del sistema, y las relaciones de causalidad entre los problemas y sus efectos sobre el ambiente y la operación; el primero facilita identificar puntos críticos de consumo excesivo de agua, efluentes o pérdidas de eficiencia, mientras que el segundo permite visualizar impactos primarios, secundarios y finales derivados de una misma problemática, favoreciendo así la comprensión de sistemas complejos y el diseño de intervenciones de mejora [12], [13].

Frente a los impactos identificados, es necesario incorporar instrumentos orientados tanto a la respuesta inmediata como a la prevención y control progresivo. En primer lugar, el plan de contingencia ambiental establece los procedimientos y acciones que deben ejecutarse ante eventos no previstos que puedan generar afectaciones al ambiente, tales como derrames, fugas, incendios, fallas operativas o eventos naturales. La guía de Estrategia de Manejo Ambiental del MINAM lo reconoce como parte de los planes que integran el manejo ambiental, mientras que un plan técnico revisado por SENACE señala entre sus objetivos prever daños a trabajadores, instalaciones y comunidades, así como minimizar daños económicos e interrupciones de actividades [14], [15].

Por otro lado, el plan de prevención, remediación y mitigación ambiental comprende el conjunto de medidas técnicas, operativas y de seguimiento destinadas a evitar la ocurrencia de impactos, reducir su magnitud cuando no puedan evitarse, corregir los efectos negativos generados y, cuando corresponda, restaurar o remediar los componentes afectados. La guía del MINAM sobre Estrategia de Manejo Ambiental indica que la jerarquía de mitigación sigue la secuencia de prevención, minimización, restauración y, cuando corresponda, compensación ambiental; además, en el plan de abandono o cierre se contemplan acciones de limpieza, descontaminación, remediación, reforestación y recuperación de áreas intervenidas [16], [17].

En este marco, el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) constituye uno de los instrumentos de gestión ambiental correctivos aplicables a las actividades en curso de la industria manufacturera que requieren adecuar progresivamente sus operaciones a las obligaciones ambientales. El Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, aprobado mediante el D.S. N.° 017-2015-PRODUCE, regula los instrumentos y medidas de protección ambiental aplicables a este sector [18], mientras que la R.M. N.° 466-2019-PRODUCE establece los términos de referencia para su elaboración, incluyendo la identificación de impactos, las medidas de manejo y los compromisos ambientales [19], y el D.S. N.° 020-2025-PRODUCE fija los plazos y condiciones para dicha adecuación [20]. En NORBOX E.I.R.L., el PAMA permitirá organizar medidas orientadas a optimizar el consumo de agua, controlar los efluentes con fibras y aditivos y mejorar el manejo de residuos, estableciendo responsables, indicadores, plazos y costos para la mejora progresiva de su desempeño ambiental.

La gestión ambiental no solo impacta en la sostenibilidad, sino también en la eficiencia económica de la empresa. Para medir la rentabilidad de las mejoras propuestas se utilizan indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo (B/C). Estos ratios permiten evaluar si los ahorros generados por la reducción de consumo de agua, el tratamiento adecuado de efluentes y la disminución de sanciones superan la inversión inicial, garantizando que la propuesta sea viable y competitiva [21].

En síntesis, los problemas ambientales identificados en NORBOX E.I.R.L. evidencian la necesidad de establecer medidas de gestión que reduzcan los impactos ambientales y los costos asociados. Por ello, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida una propuesta de mejora de la gestión ambiental contribuiría a reducir los impactos ambientales y los costos operativos de NORBOX E.I.R.L. en Laredo, La Libertad, 2026? Se plantea como propósito evaluar una propuesta de mejora orientada a optimizar el uso de recursos, reducir los riesgos ambientales y disminuir los gastos operativos de NORBOX E.I.R.L. En consecuencia, el objetivo general es diseñar y evaluar económicamente una propuesta de mejora de la gestión ambiental orientada a reducir los impactos ambientales y los costos operativos de la empresa.

II. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-propositivo y diseño no experimental de corte transversal, dado que no se manipulan variables, sino que se analiza la situación ambiental de la empresa en su contexto natural durante 2026 [22]. Corresponde a un estudio de diagnóstico, propuesta y evaluación; por ello, no se realiza un contraste estadístico inferencial, sino la validación de la

viabilidad técnico-económica de la propuesta a partir de valores proyectados.

El proceso de desarrollo se estructura en tres etapas: diagnóstico, empleando un diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz y un diagrama de Pareto para priorizarlas según su impacto económico, así como una Matriz de Leopold para evaluar los impactos ambientales del proceso productivo; propuesta de mejora, mediante un Plan de Prevención, Remediación y Mitigación de Impactos Ambientales, un Plan de Contingencia Ambiental y un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA); y evaluación económica, a través de indicadores financieros como el VAN, la TIR y la relación Beneficio/Costo (B/C).

2.1. Diagnóstico

NORBOX E.I.R.L. es una empresa peruana ubicada en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, dedicada a la fabricación de jabas de huevo a partir de papel y cartón reciclado. Su proceso productivo, basado en el moldeo de fibra celulósica mediante un sistema de producción húmeda, abastece principalmente al mercado avícola regional y representa una alternativa sostenible frente al empaque plástico; sin embargo, involucra el uso intensivo de agua, energía y aditivos químicos, generando impactos ambientales que requieren una gestión adecuada.

NORBOX E.I.R.L., identificada con RUC: 20610047379, se encuentra ubicada en la Carretera Industrial Laredo, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Se presenta un mapa con capas en la Figura 1 para visualizar la ubicación de la empresa.



Figura 1. Mapa en capas de la ubicación de NORBOX E.I.R.L.

A continuación, se emplea un diagrama de Ishikawa en la Figura 2 para identificar y examinar las causas raíz de los problemas ambientales que generan costos operativos evitables en NORBOX E.I.R.L., permitiendo visualizar de forma estructurada los factores que contribuyen a una gestión ambiental inadecuada en su proceso productivo.

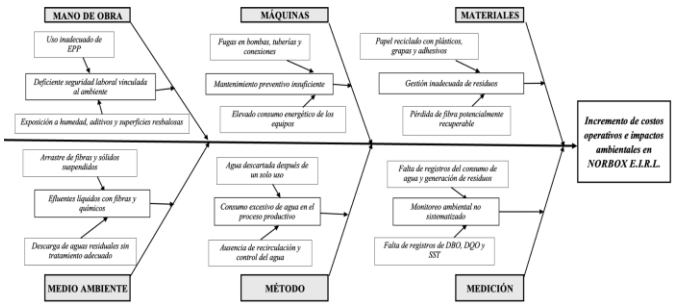


Figura 2. Diagrama de Ishikawa de NORBOX E.I.R.L.

A partir del diagrama de Ishikawa de la Figura 2, se identificaron seis causas asociadas a los costos operativos e impactos ambientales de NORBOX E.I.R.L.: efluentes líquidos con fibras y químicos, deficiente seguridad laboral, consumo excesivo de agua, mantenimiento insuficiente, gestión inadecuada de residuos y monitoreo ambiental no sistematizado. Estas generaron pérdidas vinculadas al sobreconsumo de recursos, limpiezas correctivas, interrupciones operativas e incidentes.

Posteriormente, se elaboró el diagrama de Pareto (Figura 3), calculando la participación individual y acumulada de cada causa según su costo mensual respecto a la pérdida total estimada de S/ 23,600.00.

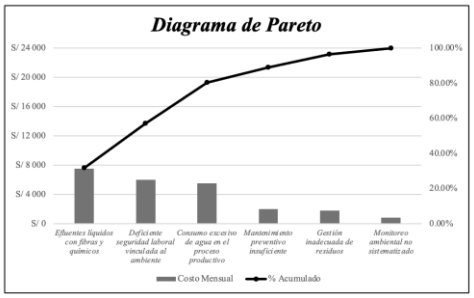


Figura 3. Diagrama de Pareto

Como se observa en la Figura 3, los efluentes líquidos con fibras y químicos (P1) representan el 31.78 % de la pérdida económica mensual, con un costo estimado de S/ 7,500.00. La deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente (P2) representa el 25.42 %, equivalente a S/ 6,000.00 mensuales, mientras que el consumo excesivo de agua en el proceso productivo (P3) concentra el 23.31 %, con una pérdida de S/ 5,500.00 mensuales. En conjunto, los tres problemas acumulan el 80.51 % de los costos mensuales estimados. Por ello, conforme al principio de Pareto y al criterio de seleccionar un máximo de tres problemas críticos, se priorizaron P1, P2 y P3 para el diseño de la propuesta de mejora. Las tres causas restantes, mantenimiento preventivo insuficiente (S/ 2,000.00; 8.47 %), gestión inadecuada de residuos (S/ 1,800.00; 7.63 %) y monitoreo ambiental no sistematizado (S/ 800.00; 3.39 %), suman S/ 4,600.00 (19.49 %) y no fueron priorizadas por su menor participación individual.

TABLA 1.
PROBLEMAS, CAUSAS RAÍZ Y MONETIZACIÓN

PROBLEMA	CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	MONETIZACIÓN
P1: Efluentes líquidos con fibras y químicos	Falta de tratamiento de efluentes líquidos	Durante el pulpeado, moldeo y lavado se generan aguas residuales con fibras, materia orgánica y aditivos. La falta de tratamiento puede ocasionar obstrucción de drenajes, contaminación del agua y suelo, además del riesgo de sanción ambiental (OEFA).	Para estimar la pérdida económica mensual se consideraron los costos de limpieza, mantenimiento, disposición de residuos y el riesgo de una posible sanción ambiental.

Concepto	Monto
Costo de limpieza correctiva de drenajes y áreas afectadas	2 000.00 /mes
Costo de mantenimiento correctivo de equipos y conductos	1 500.00 /mes
Manejo y disposición de residuos del efluente	1 500.00 /mes
Contingencia por posible sanción ambiental	2 500.00 /mes
TOTAL	7 500.00 /mes

P2: Deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente	Falta de EPP y control de seguridad ambiental	El personal se encuentra expuesto a humedad, aditivos y superficies resbalosas sin protección suficiente. Esto incrementa el riesgo de caídas, irritaciones, interrupciones laborales, menor productividad y posibles sanciones en seguridad y salud en el trabajo (SUNAFIL).	Para estimar la pérdida económica mensual se consideraron las horas-hombre perdidas, la atención de incidentes, la menor productividad y el riesgo de una posible sanción laboral. Concepto / Monto Costo por horas-hombre perdidas: 1 800.00 /mes Costo por atención básica o descanso médico: 1 200.00 /mes Sobrecosto por menor rendimiento del personal: 1 100.00 /mes Contingencia por posible sanción laboral: 1 900.00 /mes TOTAL: 6 000.00 /mes
P3: Consumo excesivo de agua en el proceso productivo	Falta de control y recirculación del agua	La falta de medición, control y recirculación en las etapas de pulpeado, mezclado, moldeo y lavado incrementa el consumo de agua, la energía de bombeo y el volumen de efluentes generados, lo que sobrecarga los drenajes y dificulta el adecuado manejo ambiental de las aguas residuales.	Para estimar la pérdida económica mensual se consideraron los sobrecostos por consumo de agua, energía, limpieza, reprocesos y mantenimiento. Concepto / Monto Sobrecosto por consumo excesivo de agua: 1 100.00 /mes Sobrecosto por energía adicional por bombeo: 1 300.00 /mes Costo de limpieza y reprocesos: 1 100.00 /mes Mantenimiento y manejo del agua residual adicional: 2 000.00 /mes TOTAL: 5 500.00 /mes

Para complementar el diagnóstico ambiental de NORBOX E.I.R.L., se elaboró una Matriz de Leopold para identificar y valorar los impactos generados durante la fabricación de jabas de huevo con papel y cartón reciclado. Esta relacionó las actividades productivas con los factores ambientales afectados, considerando la magnitud e importancia del impacto en una escala de 1 a 10, permitiendo priorizar los problemas ambientales que sustentan la propuesta de mejora.

MATRIZ DE LEOPOLD – NORBOX E.I.R.L.

Evaluación de impactos ambientales por procesos productivos

ELEMENTOS FACTORES \ ACTIVIDADES		Preparación	Proceso húmedo			Conformado y secado		Acabado	Gestión y soporte			Σ
		Recepción y clasificación	Pulpeado (Hydrapulper)	Mezcla y aditivos	Moldeo por succión	Desmoldeo	Secado (Dryer)	Inspección y apilado	Lavado de equipos	Mantenimiento	Gestión de residuos y efluentes	
FÍSICO	Ecosistema terrestre	3 / 4	5 / 6	7 / 8	4 / 5	2 / 3	3 / 4	1 / 2	6 / 7	4 / 5	9 / 10	44 / 54
	Ecosistema aéreo	5 / 6	3 / 4	4 / 5	3 / 4	2 / 3	8 / 9	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5	36 / 46
	Ecosistema marítimo		5 / 6	6 / 7	4 / 5				8 / 9	2 / 3	9 / 10	34 / 40
BIOLÓGICO	Flora	2 / 3	5 / 6	5 / 6	4 / 5		2 / 3		5 / 6	2 / 3	8 / 9	33 / 41
	Fauna	2 / 3	5 / 6	5 / 6	4 / 5		2 / 3		5 / 6	2 / 3	8 / 9	33 / 41
	Microorganismos	2 / 3	6 / 7	6 / 7	5 / 6	2 / 3	2 / 3		6 / 7	3 / 4	8 / 9	40 / 49
SOCIOECONÓMICO /HUMANO	Salud y seguridad	5 / 6	6 / 7	9 / 10	7 / 8	5 / 6	8 / 9	4 / 5	8 / 9	9 / 10	8 / 9	69 / 79
	Costos y eficiencia	3 / 4	9 / 9	7 / 8	8 / 9	3 / 4	8 / 9	2 / 3	9 / 10	8 / 9	9 / 10	66 / 75
	Cumplimiento normativo	2 / 3	6 / 7	8 / 9	6 / 7	2 / 3	5 / 6	1 / 2	8 / 9	7 / 8	10 / 10	55 / 64
Σ		24 / 32	50 / 58	57 / 66	45 / 54	16 / 22	38 / 46	10 / 15	57 / 66	40 / 49	73 / 81	

Figura 4. Matriz de Leopold de NORBOX E.I.R.L.

Como se observa en la Matriz de Leopold, la actividad con mayor impacto ambiental es la gestión de residuos y efluentes (Σ = 73/81), seguida por mezcla y aditivos y lavado de equipos, ambas con Σ = 57/66; mientras que, en cuanto a los factores ambientales, el componente más afectado es salud y seguridad (Σ = 69/79), seguido de costos y eficiencia (Σ = 66/75) y cumplimiento normativo (Σ = 55/64), lo que evidencia que los impactos más significativos del proceso productivo se concentran en el manejo de efluentes, el uso de aditivos y las operaciones de soporte, afectando tanto el entorno como el desempeño operativo y regulatorio de la empresa.

A partir de este diagnóstico, se elaboró un diagrama de flujo para examinar el consumo excesivo de agua en el proceso de fabricación de jabas de huevo, problema que se presenta principalmente en las etapas de pulpeado, mezclado y moldeo, donde la falta de control operativo y de mecanismos de recirculación incrementa el uso del recurso hídrico y la generación de agua residual.

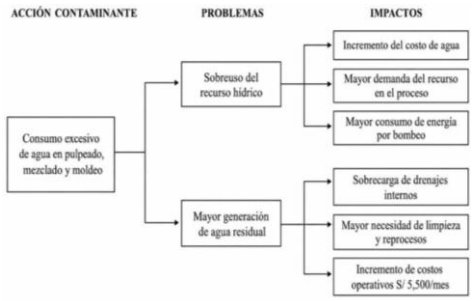


Figura 5. Diagrama de flujo del consumo excesivo de agua.

Como se aprecia en el diagrama, el consumo excesivo de agua no solo origina un sobreuso del recurso hídrico, sino también una mayor generación de agua residual, lo que repercute en el incremento del costo de agua, en una mayor demanda energética por bombeo, en la sobrecarga de drenajes internos y en la necesidad de limpieza y reprocesos, representando un incremento de costos operativos estimado en S/ 5,500 mensuales y afectando tanto la eficiencia del proceso como el desempeño ambiental de la empresa.

Seguidamente, se desarrolló un diagrama de red para analizar los efectos derivados de la generación de efluentes líquidos con fibras y químicos en NORBOX E.I.R.L., problema considerado relevante debido a que las aguas residuales del proceso contienen materia orgánica, fibras y aditivos que, al no recibir un tratamiento adecuado, pueden afectar el agua, el suelo y la gestión operativa de la empresa.



Figura 6. Diagrama de red de los efluentes líquidos con fibras y químicos.

El diagrama de red permite identificar los impactos generados por los efluentes líquidos con fibras y químicos: en los primeros niveles se evidencian efectos sobre el agua, el suelo y el componente económico-ambiental, asociados a descargas con

sólidos suspendidos, infiltración de efluentes, obstrucción de drenajes y necesidad de limpieza correctiva; y, como impacto final, un incremento de costos operativos de S/ 7,500.00 mensuales, además del riesgo de sanción ambiental, deterioro del desempeño ambiental y pérdida de eficiencia operativa.

Asimismo, se elaboró un diagrama de red para analizar la deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente, problema relacionado con la exposición del personal a humedad, aditivos y superficies resbalosas, lo que incrementa el riesgo de incidentes laborales, ausentismo y costos asociados a la atención de accidentes o paralizaciones operativas.

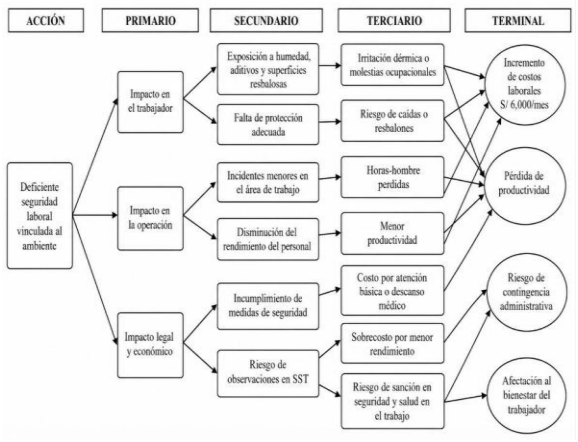


Figura 7. Diagrama de red de la deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente.

Como muestra el diagrama, esta problemática genera impactos en tres dimensiones principales (el trabajador, la operación y el aspecto legal-económico), que se desarrollan en niveles crecientes de afectación: en el secundario se presentan la exposición a condiciones inseguras, la falta de protección adecuada, los incidentes menores y el incumplimiento de medidas de seguridad; en el terciario, la irritación dérmica, el riesgo de caídas, las horas-hombre perdidas, la menor productividad, el costo por atención básica y el riesgo de sanción en seguridad y salud en el trabajo; y en el terminal, un incremento de costos laborales estimado en S/ 6,000 mensuales, junto con pérdida de productividad, riesgo de contingencia administrativa y afectación al bienestar del trabajador.

2.2. Solución propuesta

2.2.1. Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)

El Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de NORBOX E.I.R.L. se plantea como una herramienta de gestión orientada a organizar, controlar y dar seguimiento a las medidas ambientales propuestas. Este programa responde a los tres problemas priorizados en el diagnóstico: efluentes líquidos con fibras y químicos, seguridad laboral vinculada al ambiente y consumo excesivo de agua, estableciendo actividades, responsables, indicadores, medios de verificación, plazos y costos.

Asimismo, el PAMA funciona como eje articulador de la propuesta, ya que se relaciona con el Plan de Contingencia Ambiental y el Plan de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental (PRM).

De esta manera, las acciones planteadas se integran en una estrategia conjunta para reducir impactos ambientales, disminuir costos operativos evitables y fortalecer la gestión ambiental de NORBOX E.I.R.L.

TABLA 2.
PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL (PAMA)

PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL (PAMA) – NORBOX E.I.R.L.										
NOMBRE DE LA EMPRESA	NORBOX E.I.R.L.							**FECHA**	29/06/2026	
NOMBRE DEL PROYECTO	Propuesta de mejora de la gestión ambiental para la reducción de costos de la empresa NORBOX E.I.R.L. en Laredo - La Libertad, 2026							**CÓDIGO**	PAMA-NBX-2026	
UBICACIÓN	Carretera Industrial Laredo, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad									
OBJETIVO GENERAL:	Adecuar y mejorar la gestión ambiental de NORBOX E.I.R.L. mediante medidas de control, seguimiento y responsabilidad operativa orientadas a reducir los impactos ambientales y costos asociados a los efluentes líquidos, la seguridad laboral vinculada al ambiente y el consumo excesivo de agua.									
RESULTADO GENERAL (Hipótesis):	Impactos y costos ambientales priorizados reducidos en un 80%.									
Objetivo / Actividad	**INDICADOR**	**DESCRIPCIÓN**	**EQUIPO RESPONSABLE**	**RESPONSABLE**	**RECURSOS**	**IMPREVISTOS**	**FORMATOS**	**CÓD.**	**DURACIÓN**	**COSTO**
Objetivo específico 1: Controlar los efluentes líquidos con fibras y químicos generados en el proceso productivo.										
Resultado 1: Reducción de los costos asociados a efluentes líquidos con fibras y químicos de S/ 7,500.00 a S/ 1,500.00 mensuales, equivalente a una disminución del 80%.										
Actividad 1: Caracterización inicial de los efluentes líquidos	Puntos evaluados / puntos programados × 100	Identificar los puntos de generación de aguas residuales con fibras, materia orgánica y aditivos en pulpeado, moldeo y lavado.	Equipo de gestión ambiental	Asesor ambiental	Checklist, registro fotográfico, formatos de inspección y toma de datos	Falta de información histórica o restricciones de ingreso	Informe de caracterización de efluentes	PAMA-EF-01	1 semana	S/ 2 500.00
Actividad 2: Procedimiento de control y pretratamiento de efluentes	Procedimiento elaborado / procedimiento programado × 100	Diseñar el procedimiento para rejillas, trampa de fibras, sedimentación básica, limpieza de drenajes y retiro de sólidos retenidos.	Equipo ambiental y producción	Jefe de producción	Plano de drenajes, fichas técnicas, normativa ambiental y formatos de control	Retrasos por falta de datos técnicos del proceso	Procedimiento de manejo de efluentes	PAMA-EF-02	2 semanas	S/ 3 000.00
Actividad 3: Registro y validación del control de efluentes	Registros implementados / registros programados × 100	Crear y validar formatos para frecuencia de limpieza, fibras retiradas, incidencias en drenajes y parámetros básicos del efluente durante	Equipo ambiental	Asesor ambiental	Formatos físicos o digitales, Excel y bitácora de monitoreo	Registros incompletos o errores de llenado	Registro de monitoreo de efluentes e informe de validación	PAMA-EF-03	4 semanas	S/ 2 000.00
Objetivo específico 2: Mejorar la seguridad laboral vinculada al ambiente en las áreas de producción.										
Resultado 2: Reducción de los costos asociados a incidentes, exposición a humedad, aditivos y superficies resbalosas de S/ 6,000.00 a S/ 1,200.00 mensuales, equivalente a una disminución del 80%.										
Actividad 1: Identificación de zonas húmedas y puntos de riesgo ambiental-laboral	Zonas evaluadas / zonas programadas × 100	Inspeccionar áreas con humedad, contacto con aditivos, acumulación de agua residual y superficies resbalosas.	Equipo de seguridad y gestión ambiental	Supervisor de seguridad	Checklist de inspección, registro fotográfico y plano de áreas críticas	Subregistro de incidentes o poca colaboración del personal	Matriz de riesgos ambiental-laborales	PAMA SL-01	1 semana	S/ 1 500.00
Actividad 2: Protocolo de EPP, tránsito seguro y señalización preventiva	Protocolo elaborado / protocolo programado × 100	Definir uso obligatorio de botas antideslizantes, guantes, mandil impermeable, lentes de protección, rutas seguras y señalización de zonas húmedas.	Equipo de seguridad	Supervisor de seguridad	Fichas de EPP, normativa de SST, señalética preventiva y rutas internas	Resistencia del personal al uso continuo de EPP	Protocolo de EPP, tránsito seguro y señalización	PAMA SL-02	2 semanas	S/ 2 000.00
Actividad 3: Capacitación y registro de incidentes ambientales-laborales	Personal capacitado / total de personal operativo × 100	Capacitar al personal y dejar formatos para entrega de EPP, inspecciones, incidentes menores y acciones correctivas.	Equipo de seguridad y capacitación	Jefe de producción	Material didáctico, lista de asistencia, formatos de control y registro de entrega de EPP	Inasistencia, rotación de personal o interrupciones de producción	Registro de capacitación, incidentes y control de EPP	PAMA SL-03	3 semanas	S/ 2 000.00
Objetivo específico 3: Reducir el consumo excesivo de agua en el proceso productivo.										
Resultado 3: Reducción de los costos asociados al consumo excesivo de agua, bombeo, limpieza y reprocesos de S/ 5,500.00 a S/ 1,100.00 mensuales, equivalente a una disminución del 80%.										
Actividad 1: Levantamiento de línea base del consumo de agua	m³ registrados por etapa / m³ estimados totales × 100	Medir el consumo de agua en pulpeado, mezclado, moldeo y lavado para identificar puntos de sobreuso.	Equipo ambiental y producción	Jefe de producción	Medidor de agua, formatos de registro, Excel y bitácora de producción	Fallas de medición o ausencia de registros previos	Línea base de consumo de agua	PAMA AG-01	2 semanas	S/ 2 000.00
Actividad 2: Procedimiento de uso eficiente y recirculación parcial	Procedimiento elaborado / procedimiento programado × 100	Definir criterios de recirculación parcial, tiempos de lavado, control de fugas y reducción del uso innecesario de agua.	Equipo ambiental y mantenimiento	Jefe de mantenimiento	Plano del proceso, fichas técnicas de bombas, tuberías y formatos de control	Limitaciones por calidad del agua reutilizada	Procedimiento de uso eficiente del agua	PAMA AG-02	3 semanas	S/ 2 500.00
Actividad 3: Registro de consumo, fugas y validación de metas	Registros implementados / registros programados × 100	Registrar consumo diario, fugas detectadas, mantenimiento de bombas, volumen reutilizado y consolidar la meta de reducción para evaluación económica.	Equipo de mantenimiento y finanzas	Asesor ambiental / encargado financiero	Formatos, Excel, bitácora de mantenimiento y reporte técnico	Omisión de registros o variación de producción por demanda	Registro de consumo de agua y reporte de validación de metas	PAMA AG-03	6 semanas	S/ 2 500.00

Como se observa en la Tabla 2, el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de NORBOX E.I.R.L. se estructura en tres objetivos asociados a los problemas priorizados: efluentes líquidos con fibras y químicos, seguridad laboral y consumo excesivo de agua. Cada objetivo contempla actividades, indicadores, responsables, recursos, documentos de control, duración y costos para orientar la adecuación ambiental de la empresa.

El PAMA proyecta una reducción del 80% de los costos ambientales priorizados mediante acciones de control de efluentes, mejora de condiciones laborales y seguimiento del consumo hídrico, considerando una inversión inicial de S/ 20,000.00.

TABLA 3.
COSTO DE INVERSIÓN DEL PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL

CONCEPTO	COSTO
Control de efluentes líquidos con fibras y químicos	S/ 7,500.00
Mejora de la seguridad laboral vinculada al ambiente	S/ 5,500.00
Reducción del consumo excesivo de agua	S/ 7,000.00
TOTAL	**S/ 20,000.00**

Nota. *El monto corresponde a la inversión inicial del PAMA. Los costos de operación, mantenimiento y seguimiento serán considerados en los planes complementarios y en la evaluación económica.*

2.2.2. Plan de Contingencia Ambiental

El Plan de Contingencia Ambiental de NORBOX E.I.R.L. se plantea como un instrumento de respuesta frente a situaciones imprevistas que puedan generar impactos ambientales, riesgos para el personal o interrupciones en el proceso productivo, articulándose con el PAMA al considerar los mismos problemas priorizados en el diagnóstico: efluentes líquidos con fibras y químicos, deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente y consumo excesivo de agua. Este plan permite establecer medidas de actuación inmediata ante eventos como reboses de aguas residuales, obstrucción de drenajes, contacto del personal con aditivos o superficies húmedas, fallas en el sistema de bombeo o recirculación, y emergencias asociadas al almacenamiento de papel y cartón reciclado, con el fin de reducir la severidad de los incidentes y controlar los costos derivados de paralizaciones, limpiezas correctivas o atención de contingencias.

TABLA 4.
PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL

PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL – NORBOX E.I.R.L.					
Objetivo general	Establecer acciones de respuesta inmediata ante contingencias ambientales, operativas y de seguridad vinculadas a efluentes líquidos, zonas húmedas y consumo de agua, con el fin de reducir la severidad de los incidentes y evitar sobrecostos por paralizaciones, limpiezas correctivas o atención de emergencias.				
Resultado esperado	Respuesta controlada y documentada ante contingencias asociadas a los tres aspectos priorizados del PAMA, contribuyendo al cumplimiento de la reducción proyectada del 80% en impactos y costos ambientales.				
Aspecto ambiental priorizado	**Contingencia e impacto asociado**	**Medidas de respuesta**	**Indicador y medio de verificación**	**Responsable**	**Plazo / periodicidad**
P1: Efluentes líquidos con fibras y químicos	Rebose o derrame de aguas residuales con fibras y aditivos. Impacto: contaminación del suelo, residuos húmedos, obstrucción de drenajes y mayor costo de limpieza.	Detener temporalmente la operación, aislar el área, colocar barreras de contención, retirar fibras acumuladas y efectuar limpieza controlada.	Indicador: tiempo de respuesta ante el incidente. Verificación: registro de incidentes, fotografías y reporte de acciones correctivas.	Jefe de producción / Asesor ambiental	Inmediato - revisión mensual
	Obstrucción de drenajes por acumulación de fibras. Impacto: rebose de agua residual, interrupción operativa y mantenimiento correctivo no programado.	Suspender el flujo hacia el drenaje afectado, retirar sólidos retenidos, limpiar canaletas y verificar la causa de la obstrucción.	Indicador: N.° de obstrucciones registradas al mes. Verificación: bitácora de mantenimiento y reporte de limpieza de drenajes.	Encargado de mantenimiento	Cuando ocurra - control mensual
P2: Seguridad laboral vinculada al ambiente	Contacto del personal con aditivos, humedad o agua residual. Impacto: irritación dérmica, riesgo ocupacional, ausentismo y pérdida de productividad.	Aplicar primeros auxilios, lavar la zona afectada, retirar al trabajador del área de exposición, verificar EPP y registrar el incidente.	Indicador: N.° de incidentes ambientales-laborales. Verificación: registro de incidentes, atención básica y control de EPP.	Supervisor de seguridad	Inmediato - revisión mensual
	Caídas por superficies húmedas o resbalosas. Impacto: lesiones, paralización parcial de actividades y riesgo de sanciones en seguridad laboral.	Señalizar el área, restringir tránsito, secar la superficie, verificar botas antideslizantes y reportar la condición insegura.	Indicador: N.° de caídas o casi accidentes reportados. Verificación: registro de seguridad, inspecciones y evidencias fotográficas.	Supervisor de seguridad / Jefe de producción	Inmediato - inspección semanal
P3: Consumo excesivo de agua	Falla en el sistema de bombeo, medición o recirculación. Impacto: mayor consumo de agua, más efluentes, retrasos y sobrecostos por bombeo o limpieza.	Detener el uso no controlado de agua, revisar bombas y tuberías, activar mantenimiento correctivo y registrar el volumen estimado de pérdida.	Indicador: tiempo de reparación de la falla. Verificación: reporte de mantenimiento y registro de consumo de agua.	Encargado de mantenimiento	Inmediato - control mensual
	Fuga significativa en tuberías, válvulas o conexiones de lavado. Impacto: pérdida de agua, incremento de efluentes y sobrecarga de drenajes internos.	Cerrar válvula del tramo afectado, señalizar el punto de fuga, reparar la conexión y registrar consumo extraordinario.	Indicador: N.° de fugas críticas corregidas. Verificación: bitácora de mantenimiento, registro de fugas y evidencia fotográfica.	Encargado de mantenimiento / Jefe de producción	Inmediato - inspección semanal

Como se observa en la Tabla 4, el plan considera kits de contención, EPP, señalización, botiquín, extintores, capacitación y simulacros para responder rápidamente ante eventos críticos y reducir costos por limpiezas correctivas, incidentes y paralizaciones.

TABLA 5.
COSTO DE INVERSIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA AMBIENTAL

CONCEPTO	COSTO
Elaboración y validación del protocolo de contingencias	S/ 1,800.00
Kits de contención para reboses, derrames y limpieza controlada	S/ 3,200.00
EPP de emergencia, botiquín y materiales de primeros auxilios	S/ 2,500.00
Señalización de emergencia, rutas de tránsito y zonas húmedas	S/ 1,600.00
Revisión y adecuación de extintores en zona de papel y cartón	S/ 2,400.00
Capacitación inicial y simulacro de respuesta ante contingencias	S/ 2,000.00
Materiales complementarios de respuesta y almacenamiento seguro	S/ 1,500.00
Subtotal inversión inicial	**S/ 15,000.00**
Reposición de materiales, inspecciones y mantenimiento de equipos de emergencia	**S/ 400.00 mensual**
Costo anual de mantenimiento	**S/ 4,800.00**
Total del Plan de Contingencia Ambiental - primer año	**S/ 19,800.00**

Nota. *Para la evaluación económica, la inversión inicial considerada para este plan será de S/ 15,000.00. El mantenimiento mensual será tratado como costo operativo durante el flujo de caja.*

La inversión inicial de S/ 15,000.00 comprende el protocolo, kits de contención, equipos de emergencia, señalización, extintores, capacitación y simulacro; el costo mensual de S/ 400.00 se registra como costo operativo en el flujo de caja.

2.2.3. Plan de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental

Finalmente, se desarrolla el Plan de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental, orientado a ejecutar medidas operativas que reduzcan de manera sostenida los impactos identificados en NORBOX E.I.R.L.; a diferencia del Plan de Contingencia, que actúa frente a eventos imprevistos, este plan se enfoca en prevenir la ocurrencia de impactos, mitigar sus efectos durante la operación y corregir desviaciones relacionadas con los efluentes

líquidos, la seguridad laboral vinculada al ambiente y el consumo excesivo de agua.

TABLA 6.
PLAN DE PREVENCIÓN, REMEDIACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL

PLAN DE PREVENCIÓN, REMEDIACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL – NORBOX E.I.R.L.					
Objetivo: *prevenir, mitigar y corregir impactos asociados a efluentes líquidos, seguridad ambiental-laboral y consumo excesivo de agua.*					
Resultado esperado: *reducción proyectada del 80% de los impactos y costos ambientales priorizados.*					
Aspecto ambiental priorizado	**Impacto identificado**	**Medidas propuestas**	**Indicadores**	**Medios de verificación**	**Plazo / periodicidad**
Efluentes líquidos con fibras y químicos	Aguas residuales con fibras, materia orgánica y aditivos; posible obstrucción de drenajes, contaminación del suelo y costos de limpieza correctiva.	Instalar rejillas, trampa de fibras y sedimentación básica; programar limpieza de drenajes y retiro controlado de sólidos retenidos.	% de efluente pretratado N.º de obstrucciones mensuales Limpiezas ejecutadas / programadas × 100	Registros de monitoreo, bitácora de limpieza, reporte de retiro de fibras, evidencias fotográficas e informe de mantenimiento.	Mensual
Seguridad laboral vinculada al ambiente	Exposición a humedad, aditivos y superficies resbalosas; riesgo de caídas, irritaciones, ausentismo y pérdida de productividad.	Adecuar zonas húmedas mediante mejora de drenajes superficiales, canaletas secundarias, superficies antideslizantes, ordenamiento de puntos de lavado, rutas internas seguras e inspecciones preventivas.	Personal con EPP / personal total × 100 N.º de incidentes o casi accidentes % de zonas húmedas adecuadas. N.º de incidentes o casi incidentes. Inspecciones ejecutadas / programadas × 100.	Registro de inspecciones, matriz de riesgos, reportes fotográficos de adecuaciones, reportes de incidentes y bitácora de mantenimiento de zonas húmedas.	Mensual / Trimestral
Consumo excesivo de agua	Sobreuso de agua en pulpeado, mezclado, moldeo y lavado; mayor generación de efluentes, gasto energético, limpieza y reprocesos.	Medir consumo por etapa, controlar fugas, aplicar recirculación parcial y ejecutar mantenimiento preventivo de bombas y tuberías.	m³ de agua consumida por lote % de agua recirculada N.º de fugas detectadas y corregidas	Registro de consumo de agua, bitácora de mantenimiento, reporte de fugas, control de recirculación y registro de producción.	Mensual

Como se observa en la Tabla 6, el Plan de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental de NORBOX E.I.R.L. se estructura en función de los tres aspectos ambientales priorizados: efluentes líquidos con fibras y químicos, seguridad laboral vinculada al ambiente y consumo excesivo de agua. Este plan plantea medidas operativas orientadas a prevenir la generación de impactos, mitigar sus efectos durante el proceso productivo y corregir desviaciones mediante actividades de control, monitoreo, mantenimiento y adecuación preventiva de las áreas críticas.

TABLA 7.
COSTO DE INVERSIÓN DEL PLAN DE PREVENCIÓN, REMEDIACIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL

CONCEPTO	COSTO
Sistema básico de pretratamiento	S/ 18,000.00
Adecuación preventiva de zonas húmedas	S/ 9,000.00
Sistema básico de medición y recirculación parcial	S/ 24,000.00
Capacitación técnica y prueba piloto	S/ 4,000.00
Subtotal inversión inicial del PRM	**S/ 55,000.00**
Mantenimiento, monitoreo, reposición de EPP y limpieza programada	S/ 2,400.00 mensual
Costo anual operativo	**S/ 28,800.00**
Total del PRM - primer año	**S/ 83,800.00**

Nota. *La inversión inicial del PRM es de S/ 55,000.00; los costos operativos se consideran en el flujo de caja.*

La inversión inicial de S/ 55,000.00 se destina al sistema básico de pretratamiento, la adecuación de zonas húmedas, el sistema de medición y recirculación parcial y la capacitación con prueba piloto; el costo mensual de S/ 2,400.00 se registra como egreso operativo.

2.2.4. Evaluación económica financiera de la propuesta

La evaluación económica financiera se realizó para determinar la viabilidad de la propuesta ambiental de NORBOX E.I.R.L. Para ello, se consideró la inversión inicial de los tres planes propuestos, los costos operativos anuales y el beneficio económico generado por la reducción proyectada del 80% de los costos ambientales priorizados. La reducción del 80 % no es un resultado observado, sino un escenario proyectado sustentado en la literatura: el pretratamiento de efluentes papeleros reduce la carga contaminante y los costos de limpieza y disposición [1], [3]; la recirculación disminuye el consumo de agua fresca, el bombeo y el volumen de efluentes [2], [25]; y la prevención en seguridad laboral reduce incidentes y sus costos [23]. Dado que NORBOX no contaba con sistemas de control previos, se asume que las medidas atienden la mayor parte de las causas de cada pérdida.

La pérdida mensual identificada asciende a S/ 19,000.00. Al aplicar una reducción del 80%, se obtiene un beneficio mensual de S/ 15,200.00, equivalente a S/ 182,400.00 anuales.

A partir de ello, se consolidaron los costos de implementación de los tres planes ambientales propuestos, diferenciando la inversión inicial de los costos operativos anuales que serán considerados en el flujo de caja.

TABLA 8.
INVERSIÓN INICIAL DE LA PROPUESTA AMBIENTAL

PLAN	INVERSIÓN INICIAL
Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)	S/ 20,000.00
Plan de Contingencia Ambiental	S/ 15,000.00
Programa de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental (PRM)	S/ 55,000.00
Inversión inicial total	**S/ 90,000.00**

TABLA 9.
COSTOS OPERATIVOS ANUALES DE LA PROPUESTA

CONCEPTO	COSTO ANUAL
Mantenimiento del Plan de Contingencia Ambiental	S/ 4,800.00
Mantenimiento, monitoreo y limpieza programada del PRM	S/ 28,800.00
Total costos operativos anuales	**S/ 33,600.00**

EVALUACIÓN ECONOMICA FINANCIERA

Inversión total: S/. 90 000.00
(Costo oportunidad) COK: 20%

ESTADO DE RESULTADOS

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		S/. 182 400.00	S/. 191 520.00	S/. 201 096.00	S/. 211 150.80	S/. 221 708.34	S/. 232 793.76	S/. 244 433.44	S/. 256 655.12	S/. 269 487.87	S/. 282 962.27
Costos operativos		S/. 33 600.00	S/. 35 280.00	S/. 37 044.00	S/. 38 896.20	S/. 40 841.01	S/. 42 883.06	S/. 45 027.21	S/. 47 278.57	S/. 49 642.50	S/. 52 124.63
Depreciación activos		S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
GAV		S/. 3 360.00	S/. 3 528.00	S/. 3 704.40	S/. 3 889.62	S/. 4 084.10	S/. 4 288.31	S/. 4 502.72	S/. 4 727.86	S/. 4 964.25	S/. 5 212.46
Utilidad antes de impuestos		S/. 133 000.00	S/. 140 272.00	S/. 147 907.60	S/. 155 924.98	S/. 164 343.23	S/. 185 622.39	S/. 194 903.51	S/. 204 648.69	S/. 214 881.12	S/. 225 625.18
Impuestos (30%)		S/. 39 900.00	S/. 42 081.60	S/. 44 372.28	S/. 46 777.49	S/. 49 302.97	S/. 55 686.72	S/. 58 471.05	S/. 61 394.61	S/. 64 464.34	S/. 67 687.55
Utilidad después de impuestos		S/. 93 100.00	S/. 98 190.40	S/. 103 535.32	S/. 109 147.49	S/. 115 040.26	S/. 129 935.67	S/. 136 432.46	S/. 143 254.08	S/. 150 416.78	S/. 157 937.62

FLUJO DE CAJA

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos		S/. 93 100.00	S/. 98 190.40	S/. 103 535.32	S/. 109 147.49	S/. 115 040.26	S/. 129 935.67	S/. 136 432.46	S/. 143 254.08	S/. 150 416.78	S/. 157 937.62
Depreciación		S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 12 440.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
Inversión	S/. -90 000.00										
	S/. -90 000.00	S/. 105 540.00	S/. 110 630.40	S/. 115 975.32	S/. 121 587.49	S/. 127 480.26	S/. 129 935.67	S/. 136 432.46	S/. 143 254.08	S/. 150 416.78	S/. 157 937.62

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo Neto de Efectivo	S/. -90 000.00	S/. 105 540.00	S/. 110 630.40	S/. 115 975.32	S/. 121 587.49	S/. 127 480.26	S/. 129 935.67	S/. 136 432.46	S/. 143 254.08	S/. 150 416.78	S/. 157 937.62

Figura 8. Evaluación económica financiera de la propuesta ambiental de NORBOX E.I.R.L.

En la Figura 8 se presenta la evaluación económica financiera de la propuesta, considerando una inversión inicial de S/ 90,000.00, ingresos anuales derivados de la reducción del 80 % de los costos ambientales priorizados, costos operativos, depreciación, gastos administrativos e impuestos, proyectados en un flujo de caja a diez años con un COK anual del 20 %. El COK corresponde a la rentabilidad mínima exigida por el titular para invertir sus recursos, e incorpora una prima de riesgo sobre las tasas de referencia por tratarse de una MYPE; el horizonte de 10 años representa la operación sostenida de los planes, cuyas reposiciones se incluyen en los costos operativos.

TABLA 10.
INDICADORES ECONÓMICOS DE LA PROPUESTA AMBIENTAL

INDICADOR	RESULTADO
VAN	S/ 421,326.31
TIR	121.96%
B/C	1.89
PRI	0.85 años
PRI en meses	10.23 meses

Los resultados evidencian que la propuesta ambiental es económicamente viable: el VAN positivo de S/ 421,326.31 demuestra que el proyecto genera valor económico, la TIR de 121.96 % supera el COK del 20 %, indicando una rentabilidad favorable, la relación B/C de 1.89 señala que por cada sol invertido y gastado se obtiene un retorno de S/ 1.89, y el PRI de 0.85 años, equivalente a 10.23 meses, muestra que la inversión inicial se recupera dentro del primer año de implementación.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los principales resultados del diagnóstico ambiental, la propuesta de mejora y la evaluación económica financiera de NORBOX E.I.R.L., organizados según los costos ambientales priorizados, la reducción proyectada mediante los planes ambientales y los indicadores económicos de viabilidad.

TABLA 11.
REDUCCIÓN PROYECTADA DE COSTOS AMBIENTALES

Problemas identificados	Costo actual mensual	Costo proyectado mensual	Beneficio mensual	Reducción
Efluentes líquidos con fibras y químicos	S/ 7,500.00	S/ 1,500.00	S/ 6,000.00	80%
Deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente	S/ 6,000.00	S/ 1,200.00	S/ 4,800.00	80%
Consumo excesivo de agua en el proceso productivo	S/ 5,500.00	S/ 1,100.00	S/ 4,400.00	80%
TOTAL	**S/ 19,000.00**	**S/ 3,800.00**	**S/ 15,200.00**	**80%**

Como se observa en la Tabla 11, la implementación de la propuesta ambiental permitiría reducir los costos ambientales priorizados de S/ 19,000.00 a S/ 3,800.00 mensuales, equivalente a un beneficio de S/ 15,200.00 y una reducción del 80 %, siendo el mayor beneficio el control de efluentes líquidos con fibras y químicos, seguido de la mejora de la seguridad laboral vinculada al ambiente y la reducción del consumo excesivo de agua.

Para complementar el análisis, se presenta una comparación gráfica entre el costo actual y el proyectado de cada problema priorizado, que permite visualizar con mayor claridad la disminución económica esperada tras aplicar la propuesta.

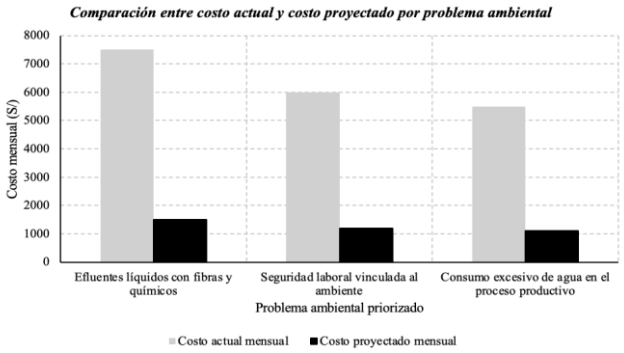


Figura 9. Costo actual y costo proyectado por problema ambiental.

Como se observa en la Figura 9, los tres problemas presentan una disminución proyectada de costos, siendo la mayor en los efluentes líquidos con fibras y químicos (de S/ 7,500.00 a S/ 1,500.00 mensuales).

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Los resultados del diagnóstico confirmaron que las herramientas de bajo costo empleadas (Ishikawa, Pareto y Matriz de Leopold) permitieron priorizar con claridad las causas de mayor impacto económico y ambiental en NORBOX E.I.R.L., al facilitar su organización estructurada y valoración sistemática, tal como señalan otras investigaciones sobre el diagrama de espina de pescado [9] y la Matriz de Leopold como metodología de bajo costo y alta utilidad en proyectos de gestión de residuos [11]. En NORBOX, ambas herramientas coincidieron en señalar al

manejo de efluentes y a los aditivos químicos como los focos de mayor criticidad, reforzando la validez del criterio de priorización adoptado.

En cuanto al problema P1 (efluentes líquidos con fibras y químicos), la reducción proyectada resultó coherente con lo documentado sobre la industria papelera, donde un tratamiento adecuado de los efluentes reduce la contaminación y genera beneficios económicos [1], y el reúso del agua tratada constituye una estrategia viable frente al vertido sin tratamiento [2]. Esto se explicaría porque, al no existir previamente ningún sistema de pretratamiento en NORBOX, cualquier intervención generaría una reducción proporcionalmente alta de los costos por limpieza, mantenimiento y riesgo de sanción. Otras investigaciones han propuesto alternativas de mayor eficiencia técnica, como la electrocoagulación en plantas de pequeña escala [3] o la recuperación de agua mediante membranas [24]; sin embargo, el sistema básico de pretratamiento propuesto para NORBOX resultaría suficiente para la magnitud del problema diagnosticado, dejando abierta la posibilidad de escalar hacia tecnologías más avanzadas.

Respecto al problema P2 (deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente), la reducción proyectada resultó consistente con investigaciones que demuestran que la inversión incremental en prevención de riesgos laborales genera retornos económicos positivos al evitar incidentes y sus costos asociados [23]. Esto se explicaría porque, en NORBOX, la ausencia de EPP y de procedimientos de seguridad genera pérdidas recurrentes por horas-hombre, atención de incidentes y riesgo de sanción, que podrían revertirse mediante una inversión moderada en capacitación y protección, tal como ocurre en otros contextos donde la prevención resulta más económica que la corrección.

Sobre el problema P3 (consumo excesivo de agua), los resultados coincidieron con investigaciones que identifican la disponibilidad de mecanismos de recirculación y el costo marginal del agua como determinantes clave para su reutilización en plantas industriales [25], y con la viabilidad de esta estrategia frente al consumo continuo de agua fresca [2]. Ello explicaría por qué el sistema de medición y recirculación parcial propuesto para NORBOX permitiría reducir simultáneamente el consumo de agua, la demanda energética por bombeo y el volumen de efluentes, en línea con el principio de que intervenir en el origen del problema genera beneficios en cascada sobre otros procesos.

Finalmente, la evaluación económica financiera mostró indicadores favorables (VAN positivo, TIR superior al COK y B/C mayor a 1, con recuperación menor a un año), consistentes con investigaciones que han evaluado la relación costo-beneficio de la gestión ambiental en empresas manufactureras, concluyendo que los beneficios superan a la inversión y al mantenimiento requeridos [21]. Asimismo, propuestas de mejora en otras PYMES peruanas, aunque de rubros distintos, han reportado también indicadores favorables [27], [28], sugiriendo que la viabilidad de NORBOX responde a un patrón consistente cuando se parte de un diagnóstico bien priorizado. No obstante, en países en desarrollo la falta de financiamiento suele ser una barrera para que las PYMES adopten prácticas de gestión ambiental [26], por lo que el resultado financiero favorable obtenido constituye un argumento relevante para incentivar su implementación en NORBOX y empresas similares. Asimismo, la propuesta puede fortalecerse con monitoreo digital, mediante sensores IoT y analítica de datos, para seguir en tiempo real el consumo hídrico, los efluentes y las metas del PAMA, convirtiendo la gestión ambiental en una capacidad interna de innovación que mejora la competitividad y favorece el emprendimiento basado en capacidades. No obstante, los indicadores dependen del supuesto de reducción del 80 % y del COK adoptado, por lo que se recomienda evaluar escenarios alternativos y validar los ahorros tras la implementación.

4.2. Conclusiones

El diagnóstico ambiental realizado en NORBOX E.I.R.L. permite identificar tres problemas prioritarios (efluentes líquidos con fibras y químicos, deficiente seguridad laboral vinculada al ambiente y consumo excesivo de agua), los cuales concentran el 80.51 % de las pérdidas económicas mensuales estimadas en S/ 23,600.00, evidenciando que la gestión ambiental inadecuada de costos operativos evitables.

La propuesta de mejora, integrada por el PAMA, el Plan de Contingencia Ambiental y el Plan de Prevención, Remediación y Mitigación Ambiental, con una inversión inicial de S/ 90,000.00, proyecta reducir los costos ambientales priorizados de S/ 19,000.00 a S/ 3,800.00 mensuales, equivalente a una disminución del 80 %.

La evaluación económica financiera, bajo el escenario proyectado, indica que la propuesta es viable, con un VAN de S/ 421,326.31, una TIR de 121.96 %, una relación B/C de 1.89 y un PRI de 0.85 años, equivalente a 10.23 meses, lo que indica que la inversión se recupera dentro del primer año de implementación y generaría valor económico para la empresa.

En consecuencia, se cumple el objetivo general de diseñar y evaluar económicamente una propuesta de mejora de la gestión ambiental, validándose su viabilidad técnico-económica para optimizar el uso de recursos, reducir riesgos ambientales y disminuir costos operativos de NORBOX E.I.R.L.

REFERENCIAS

[1] X. Liang et al., “Sustainable utilization of pulp and paper wastewater,” Water, vol. 15, no. 23, Art. no. 4135, 2023, https://doi.org/10.3390/w15234135

[2] S. Dagar, S. K. Singh y M. K. Gupta, “Economics of advanced technologies for wastewater treatment: Evidence from pulp and paper industry,” Front. Environ. Sci., vol. 10, Art. no. 960639, 2022, https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.960639

[3] A. Izadi, M. Hosseini, G. Najafpour Darzi, G. Nabi Bidhendi y F. Pajoum Shariati, “Treatment of paper-recycling wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes,” J. Environ. Health Sci. Eng., vol. 16, no. 2, pp. 257–264, 2018, https://doi.org/10.1007/s40201-018-0314-6

[4] J. Simamora, E. Wiloso y M. Yani, “Life cycle assessment of paper products based on recycled and virgin fiber,” Global J. Environ. Sci. Manage., vol. 9, SI, 2023, https://doi.org/10.22034/gjesm.2023.09.SI.07

[5] Congreso de la República del Perú, Ley N.° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, Lima, Perú, 2001. [En línea]. Disponible: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-2 7446.pdf

[6] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Resolución de Consejo Directivo N.° 004-2018-OEFA/CD, Lima, Perú, 2018. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/217830-004-2018-oefacd

[7] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Decreto Supremo N.° 008-2020-TR, Lima, Perú, 2020. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/436782-008-2020-tr

[8] Ministerio de Economía y Finanzas, Decreto Supremo N.° 301-2025-EF, Lima, Perú, 2025. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/7540449-301-2025-ef

[9] A. Kumah et al., "Cause-and-effect (fishbone) diagram: A tool for generating and organizing quality improvement ideas," Glob. J. Qual. Saf. Healthc., vol. 7, no. 2, pp. 85–87, 2024, https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42

[10] J. Dong, X. Liang, B. Du, Y. Ju, Y. Wang y H. Guo, "Applications of geographic information systems in ecological impact assessment: A methods landscape, practical bottlenecks, and future pathways," Sustainability, vol. 17, no. 22, Art. no. 10358, 2025, https://doi.org/10.3390/su172210358

[11] M. Chavarría, "Comparación de los impactos ambientales ocasionados por rellenos sanitarios e incineración mediante la Matriz de Leopold," Ingeniería, vol. 32, no. 2, pp. 129–140, 2022. [En línea]. Disponible: https://www.redalyc.org/journal/441/44172046007/44172046007.pdf

[12] G. Antonacci, J. E. Reed, L. Lennox y J. Barlow, "Process mapping in healthcare: A systematic review," BMC Health Serv. Res., vol. 21, Art. no. 342, 2021, https://doi.org/10.1186/s12913-021-06254-1

[13] J. Kononowech et al., "Visual process maps to support implementation efforts: A case example," Implement. Sci. Commun., vol. 1, Art. no. 105, 2020, https://doi.org/10.1186/s43058-020-00094-6

[14] Ministerio del Ambiente, Guía para la elaboración de la Estrategia de Manejo Ambiental en el marco del SEIA. Lima, Perú: MINAM. [En línea]. Disponible: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/guia%20ema.pdf

[15] Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, Plan de contingencia del proyecto de exploración minera Tucumachay. Lima, Perú: SENACE. [En línea]. Disponible: https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/files/TUCUMACHAY_2185966/3.7_PMA/1._PLAN_DE_CONTINGENCIA_dra.pdf

[16] Ministerio del Ambiente, Guía para la aplicación de la jerarquía de mitigación en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. Lima, Perú: MINAM, 2021. [En línea]. Disponible: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6667227/5794639-guia-para-la-aplicacion-de-la-jerarquia-de-mitigacion-en-el-marco-del-seia.pdf

[17] Ministerio del Ambiente, Decreto Supremo N.° 019-2009-MINAM, Lima, Perú, 2009. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317422-019-2009-minam

[18] Ministerio de la Producción, Decreto Supremo N.° 017-2015-PRODUCE, Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno, Lima, Perú, 2015. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317547-017-2015-produce

[19] Ministerio de la Producción, Resolución Ministerial N.° 466-2019-PRODUCE, Lima, Perú, 2019. [En línea]. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/345879-resolucion-ministerial-n-466-2019-produce

[20] Ministerio de la Producción, Decreto Supremo N.° 020-2025-PRODUCE, Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 4 oct. 2025. [En línea]. Disponible: https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2445312-1

[21] A. Rene, F. Muñoz y L. Alzate, "La evaluación financiera de proyectos y su aporte en la generación de valor corporativo," Ciencia y Poder Aéreo, vol. 12, pp. 144–155, 2017. [En línea]. Disponible: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6223218.pdf

[22] J. Veiga de Cabo, E. de la Fuente Díez y M. Zimmermann Verdejo, "Modelos de estudios en investigación aplicada: Conceptos y criterios para el diseño," Med. Segur. Trab., vol. 54, no. 210, pp. 76–88, 2008. [En línea]. Disponible: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011

[23] M. I. Riaño-Casallas y E. Tompa, "Cost-benefit analysis of investment in occupational health and safety in Colombian companies," Am. J. Ind. Med., vol. 61, no. 11, pp. 893–900, 2018, https://doi.org/10.1002/ajim.22911

[24] I. Montero-Guadarrama et al., "Reverse osmosis coupled with ozonation for clean water recovery from an industrial effluent: Technical and economic analyses," Membranes, vol. 15, no. 1, Art. no. 33, 2025, https://doi.org/10.3390/membranes15010033

[25] J. Bruneau y S. Renzetti, "A panel study of water recirculation in manufacturing plants," Can. Water Resour. J., vol. 39, no. 4, pp. 384–394, 2014, https://doi.org/10.1080/07011784.2014.965034

[26] N. Durrani, A. Raziq, T. Mahmood y M. R. Khan, "Barriers to adaptation of environmental sustainability in SMEs: A qualitative study," PLOS ONE, vol. 19, no. 5, Art. no. e0298580, 2024, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298580

[27] V. Romero, "Propuesta de mejora en la gestión de la producción para reducir el volumen de la merma en una empresa agropecuaria," Tesis de licenciatura, Univ. Privada del Norte, Trujillo, Perú, 2021. [En línea]. Disponible: https://hdl.handle.net/11537/29444

[28] H. R. Vargas Sare, "Propuesta de mejora en gestión de la producción para reducir los costos de operación de una curtiembre en la ciudad de Trujillo 2021," Tesis de licenciatura, Univ. Privada del Norte, Trujillo, Perú, 2021. [En línea]. Disponible: https://hdl.handle.net/11537/29419