

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“PLAN ESTRATÉGICO CON ENFOQUE DE ECONOMÍA
CIRCULAR PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A
PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, LIMA, EN LOS AÑOS
2024-2033”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTIÓN TECNOLÓGICA EMPRESARIAL
ELABORADA POR:**

**ANGÉLICA MARÍA BAENA MONCADA
ROXANA YESENIA PASTRANA ALTA**

ASESOR:

Dr. ADOLFO LA ROSA TORO GÓMEZ

LIMA, PERÚ

2024

“PLAN ESTRATÉGICO CON ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR
PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE
RESIDUOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE INGENIERÍA, LIMA, EN LOS AÑOS 2024-2033”

ANGÉLICA MARÍA BAENA MONCADA
ROXANA YESENIA PASTRANA ALTA

Presentado a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en
cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado académico de:

MAESTRO EN GESTIÓN TECNOLÓGICA EMPRESARIAL

DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2024

Autor : Dra. Angélica María Baena Moncada
Dra. Roxana Yesenia Pastrana Alta

Recomendado : Dr. Adolfo La Rosa Toro Gómez
Asesor de la Tesis

Aceptado por : Dra. Heddy Marcela Jimenez Yabar
Directora (e) de la Unidad de Posgrado

@ 2024; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados ó el autor autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes.



DEDICATORIA

A mi familia por creer siempre en mí, a mi hija Valentina por ser la fuente de inspiración para alcanzar todos mis logros, a mi novio, Raphael por su apoyo incondicional y por la paciencia brindada, por acompañarme en los momentos más difíciles.

Angélica María Baena Moncada.

A mi madre por su amor y apoyo incondicional, por darme tiempo para culminar esta maestría, por cuidar todos los martes, jueves y domingo a mi Mathias y Alexander, por ser la mejor abuela para mis hijos que jamás imagine tener. A mi querido compañero de vida Marvin por impulsarme a seguir mis sueños con determinación. A mi querida hermana Elizabeth y a mi padre Mateo.

Roxana Yesenia Pastrana Alta



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Dr. Adolfo La Rosa Toro Gómez por su apoyo, consejos e ideas que nos aportó para el desarrollo de este trabajo de investigación, por haber sido siempre un soporte y creer en nosotras. Al revisor Dr. Blas Enrique Saavedra Farfán por sus valiosos aportes que nos ayudaron a enfocar más nuestro trabajo en una importante temática como es la economía circular, que con sus enseñanzas en el curso de Gerencia del Ecosistema nos dio una visión amplia y nos motivó a elegir nuestro trabajo, a nuestra revisora, la Magister Tarsila Tuesta Chávez por sus enseñanzas y observaciones que permitió mejorar la calidad del trabajo. A toda la plana docente de la maestría en Gestión Tecnológica y Empresarial por las enseñanzas brindadas en especial al Dr. Víctor Antonio Caicedo Bustamante por su acompañamiento y revisión de nuestro plan de tesis. A nuestros compañeros Juan Carlos Ubillus y Alberto Ramírez Erazo con quienes compartimos muchos momentos a lo largo de la maestría como Grupo 1, no olvidaremos sus aportes, sus charlas amenas, sus enseñanzas. Por último, agradecer a todos nuestros compañeros de la maestría.



ÍNDICE

	Pág.
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	4
1.1.1 Formulación del Problema General	9
1.1.2 Formulación de los Problemas Específicos	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
1.3.1 Formulación de la Hipótesis General	10
1.3.2. Variables	10
1.4. METODOLOGÍA	11
1.4.1 Tipo de Investigación	11
1.4.2 Nivel de Investigación	11
1.4.3 Métodos de Trabajo	11
1.4.5 Población y Muestra	11
1.4.6 Tipo de Diseño	12
1.4.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	12
1.4.8 Técnicas e Instrumentos de Análisis y Procesamiento de Datos	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1.1 A nivel Nacional	13
2.1.2 A nivel Internacional	14
2.2 Bases Teóricas	26
2.3 Marco Conceptual	44
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO	49
3.2 CAPACIDAD INSTALADA	55
3.3 DISTRIBUCIÓN DETALLADA DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN	57



3.4 CÁLCULO DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE REQUERIDA EN EL PROCESO DE CARBONIZACIÓN-ACTIVACIÓN	60
3.4.1 Balance de energía para la etapa de carbonización	61
3.4.2 Balance térmico de la etapa de Activación	64
3.4.3 Análisis fisicoquímico del carbón	65
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	65
3.5.1 Cálculo de la inversión total del proyecto	65
3.5.2 Venta anual del carbón activado	76
3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA	77
3.6.1 Análisis de sensibilidad	80
3.7 DISEÑO DEL PLAN ESTRATÉGICO	84
3.7.1 Visión, Misión, Valores y Código de Ética	84
3.7.1.1 Visión	84
3.7.1.2 Misión	85
3.7.1.3 Valores	86
3.7.1.4 Código de Ética	86
3.7.2 Evaluación Externa	87
3.7.2.1 Análisis del Entorno PESTEL	87
3.7.2.2 La industria y sus competidores.	93
3.7.2.3 Matriz de Perfil Competitivo (MPC).	98
3.7.2.4 Matriz de Perfil Referencial (MPR).	100
3.7.3 Evaluación Interna	102
3.7.3.1 Análisis Interno AMOFHIT.	102
3.7.3.2 Matriz Evaluación de Factores Internos (MEFI).	109
3.7.4 Intereses de la Industria y Objetivos de Largo Plazo	110
3.7.4.1 Intereses de la Industria.	110
3.7.4.2 Potencial de la Industria.	112
3.7.4.3 Principios Cardinales de la Industria.	113
3.7.4.4 Objetivos de Largo Plazo.	114
3.7.5 El Proceso Estratégico	115
3.7.5.1 Matriz Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas (MFODA).	115
3.7.5.2 Matriz Boston Consulting Group (MBCG).	118
3.7.5.3 Matriz Interna Externa (MIE).	119
3.7.5.4 Matriz de Decisión Estratégica (MDE).	120
3.7.5.5 Matriz de Estrategias vs. Objetivos de Largo Plazo.	121



3.7.6 Implementación Estratégica	122
3.7.6.1 <i>Objetivos de corto Plazo.</i>	122
3.7.6.2 <i>Recursos asignados a los Objetivos de corto Plazo.</i>	124
3.7.6.3 <i>Políticas de cada Estrategia.</i>	124
3.7.6.4 <i>Estructura de la industria.</i>	125
3.7.6.5 <i>Medio ambiente, Ecología y Responsabilidad Social.</i>	126
3.7.6.6 <i>Recursos humanos y Motivación.</i>	127
3.7.6.7 <i>Gestión del Cambio.</i>	128
3.7.7 Evaluación Estratégica	129
3.7.7.1 <i>Perspectivas de Control.</i>	129
3.7.7.2 <i>Tablero de control balanceado (Balanced Scorecard).</i>	130
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
Conclusiones	138
Recomendaciones	141
Referencias	143
Anexo 1: Matriz de Consistencia	156
Anexo 2: Lista de referencias asociadas a las características de los equipos	157
Anexo 3: Plano de la Planta	159
Anexo 4: Tabla de vinculación de objetivos de largo plazo con objetivos CEPLAN 2050	160



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa, identificación la causa raíz de los problemas en el área de Gestión de residuos.	7
Figura 2. Producción de metales en el Perú 2015-2019.	14
Figura 3. América Latina y el Caribe (24 países): cantidad de agua por persona, según el país, y reparto del uso en el conjunto de la región, 2014.	15
Figura 4. Análisis de busca de resultados en base Scopus “Activated carbon”, (A) documentos por año, (B) documentos por área temática.	16
Figura 5. Análisis de búsqueda de resultados en base Scopus “Circular economy”, (A) documentos por año, (B) documentos por área temática.	18
Figura 6. Diferencias entre el modelo tradicional (lineal) y economía circular.	20
Figura 7. Proceso de desarrollo del plan estratégico de una organización.	28
Figura 8. Esquema de la gestión integral de residuos sólidos	38
Figura 9. Manejo de residuos	39
Figura 10. Representación esquemática de los pasos de preparación de carbón activado a partir de residuos plásticos.	42
Figura 11. Formas alotrópicas del carbonos y representación esquemática	46
Figura 12. a) Esquema general del proceso de preparación del carbón activado, donde se detallan las etapas principales. b) Análisis termogravimétrico del PET.	51
Figura 13. Diagrama DOP del proceso de producción de carbón activado	52
Figura 14. Enfrentamiento relacional y B) análisis dimensional	58
Figura 15. Plano del área de producción en la planta, 1) Lavadora de fricción de escamas, 2) horno de secado de bandejas, 3) trituradora de plástico, 4) Contenedor de almacenamiento, 5) faja transportadora, 6) horno de carbonización, 7) tornillo sin fin, 8) faja transportadora, 9) molino, 10) tamizadora y 11) maquinaria de empaçado.	59
Figura 16. Balance de materia en el proceso de obtención de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso (PET).	61
Figura 17. Método grafico para el cálculo de la Tasa interna de retorno (TIR)	79
Figura 18. Diagrama de bloques explica y se sigue la metodología de (Rejeb et al., 2022).	104



Figura 19. Matriz Boston Consulting Group para materiales porosos utilizados en el tratamiento de agua.	119
Figura 20. Matriz MIE	120
Figura 21. Organigrama propuesto para la Asociación Nacional de Productores de Carbón activado.	126
Figura 22. El tablero de control balanceado vincula el aprendizaje con los resultados comerciales, siguiendo las cuatro perspectivas, aprendizaje y crecimiento, procesos internos, cliente y financiero.	137



ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Residuos sólidos obtenidos dentro de la UNI a través de los meses, en el 2018.	8
Tabla 2. Resumen de las condiciones de preparación de carbones activados obtenidos a partir de residuos plásticos, así como sus principales propiedades texturales.	23
Tabla 3. Aplicación de carbones activados obtenidos a partir de residuos plásticos de un solo uso en la remoción de diferentes contaminantes en agua y en el ambiente.	25
Tabla 4. Clasificación de los plásticos y algunos ejemplos de su uso antes y después de ser reciclados	41
Tabla 5. Medida de la cantidad de plástico recolectada en las vías públicas de la UNI.	48
Tabla 6. Equipos a emplear en cada una de las etapas con sus características principales y costos.	53
Tabla 7. Número de equipos necesarios	56
Tabla 8. Número de operación por producción.	57
Tabla 9. Listado de motivos para análisis relacional	58
Tabla 10. Porcentaje de gases condensables generados durante la carbonización del PET a 450 °C	62
Tabla 11. Requisitos de calidad del carbón activado	65
Tabla 12. Costo total por construcción	66
Tabla 13. Costo maquinaria y equipos	67
Tabla 14. Muebles, enseres de oficina, comedor y equipo de tópico	68
Tabla 15. Equipo de servicios higiénicos	69
Tabla 16. Elementos de seguridad	69
Tabla 17. Activos fijos tangibles y no tangibles	70
Tabla 18. Costo materia prima y de materiales directos	71
Tabla 19. Costo de mano de obra directa	71
Tabla 20. Consumo de agua por equipo utilizado en la producción del carbón activado a partir del PET	72
Tabla 21. Consumo energético de cada equipo	72



Tabla 22. Costo de mano de obra indirecta	73
Tabla 23. Costos indirectos de fabricación	73
Tabla 24. Presupuesto de costos de producción o costos totales	74
Tabla 25. Gastos generales administrativos y de ventas	75
Tabla 26. Capital de trabajo	76
Tabla 27. Inversión total del proyecto	76
Tabla 28. Ingresos asociados a la venta del carbón activado	77
Tabla 29. Flujo Económico para un horizonte de evaluación de 10 años	78
Tabla 30. Valores de VAN calculados a diferentes valores de tasa de descuento y cálculo de la TIR	79
Tabla 31. Resultados de los indicadores de evaluación variando el precio del dólar y el precio de venta	82
Tabla 32. Resultados de los indicadores de evaluación variando el porcentaje en las ventas y el precio de venta.	82
Tabla 33. Análisis de sensibilidad para la toma de decisiones	84
Tabla 34. Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE)	93
Tabla 35. Contraste entre Productos sustitutos	97
Tabla 36. Matriz de Perfil Competitivo (MPC)	99
Tabla 37. Matriz de Perfil Referencial (MPR)	101
Tabla 38. Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFI)	110
Tabla 39. Intereses de la Organización/Industria (MIO)	112
Tabla 40. Matriz de Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas (MFODA)	117
Tabla 41. Matriz de Decisión Estratégica (MDE)	121
Tabla 42. Matriz de Estrategias vs. Objetivos de Largo Plazo	122
Tabla 43. Tablero de control balanceado	132
Tabla 44. Plan de acción de operaciones, descripción de las actividades y metas que se deben lograr en el año 2024	133
Tabla 45. Plan de acción de marketing, descripción de las actividades y metas que se deben lograr.	134
Tabla 46. Plan de acción de operaciones, descripción de las actividades y metas que se deben lograr en el año 2024	135
Tabla 47. Plan de acción económicas-financieras, descripción de las actividades y metas que se deben lograr en el año 2033:	135
Tabla 48. Matriz de la ruta estratégica.	136



RESUMEN

La producción de plástico se ha incrementado dramáticamente en los últimos años, lo cual genera grandes impactos en el ambiente, como el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua. Es necesario proponer e implementar estrategias para reducir los residuos plásticos que afectan el ambiente y convertirlos en productos de alto valor agregado como el carbón activado (CA), el cual presenta múltiples aplicaciones en el área de investigación y la purificación de agua. En esta tesis se realiza una propuesta de plan estratégico con enfoque de economía circular para la producción de CA a partir del diseño de una planta utilizando como materia prima residuos plásticos de un solo uso, con una capacidad para producir 185,9 kg de CA /día a partir de 1 t de plástico. En el análisis económico se calculó el valor actual neto (203608 soles), la tasa interna de retorno (134%), considerando un escenario en el cual se venda el 50% del producto terminado al precio local. El análisis permitió determinar que el proyecto es factible, con un periodo de recuperación de la inversión menor de 1 año, para un horizonte de evaluación de 10 años.

El diseño de un plan estratégico tiene la misión de crear materiales eficientes promoviendo la economía circular y fortaleciendo la investigación. Y la visión de ser una entidad líder, destacada en la investigación y aplicación de materiales mejorados en saneamiento, salud y belleza en el Perú. Además, el plan estratégico cuenta con una evaluación externa a partir de los análisis PESTE, MPC, MPR. Así como una evaluación interna utilizando herramientas como el AMOFHIT y MEFI; se analiza cuáles son los intereses de la industria de CA y los objetivos de largo plazo están alineados a los objetivos CEPLAN. El proceso estratégico fue desarrollado analizando las matrices MFODA, MBCG, MIE y MDE. En la implementación estratégica se plantearon objetivos a corto plazo con la finalidad de cumplir con los objetivos de largo plazo. Finalmente se realizó una evaluación estratégica, para conocer cuál es la ruta estratégica por seguir, basándonos en el tablero de control balanceado, mostrando planes de acción para cada área. Todo ello permite a la organización adaptarse a un mundo que valora cada vez más la sostenibilidad y nos prepara para los desafíos futuros.



ABSTRACT

The production of plastic has dramatically increased in recent years, leading to significant environmental impacts, such as the rise in greenhouse gas emissions and water pollution. It is necessary to propose and implement strategies to reduce plastic waste that affects the environment and transform it into high-value products, such as activated carbon. Activated carbon has multiple applications in research and water purification. This thesis presents a proposal for a strategic plan with a circular economy focus is made for the production of activated carbon through the construction of an activated carbon plant using single-use plastic waste as raw material, with a capacity to produce 185.9 kg of activated carbon per day from 1 ton of plastic. The economic analysis and the calculation of the net present value (\$203608) and internal rate of return (134%) determined the project's feasibility, with a payback period of less than 1 year, over an evaluation horizon of 10 years. Therefore, the design of the strategic plan has the mission of creating efficient materials, promoting the circular economy, and strengthening research. The vision is to become a leading entity, recognized for research and the application of enhanced materials in sanitation, health, and beauty in Peru. Additionally, the strategic plan includes an external evaluation based on analyses like PESTE, MPC, and MPR. It also incorporates an internal assessment using tools such as AMOFHIT and MEFI to analyze the interests of the activated carbon industry, ensuring long-term objectives are aligned with CEPLAN's goals. The strategic process was developed by analyzing matrices such as SWOT, BCG, IE, and ED to create effective strategies and ensure the organization is aligned and committed to achieving its long-term objectives. In the strategic implementation, short-term objectives were developed in alignment with long-term goals. Finally, a strategic assessment was conducted to determine the strategic path to follow, based on the balanced scorecard, along with action plans in each area. All of this enables the organization to adapt to a world that increasingly values sustainability and prepares for future challenges.



INTRODUCCIÓN

Dado el rápido aumento de los desechos plásticos cada año, es esencial tomar medidas inmediatas para mitigar o reciclar estos residuos. La implementación de acciones en este sentido reduciría los impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del suelo y el agua. La gestión de residuos desempeña un papel crucial en la protección del ambiente, abarcando la recolección, transporte, recuperación y neutralización de los desechos plásticos. La urbanización ha impulsado la demanda de plástico en diversas industrias como el envasado de alimentos, la fabricación y la medicina, lo que ha aumentado su producción. Sin embargo, este aumento en la demanda de plástico también está relacionado con un incremento en la población humana y en la utilización de energía, ya que se derivan de fuentes no renovables como el carbón, el gas natural y el petróleo.

El método convencional de eliminación de desechos plásticos involucra el vertido en vertederos designados, lo que resulta ineficaz y perjudicial para el medio ambiente. Los vertederos ocupan grandes extensiones de tierra y pueden generar impactos negativos en el entorno. Además, el proceso de autodegradación del plástico mediante la exposición a la luz solar es lento y se dificulta su descomposición a temperatura ambiente debido a que es un compuesto químico derivado de hidrocarburos del petróleo (Quesada et al., 2019). La degradación biológica a través de enzimas y bacterias también es un proceso lento y complejo (Thahir et al., 2019). Otro método utilizado para tratar los desechos plásticos es la incineración, pero este enfoque no se considera ecológico, ya que libera materiales peligrosos y tiene un alto costo de construcción. En resumen, es crucial abordar el creciente problema de los desechos plásticos mediante medidas efectivas de gestión, reciclaje y reducción de la producción de plástico, considerando tanto las demandas de las industrias como la protección del medio ambiente (Abdel-Shafy & Mansour, 2018).

Se puede abordar el problema de los residuos plásticos mediante el reciclaje, ya que muchos plásticos son reciclables. Sin embargo, reciclar plásticos, como el tipo PET, puede ser costoso. A nivel mundial, solo el 9% de los desechos plásticos se reciclan (*Global Plastics Outlook, 2022*), lo que indica una falta de atención al reciclaje como estrategia de reducción de residuos plásticos. Es esencial aumentar la conciencia sobre los desechos plásticos y aplicar las 3R (reutilizar, reducir y reciclar) para disminuir la contaminación ambiental causada por estos residuos.

La utilización de residuos plásticos en el reciclaje es eficiente para reducir el desperdicio y los costos de producción. Los procesos de reciclaje y tratamiento de residuos plásticos se dividen en cuatro tipos principales: primario (reciclaje en productos similares a los originales), secundario (recuperación mecánica de un solo tipo de plástico), terciario (conversión en combustibles y sólidos) y cuaternario (recuperación de energía) (Al-Salem et al., 2010; Singh et al., 2017).

El reciclaje primario implica la producción de productos similares a los originales, como la inyección de moldeado para crear productos de polipropileno de baja densidad. El reciclaje secundario, basado en la modificación física, se aplica a plásticos de un solo polímero y puede convertirse en pavimento y bloques. El reciclaje terciario convierte los desechos plásticos en combustibles y sólidos, reduciendo la contaminación ambiental. Estos residuos también se han convertido en carbono poroso para diversas aplicaciones, como eliminación de contaminantes en aguas residuales, almacenamiento de gas natural, supercapacitores y almacenamiento de hidrógeno. En esta tesis se propone un enfoque de economía circular para el manejo de los residuos plásticos de un solo uso mediante su transformación en carbón activado. Que abarca en primera instancia el estado del arte de métodos de producción de carbón activado y algunas aplicaciones, seguido de una propuesta para la construcción de esta planta en la UNI. Posteriormente se plantea el Plan Estratégico a implementar en los años 2024 a 2033, para ello se debe tener en cuenta todo el proceso estratégico, el cual es una secuencia de etapas que permite a una organización proyectarse hacia el futuro y lograr su visión. Está compuesto por: formulación (planificación de estrategias), implementación (ejecución de las estrategias) y evaluación y control (seguimiento constante). Este proceso es interactivo y recurrente (Broncano et al., 2015).

El plan estratégico sigue el Modelo Secuencial del Proceso Estratégico. Comienza con el análisis de la situación actual y establecimiento de visión, misión, valores y código de ética. Luego, se evalúa el entorno externo mediante el análisis Político, Económico, Social, Tecnológico y Ecológico (PESTE) y se generan matrices como Matriz de evaluación de factores externos (MEFE), matriz Perfil competitivo (MPC) y Matriz Perfil referencial (MPR) para identificar oportunidades, amenazas y competidores (De la Cruz et al., 2015).

La evaluación interna analiza fortalezas y debilidades mediante el análisis AMOFHIT y genera la Matriz de evaluación de factores internos (MEFI). Se establecen los Intereses de la Organización y los Objetivos de Largo Plazo (OLP). La etapa final de formulación involucra la elección de estrategias basada en matrices como Matriz de Fortalezas,



Oportunidades, Debilidades y Amenazas (MFODA) y Matriz interna y Externa (MIE). Se eligen estrategias de integración, intensivas, diversificación y defensivas con la Matriz de Decisión Estratégica (MDE) para seleccionar estrategias éticas y consistentes con los OLP(Zorrilla, 2013).

Finalmente, la implementación Estratégica convierte los planes en acciones, asigna recursos y define políticas. Se ajusta la estructura organizativa si es necesario. La Evaluación Estratégica utiliza el Balanced Scorecard (BSC) para evaluar el progreso en perspectivas financieras, de clientes, de procesos y de aprendizaje. Se toman medidas correctivas y se hacen recomendaciones para alcanzar la visión deseada que es generar una planta de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso con enfoque de economía circular en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, en los años 2024-2033.

Esta tesis presenta cuatro capítulos, el primer capítulo presenta los protocolos de la investigación, como la identificación del problema, objetivos, hipótesis y metodología. En el segundo capítulo abarca las bases teóricas. En el tercer capítulo se desarrolla el trabajo de investigación como el proceso de producción de carbón activado, capacidad instalada, disposición de la zona de producción, balance de energía y térmico, análisis fisicoquímico del carbón activado, análisis económico, así como el diseño del plan estratégico. Y por último el capítulo cuatro el cual proporciona las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.



CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Este trabajo de investigación se basó en proponer un Plan estratégico para la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso con enfoque de economía circular y alineado con el objetivo estratégico de desarrollo sostenible de la ONU para el 2030: “Ciudades y comunidades sostenibles y acción por el clima”, el trabajo de investigación se desarrollará en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en Lima. El propósito del estudio fue presentar un Plan Estratégico con enfoque de economía circular para el periodo 2024-2034 que busque promover la responsabilidad social y ambiental de la UNI, mediante la utilización de sus variados órganos, planteando como objetivo que para el año 2034, la UNI obtendrá reconocimiento como pionera en la implementación de prácticas de economía circular en Lima metropolitana. Esto se logrará a través de la transformación de residuos plásticos de un solo uso en carbón activado y la promoción de políticas que establezcan la obligatoriedad del reciclaje.

Posteriormente, se diseñó una propuesta de generación de productos de alto valor a través de su transformación en carbón activado. El carbón activado es un material valioso dado que se puede utilizar para múltiples aplicaciones como, por ejemplo: material adsorbente para la remoción de diversos contaminantes, filtro de agua, además puede ser empleado en el diseño de electrodos para baterías, supercapacitores y celdas de combustible, así como también para el diseño de sensores. En la primera etapa se planteó la recopilación de información de las bases de datos acerca de la cantidad de residuos plásticos de un solo uso que se generan, los planes de gestión de residuos a nivel nacional, seguido de la propuesta de conversión de los residuos a carbón activado, y elaboración de la cadena de valor. Finalmente, se diseñó el plan estratégico para la producción de carbón activado a partir de residuos para ser implementado en el año 2024.

i) Tema General

La UNI representa una institución académica de carácter público en Perú, ubicada en Lima. Con una historia que se extiende por más de 146 años, esta entidad de enfoque tanto teórico como práctico, tuvo su origen como la primera escuela de ingeniería del país, evolucionando posteriormente hasta alcanzar el estatus de universidad en 1955. Esta casa de estudios se especializa en la educación politécnica, concentrándose en disciplinas como ingeniería, ciencias y arquitectura. Su comunidad estudiantil se distribuye en 11 facultades que ofrecen un conjunto de 28 programas de pregrado, así como también una variedad de programas de maestría y doctorado.

La UNI tiene diversos sistemas de control con respecto a la preservación del medio ambiente; sin embargo, la gestión de residuos sólidos no permite aprovechar los residuos sólidos plásticos no peligrosos, no realza positivamente la sostenibilidad y economía circular establecido. A pesar de que la Oficina Central de Desarrollo Organizacional (OCDO) a través del oficio N°180-OCDO-2018 dio a conocer la directiva “Normas para implementar las medidas de ecoeficiencia en la Universidad Nacional de Ingeniería” la cual se basa en un oficio N° 220-OCDO-2014 e Informe N° 02-0209-2012-0828 que trata sobre la evaluación de cumplimiento de la medida de austeridad de la Universidad Nacional de Ingeniería periodo enero-diciembre 2011.

Hasta la fecha no se tiene otro documento más actualizado donde muestre a la UNI, en una incursión en economía circular para alcanzar productos de mayor valor agregado como el carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso.

ii) Tema Particular

Del tema general elegido, se presentó los siguientes temas particulares:

- Generar una visión holística e integral, de la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso, evaluando tanto los aspectos internos que abarcan fortalezas y debilidades, como los factores externos que incluyen oportunidades y amenazas.
- Determinar las estrategias que requieren ciertos recursos y procesos que se encuentren asociados a objetivos de corto y largo plazo.
- Monitorear y controlar en base a métricas para conocer el avance del plan estratégico.

iii) Tema Específico

Del tema particular elegido, se presentó los siguientes temas específicos:

- Propuesta de plan estratégico como herramienta de gestión para enfrentar la dinámica del enfoque de la economía circular en la producción de carbón activado dentro de la UNI para insertarse en el uso de nuevas tecnologías.
- Escasa planificación de recolección de residuos plásticos de un solo uso y su reutilización utilizando nuevas tecnologías.
- Escasa capacitación y sensibilización a la comunidad universitaria a cerca de la clasificación de residuos sólidos.

De los temas específicos citados, se elige el problema de la escasa planificación del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso y su reutilización en la obtención de productos de mayor valor agregado insertándose en nuevas tecnologías.

iv) Diagnóstico de la situación problemática

En la UNI se identificaron una serie de problemas relacionados a la planificación estratégica con enfoque en economía circular, destacando los siguientes:

- Elevada desinformación acerca las 3R's (reducir, reciclar y reutilizar) los cuales son los 3 principios de la economía circular.
- Bajo compromiso con el ambiente, practicas organizacionales ecológicas bastante relegadas.
- Imperfecciones del mercado, productos no reciclables resultan ser más convenientes que los productos reciclables.
- Baja calidad de residuos obtenidos por mezclas con otros residuos orgánicos, papel, cartón y plástico de un solo uso.
- Altos costos de descarte de todos los tipos de residuos.
- Escaso impulso en el uso y su reutilización de residuos sólidos utilizando nuevas tecnologías.
-

v) Identificación y selección del problema

Aplicación causa efecto

i. Materia prima

- Dependencia de residuos por temporadas.
- Calidad variada de residuos.
- Escasos contenedores para los residuos clasificados.

ii. Medio Ambiente

- Desorden en el área de gestión de residuos.
- Deficiente limpieza en el área de gestión de residuos.
- Escasa planificación con enfoque de economía circular acerca de los residuos plásticos de un solo uso.

iii. Método

- No estandarizados, acerca de la producción de carbón activado.
- No estandarizados, acerca del uso del enfoque de economía circular
- Demora y poca eficiencia en algunas actividades de proceso.

iv. Mano de Obra

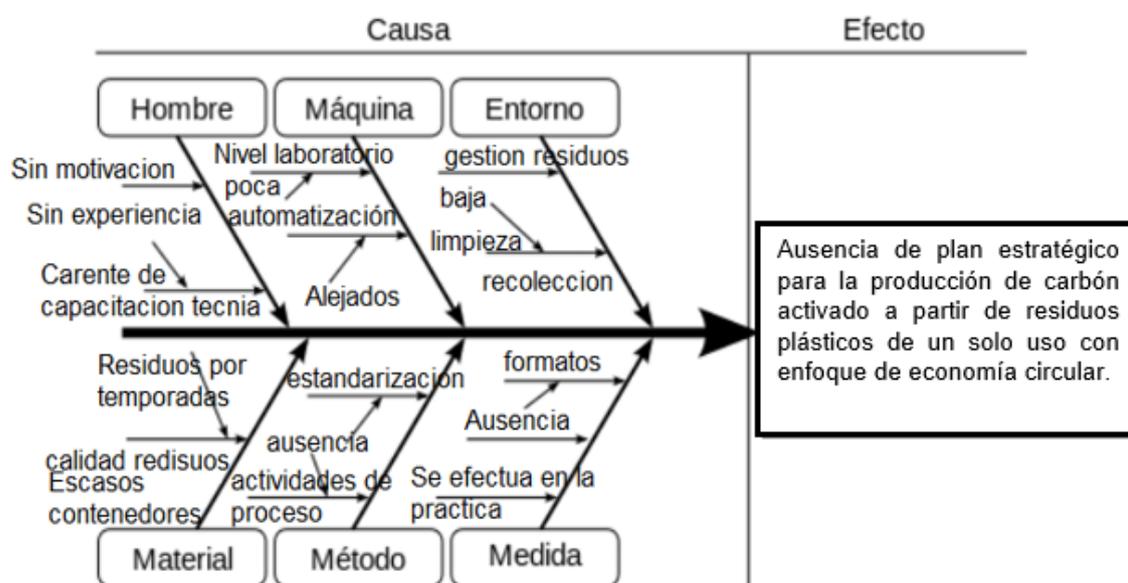
- Sin motivación.
- Sin experiencia.
- Carente de capacitaciones técnicas, para generación de valor agregado como carbón activado.

- v. Maquinaria
 - Pocas herramientas especializadas. Maquinaria a nivel laboratorio.
 - Alejado del puesto de trabajo.
 - Poca automatización de procesos y equipos.
 - Maquinaria a nivel laboratorio, no semi-industrial
- vi. Medición
 - Ausencia de formatos.
 - Necesidad de un responsable.
 - Se efectúa en la práctica.

La **Figura 1** muestra el Diagrama espina de pescado o Ishikawa.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa, identificación la causa raíz de los problemas en el área de Gestión de residuos.



Nota: La causa más influyente es la pobre gestión de residuos en la Universidad Nacional de Ingeniería y el distrito de San Martín de Porres.

vi) Priorización de problemas

Como se observa en la **Tabla 1** el año 2016 se produjeron 2760.2 toneladas de residuos sólidos en el Campus. De esta cantidad, el 28,65% fue recogido por la Municipalidad del Rímac (desde un punto de acopio temporal) y llevado a un relleno sanitario para su tratamiento final, el 65,62% correspondió a residuos de restaurantes, maleza y césped que fueron recogidos por un servicio externo; y, el 5,73% fueron residuos sólidos reciclables que fueron aprovechados por otros agentes. Teniendo en cuenta la

población universitaria y la producción de residuos sólidos, se puede calcular la producción per cápita en la ciudad universitaria: 0,48 k/persona/día. Este indicador muestra la elevada producción de residuos sólidos, sobre todo de origen orgánico. Por otro lado, el distrito de San Martín de Porres (SMP) no cuenta con un sistema de gestión de residuos eficiente, por ello la única fuente para completar la cantidad de plástico requerido en el proceso de obtención de carbón activado es a través de la Asociación de recicladores legalizados, son 15 empresas recicladoras de plástico en SMP y tiene la capacidad de abastecer la producción.

Tabla 1

Residuos sólidos obtenidos dentro de la UNI a través de los meses, en el 2018.

Mes	Residuos sólidos conducidos a disposición Final (t)	Materia orgánica generada en restaurantes, maleza y césped (t)	Residuos sólidos reciclables recuperados por Terceros (t) a	Estimación de generación de residuos sólidos (t)
Enero	87,38	96,15	17,48	201,00
Febrero	65,64	144,78	13,13	223,55
Marzo	73,25	131,21	14,65	219,11
Abril	77,54	129,27	15,51	222,32
Mayo	80,05	181,79	16,01	277,85
Junio	76,43	138,99	15,29	230,71
Julio	70,09	162,19	14,02	246,30
Agosto	25,23	181,79	5,05	212,07
Setiembre	35,90	179,84	7,19	223,00
Octubre	64,44	137,05	12,89	214,38
Noviembre	75,24	189,57	15,05	279,85
Diciembre	59,71	138,99	11,94	210,64
Totales	790,96	1811,63	158,19	2760,78

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2018)

La mayor parte de los residuos sólidos (65,6%) son de material orgánico que provienen de restaurantes, comedor universitario, maleza y césped. Estos son recogidos y utilizados por un servicio externo, principalmente para hacer compost. La UNI también hace compost con 6 t/mes de césped y lo usa para el vivero. En cambio, los residuos reciclables como botellas de PET, plásticos, papel y cartón, madera y metales (5,7%) son reciclados de forma informal y sin una definición clara.

vii) Selección del problema de estudio

Propuesta de un plan estratégico para la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso con enfoque de economía circular.

- Ausencia de plan estratégico para el manejo de residuos plásticos de un solo uso, usando un enfoque de economía circular en la UNI
- Grandes cantidades de residuo plásticos de un solo uso dentro del distrito SMP.
- Personal no capacitado y/o sensibilizado en el área de residuos reciclables.
- Ineficiente cronograma de recojo de residuos reciclables.

viii) Definición del Problema de Estudio

Manejo de residuos plásticos de un solo uso no adecuado y sin enfoque en economía circular en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima.

1.1.1 Formulación del Problema General

¿De qué manera un plan estratégico con enfoque de economía circular permitirá la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería y asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres, Lima, en los años 2024-2033.

1.1.2 Formulación de los Problemas Específicos

- ¿Cuánto es la cantidad de residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI por semana?
- ¿Cuáles son los procesos de preparación de carbón y su activación a partir de los residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres?
- ¿Cuáles son las estrategias enfocadas en la economía circular para la producción de carbón activado a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo

uso generados en la UNI y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar el plan estratégico con enfoque en economía circular para la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres Lima, en los años 2024-2034.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar los residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI.
- Establecer el proceso de preparación de carbón y su activación a partir de los residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres.
- Diseñar el plan estratégico para la producción de carbón activado con enfoque de economía circular a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres.

1.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.3.1 Formulación de la Hipótesis General

El plan estratégico con enfoque de economía circular permite la producción de carbón activado a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería y recolectados por la asociación de recicladores formalizados de San Martín de Porres, Lima, en los años 2024-2033

1.3.2. Variables

i) Variable Independiente

La variable independiente de la investigación es: Plan estratégico con enfoque de economía circular.

ii) Variable Dependiente

La variable dependiente de la investigación es: Producción de carbón activado

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1 Tipo de Investigación

Se empleará la investigación causal, pues se pretende reducir la contaminación causada por la acumulación de residuos plásticos de un solo uso mediante el desarrollo de un plan estratégico basado en Economía circular para la conversión de estos residuos en carbón activado.

1.4.2 Nivel de Investigación

La investigación es de nivel cuantitativo, busca especificar las características más importantes de los procedimientos de preparación de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso en la UNI, hacer un análisis económico preliminar para determinar la viabilidad de la propuesta. Por último, el desarrollo del plan estratégico enfocado en Economía Circular a 10 años que permita definir las estrategias a seguir para aprovechar estos residuos para la generación de productos de alto valor agregado.

1.4.3 Métodos de Trabajo

Método Sintético: Comienza con una visión global o teoría general que luego se descompone en elementos más pequeños para su análisis o para la solución de problemas específicos. Se enfoca en la integración de partes para formar un todo.

Características del método sintético:

- Partiendo de lo General a lo Específico: Comienza con teorías o conceptos generales.
- Descomposición en Elementos: Estos conceptos se desglosan en partes o elementos más manejables.
- Análisis Detallado: Cada elemento se examina detalladamente para entender cómo contribuye al conjunto.
- Reconstrucción o Síntesis: Finalmente, los elementos se reintegran, proporcionando una comprensión más profunda del tema o problema inicial.

1.4.5 Población y Muestra

La población está conformada por los plásticos de un solo uso recolectados por la Asociación de recicladores de San Martín de Porres y la UNI.

Como muestra se consideran los residuos plásticos de un solo uso en las vías públicas de la UNI.

La unidad de investigación son botellas plásticas de un solo uso.



1.4.6 Tipo de Diseño

El diseño de investigación en esta tesis es principalmente estratégico y analítico, enfocado en la planificación y evaluación de un proyecto de economía circular.

1.4.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La fuente de recolección primaria de datos se realizó mediante mediciones de campo en la UNI por un periodo de 2 meses usando una balanza romana de bolsillo. El análisis consistió en determinar el peso en kg de las botellas plásticas recolectadas en las vías públicas de la UNI.

Como fuentes secundarias de recolección de información se mencionan las siguientes:

- Revisión documentaria en bases de datos, artículos científicos, tesis y páginas web relacionadas con la temática.
- Modelo de bloques donde se represente el flujo de elementos de la economía circular a aplicar en la estrategia.

1.4.8 Técnicas e Instrumentos de Análisis y Procesamiento de Datos

Para el análisis económico se utilizó el software Excel para realizar los diferentes cálculos, hacer las proyecciones de los datos y determinar el VAN, el TIR, y el periodo de recuperación. Para el diseño del plan estratégico se realizó un análisis de visión, misión. Se realizó la evaluación externa con el análisis PESTEL, matrices perfil competitivo y referencias (MPC y MPR, respectivamente). También la evolución interna se trabajó como AMOFHIT, MEFI e intereses de la industria y objetivos de largo plazo. El proceso estratégico se llevó a cabo con las matrices: FODA, MBCG, MIE, MDE. Por último, la evaluación estratégica se analizó a través de perspectivas de control y tablero de control balanceado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 A nivel Nacional

En la actualidad Perú cuenta con una empresa nacional productora de carbón activado, Cocarbón (*Cocarbon | Compañía de Carbón Activado Del Perú, 2023*), siendo la demanda en el País muy grande, la adquisición de este producto es a través de importaciones, las cuales superan las 5000 toneladas al año (Ministerio de energía y minas, 2020). Cabe destacar que el carbón activado es materia primordial para la industria minera (Antamina S.A., Yanacocha, Buenaventura S.A.A.) durante el proceso de recuperación de cobre, plata y oro (Antonio; & Leon, 2019).

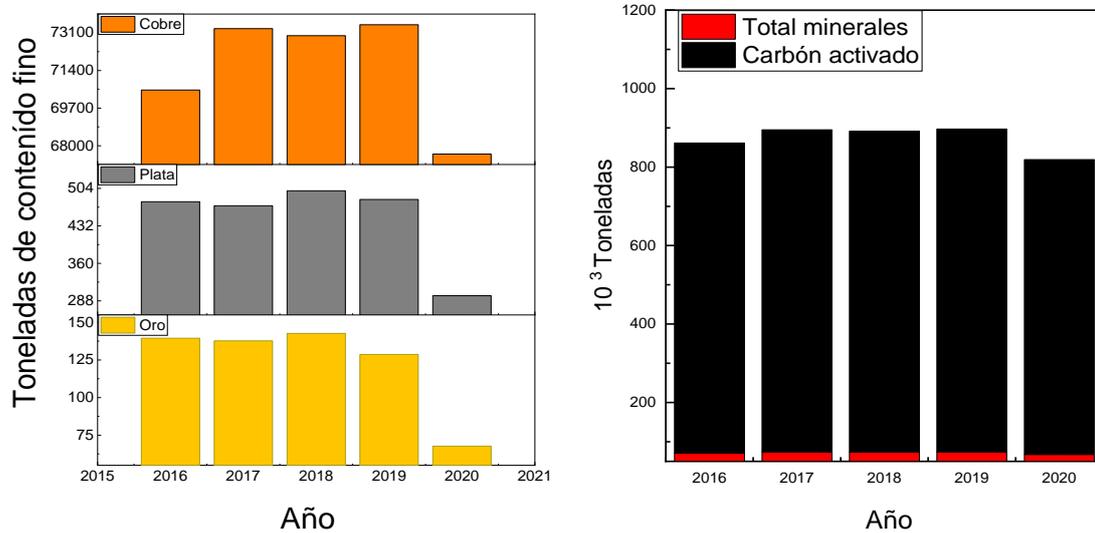
Existen varias empresas comercializadoras de carbón activado granulado en gran escala, pero solo 3 de ellas son las más representativas; 33% Chemsupply S.A.C., 33,8% Mercantil S.A., 11,5% Generation Solutions Perú S.A.C. y otros 21,7% (Veritrade, 2023) con un 80% en la participación del mercado. De acuerdo con el estudio de Priscila Hurtado y Tatiana Torre (Hurtado Antonio & Torre Leon, 2021) el carbón activado granular usado para la adsorción de oro tiene un rendimiento de “entre 8 y 10 g de metal por kg de carbón activado”.

La **Figura 2** muestra la comparación en toneladas de carbón activado utilizado por metal. Además, el precio por kg de carbón activado desde el 2014 era de 1,75 US\$ kg⁻¹, a partir de esa fecha los precios subieron y se han mantenido en promedio hasta el 2019 en 2,30 US\$ kg⁻¹ después de la pandemia y con el cierre de comercio con Rusia (Guerra con Ucrania) el precio ha subido a 3,04 US\$ kg⁻¹ (Filtrshop, 2023).

También existen bienes sustitutos con similar capacidad de adsorción como la zeolita, gel de sílice, alúmina y resinas de intercambio iónico, y bienes complementarios como filtros y torres de adsorción que proporcionan mayor efectividad en el proceso de adsorción con el carbón activado (“Adsorption and Ion Exchange,” 2005). Por otro lado, residuos plásticos útiles se mantienen en circulación pero que ocurre con aquellos que son depositados en vertederos, incinerados o filtrados al entorno natural, una de las técnicas de reciclaje para estos plásticos no reciclables es la pirólisis, siendo muy estudiada y aplicada a escala industrial, (Pérez-Huertas et al., 2023). Nuestro país aún no cuenta con ella para la producción de carbón activado a escala semiindustrial, aunque ya se han creado nichos de mercado con productos proveniente de carbón activado, en innumerables aplicaciones.

Figura 2

Producción de metales en el Perú 2015-2019.



Nota: Producción de metales y su valor en carbón activo. Adaptado de Producción (Ministerio de energía y minas, 2020)

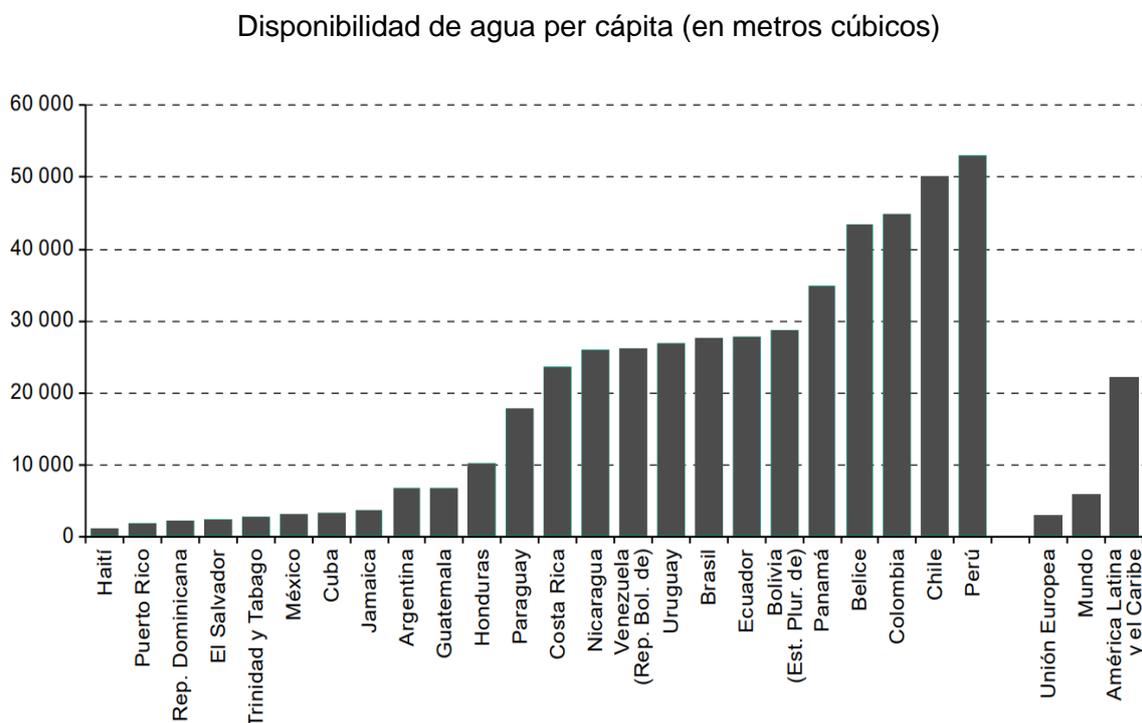
2.1.2 A nivel Internacional

Hemos escuchado hablar del efecto invernadero y como las toneladas de carbón impactan en la atmósfera y en todos los ecosistemas vivos (Dias & Santos, 2022). Cerca de 9 millones de toneladas de carbono son producidas en América Latina y el Caribe y este número sigue en ascenso desde 2017, incrementando este número a un 125% para el 2022 (Bárcena Ibarra et al., 2020). Nuestra región ocupa el segundo puesto a nivel mundial de producción y consumo de carbón vegetal por habitante, según la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Solo Brasil emite alrededor de 6 millones de toneladas de carbón vegetal al año que deriva de la madera y esto representa el 12% del total mundial. Pero un gran porcentaje de este “carbón malo” está en transición a un “carbón bueno” o carbón activado, por los muchos beneficios percibidos en el área de tratamiento y potabilización de agua, la demanda de agua para el consumo humano aumenta a medida que mejora el ingreso y crece la población, ver **Figura 3** (Bárcena Ibarra et al., 2020), la disponibilidad de agua es insuficiente por ello es necesario el uso carbón activado. Así también la transición energética, en América Latina y el Caribe, tiene la posibilidad de crear una expresiva cantidad de nuevos empleos “verdes” que podría representar un aumento de hasta el 66% en el período 2020-2030 (Bárcena Ibarra et al.,

2020). El carbón activado tiene como principal función la adsorción, debido a la gran área superficial, estructura microporosa y alta reactividad por superficie (Januszewicz et al., 2020). Las aplicaciones son variadas, en relación con el tratamiento de agua, cada año es más difícil su purificación por nuevos contaminantes emergentes, azitromicina, acetaminofen, entre otras, provenientes de pacientes con la enfermedad Covid-19 (Morales-Paredes et al., 2022). Es por ello, que la purificación, decoloración, desodorización, deoloración, separación y concentración permiten la recuperación y filtración, eliminación o modificación de los componentes nocivos en líquidos y gases (Ramos et al., 2022). En consecuencia, la adsorción con carbón activado es de interés para muchos sectores económicos y áreas de interés tan diversas como las industrias alimentaria, farmacéutica, química, petrolera, nuclear, automotriz y de vacío (Bárcena Ibarra et al., 2020).

Figura 3

América Latina y el Caribe (24 países): cantidad de agua por persona, según el país, y reparto del uso en el conjunto de la región, 2014.



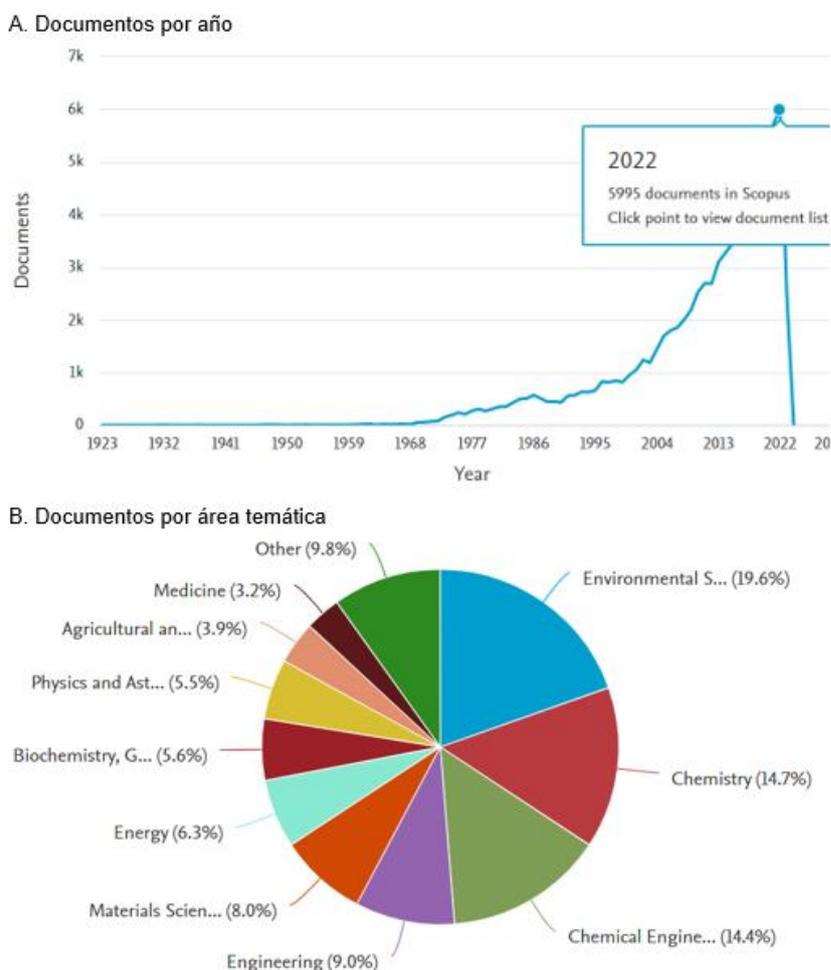
Fuente: (Informe Regional América Latina y el Caribe Resumen ejecutivo 2018, 2018)

El uso del término carbón activado en la plataforma Scopus (<https://www.scopus.com/>) empezó el año 1923, los primeros manuscritos mencionan las

propiedades y aplicaciones industriales del carbón activado (Chaney et al., 1923); así mismo, el comportamiento del carbón activado proveniente del azúcar en contacto con una solución de peróxido de hidrógeno (Firth & Watson, 1923), como se muestra en la **Figura 4A**. El empleo de este término desde el 2017 hasta la actualidad contiene 47885 documentos entre artículos, conferencias y revisiones es decir 39% del total de documentos en esta base. América del Sur y Central tiene 2195 documentos donde el área temática con más alto porcentaje es en ciencia ambiental, con un 19,6% de participación, seguido de química con 14,7%, ingeniería química con 14,4%, ingeniería 9,0% y otras áreas con menores porcentajes, ver **Figura 4B**.

Figura 4

Análisis de búsqueda de resultados en base Scopus “Activated carbon”, (A) documentos por año, (B) documentos por área temática.



Fuente: Scopus. (16 de mayo de 2023). *Analyze search results*. Ministerio de Medio Ambiente. <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri>

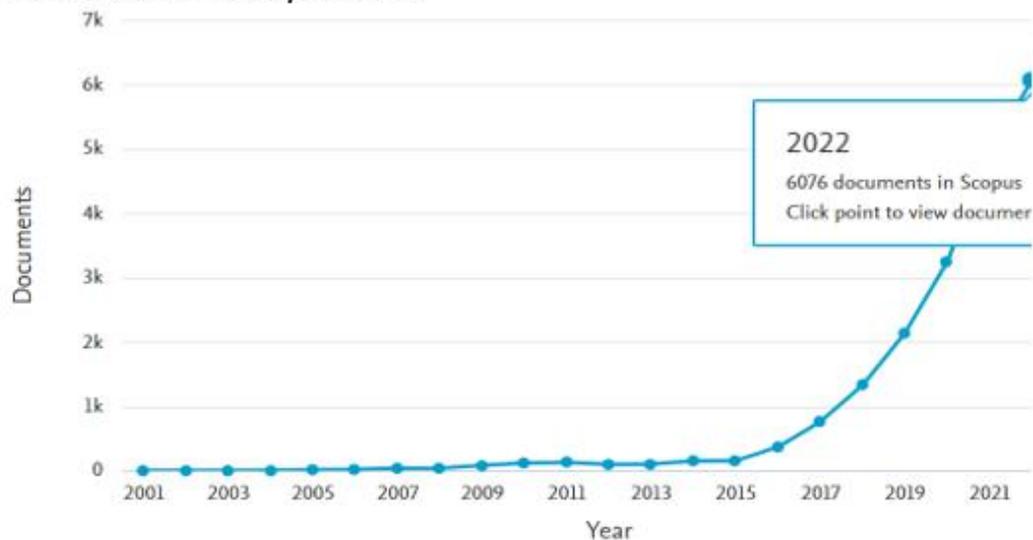
Solo Brasil tiene 1587 documentos (41,1%) del total de documentos en la región, donde se mencionan las aplicaciones del carbón activado, así como innumerables procesos de activación de carbono (Ramos et al., 2022), el siguiente en la lista es México, Colombia, Argentina, Chile, Ecuador y Perú. Nuestro país, solo cuenta con 64 publicaciones relacionadas al carbón activado, entre ellas: las aplicaciones sostenibles de los residuos lignocelulósicos de la producción de castaña en la Amazonía peruana (Torres et al., 2021), residuos leñosos de la cadena productiva de la uva como precursor alternativo de carbón activado de alta porosidad con notable rendimiento para la adsorción de naproxeno del agua (Georgin et al., 2022), así como los avances recientes y perspectivas para el desarrollo de los materiales de electrodos para supercapacitores basados en óxidos e hidróxidos metálicos soportados en compuestos de carbono derivados de biomasa (Ruiz-Montoya et al., 2021). Son temáticas que lideran en las publicaciones peruanas.

No podemos hablar de crecimiento económico si no podemos evolucionar la relación entre el ambiente, la sociedad y el hombre. Es por ello por lo que el enfoque en economía circular se ha convertido en un consenso para el desarrollo en las diferentes actividades económica en nuestro planeta. La palabra economía circular dentro de la base Scopus se utilizó por primera vez en el 2001 por Ueno, Kiyoshi, trabajador de la corporación eléctrica Mitsubishi (**Flynn & Hacking, 2019; Ueno, 2001**), mostrando una relación de las leyes implementadas en Japón con el medio ambiente y el reciclaje; esta Ley de Reciclaje en Electrodomésticos, incluyó el despliegue de plantas de reciclaje de electrodomésticos y otras plantas de manufactura que incluían nuevas tecnologías como el uso de carbón activado. Desde el 2018 hasta la actualidad hay más de 1334 documentos los cuales el 22,8% ocupan publicaciones en el área medioambiental, 15,3 % en el área de ingeniería y 11,3% en el área de energía; tal como revela la **Figura 5**. Actualmente el Reino Unido, Italia y España lideran en temas de economía circular mostrando nuevos productos de alto valor agregado a materiales que terminaron su ciclo de vida, siendo solo 172 documentos los que se pueden encontrar los dos términos “circular economy” + “activated carbon”, mostrando a estos mismos países liderando en publicaciones de artículos científicos (71,5%) y revisiones (15,1%).

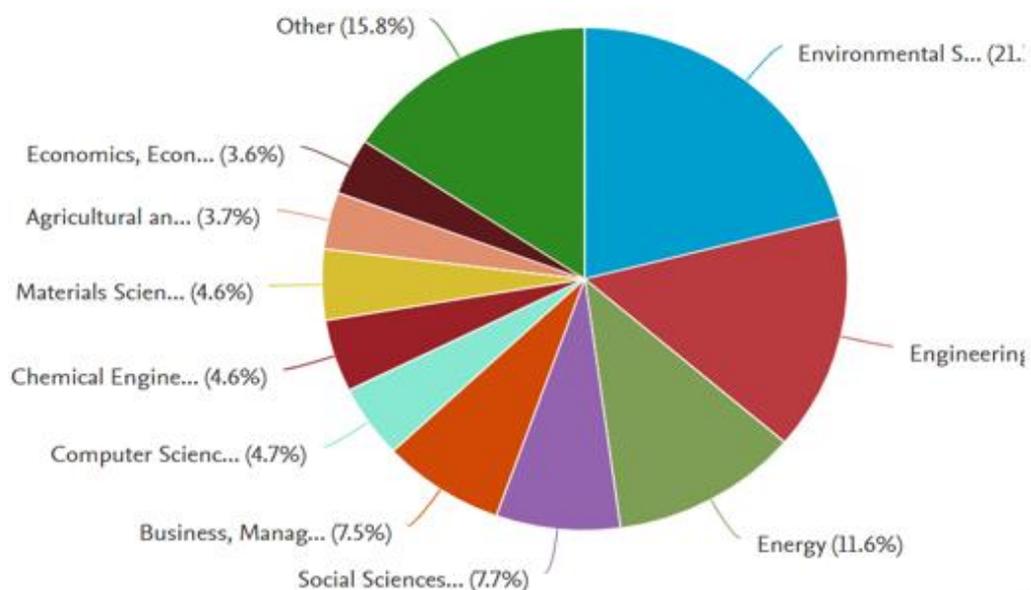
Figura 5

Análisis de búsqueda de resultados en base Scopus “Circular economy”, (A) documentos por año, (B) documentos por área temática.

A. Documentos por año



B. Documentos por área temática



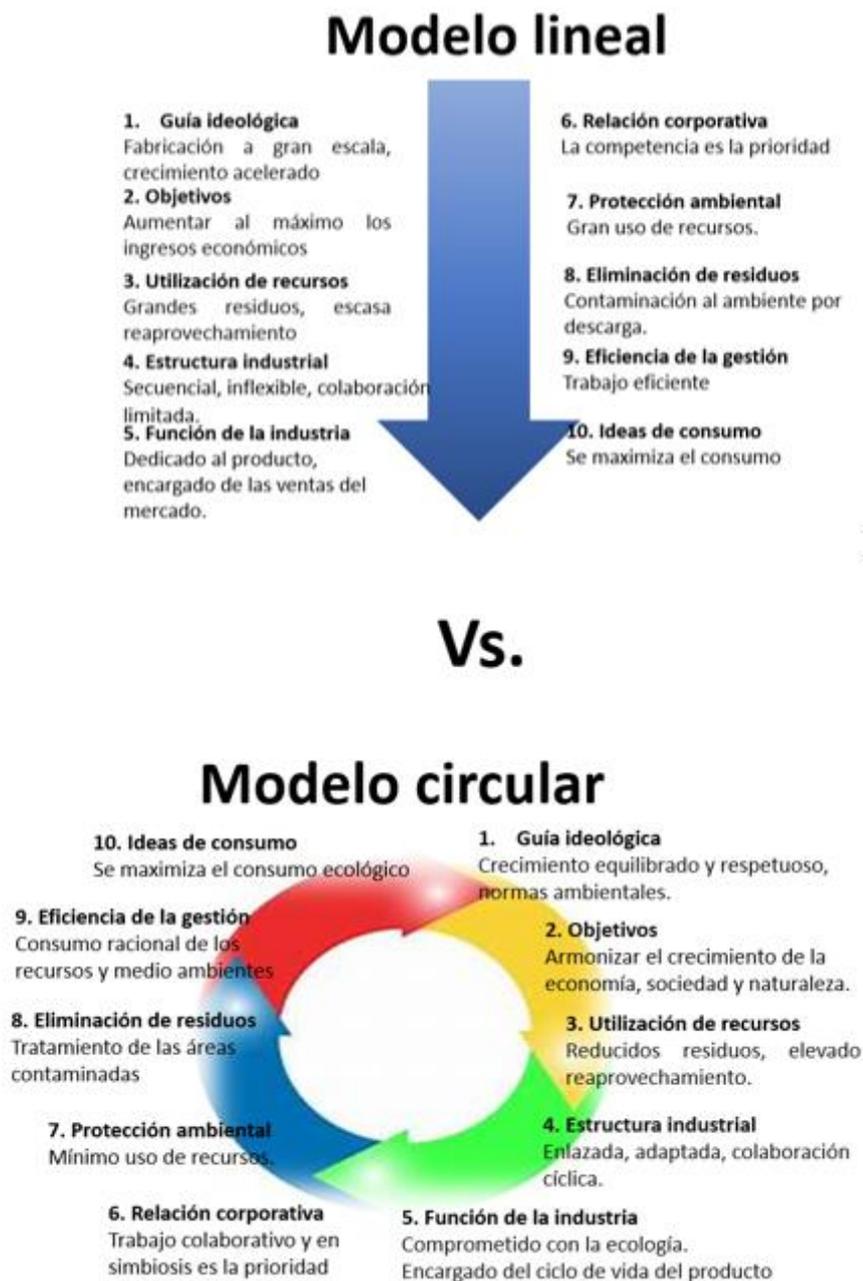
Fuente: Scopus. (16 de mayo de 2023). *Analyze search results*. Ministerio de Medio Ambiente. <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri>



La economía circular se basa en una circulación ecológica de materiales naturales que requiere la creación y cumplimiento de leyes medioambientales así como el empleo racional de los recursos naturales, basándose en los siguientes principios: a) reducir el empleo de recursos es decir mejorar la producción a partir de la implementación de nuevas tecnologías minimizando el uso de materias primas, energía y residuo; b) reusar los recursos, evitar a toda costa crear residuos tóxicos después de su primer ciclo de vida; c) reciclar los recursos, utilizar un producto en su estado primigenio darle más de un único uso (Manjakkal et al., 2023). Muchos conflictos entre organizaciones y protectores de medio ambiente se han agudizado después de la pandemia COVID19, al darse cuenta de que la actividad antropogénica y con ello el desarrollo económico tradicional está consumiendo recursos, extinguiendo especies, deteriorando ecosistemas así mismo involucrando al ser humano al contagio de nuevos virus más contagiosos o más letales (Cossu, 2020). Por ello el enfoque circular implica una transformación en las estructuras económicas existentes, la **Figura 6** muestra diferencias entre el modelo tradicional y circular.

Figura 6

Diferencias entre el modelo tradicional (lineal) y economía circular.



Nota. Adaptado de "Ecological Industry: A Sustainable Economy Developing Pattern", por Guo, Mao, y Wang, 2010, Journal of Sustainable Development, 3, p.241. Recuperado de <http://search.proquest.com/>

A continuación, se realiza una revisión de la literatura de los años 2018 – 2022 acerca de la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso, se mencionan las condiciones de síntesis y las características texturales relevantes de cada uno de los materiales, por otro lado, en miras de sustentar el alto valor agregado del carbón activado, se muestra una aplicación como material adsorbente dado que esta aplicación es la que nos parece más importante dado el gran impacto de la minería en el país, así como la industria textil que genera un alto nivel de contaminación por metales pesados y colorantes, respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, los residuos plásticos pueden ser empleados para la obtención de productos de alto valor agregado como el carbón activado, por ejemplo, los residuos plásticos de poliestireno se pueden utilizar para producir carbón activado, la síntesis del material es simple, consiste en la pirólisis a temperatura de 450 °C en atmósfera inerte, este tratamiento permite obtener un aceite líquido, seguido de un segundo tratamiento térmico en condiciones no oxidativas a 550 °C por 3 h, finalmente el material carbonoso es activado con hidróxido de sodio para obtener carbón térmicamente activado (CTA) como se puede observar en la **Tabla 2**. Los estudios de adsorción del colorante rojo congo (**Tabla 3**) a un pH de 4.5 y una dosis de 0,04 g L⁻¹ muestran una capacidad máxima de remoción de 224,7 mg g⁻¹ (Miandad et al., 2018). En un estudio diferente, se utilizan bolsas de plástico, vasos y botellas, en la primera etapa de síntesis se realiza un pretratamiento a 400 °C por 3 h, seguido de una activación química con KOH 8 mol L⁻¹, con un posterior tratamiento térmico a 550 °C por 2 h (**Tabla 2**).

Las botellas de plástico que se utilizan para envasar agua mineral contienen tereftalato de polietileno conocido como PET por sus siglas en inglés *polyethylene terephthalate*.

Este tipo de residuo ha sido empleado para la producción de carbón activado, en este estudio se varían las proporciones de agente activante vs. residuo y la temperatura de carbonización (600 - 1000 °C), donde se observa que a la temperatura de 700 °C y una proporción 1:2 (residuo: agente activante) se obtiene el material con las mejores características, logrando un área superficial de 1771 m² g⁻¹, este material ha sido usado exitosamente en la remoción de CF₄, uno de los gases que contribuyen con el efecto invernadero (Yuan, Cho, et al., 2020).

En un trabajo similar, utilizan los residuos plásticos tipo PET de botellas de agua para la preparación de carbón activado y se evalúa la temperatura de pretratamiento utilizando temperaturas entre 500 a 900 °C durante 10 min. Posteriormente el material

tratado a 900 °C se somete a un tratamiento térmico de activación en atmósfera de oxígeno a una temperatura de 500 °C por un periodo de tiempo que varía entre 20 a 60 min. Se elige para las siguientes mediciones el carbón sintetizado usando 60 min, debido a que a mayor tiempo se obtiene un grado de grafitización más alto que conlleva a tener una conductividad mayor, cuando el material es aplicado para la remoción del colorante naranja de metilo, se alcanza un porcentaje de remoción del 99,8% con una capacidad máxima de 59,5 mg g⁻¹ en tan solo 12 min (Wei & Kamali, 2020).

Los resultados muestran que el carbón activado obtenido a partir de vasos plásticos presenta mayor área superficial que el sintetizado a partir de bolsas de plástico y botellas, estos carbones activados pueden ser usados para la remoción de diversos contaminantes como por ejemplo: el amarillo de quinolina, el amarillo ocaso, el azul nitro, el naranja de metilo, el azul de bromofenol, el azul de timol entre otros, siendo el azul de timol el colorante que fue removido en mayor proporción, alcanzando valores entre 75–96%, logrando una capacidad máxima de adsorción con los vasos de plástico de 115,4 mg g⁻¹, estos resultados se correlacionan con el área superficial de los materiales (**Tabla 3**) (Kumari et al., 2022).

Hasta el momento se ha observado que para la obtención de carbón activado a partir de PET se requieren dos o tres pasos en la síntesis, en un trabajo publicado en el 2020 por Xiangzhou y colaboradores se utiliza solo un paso de síntesis que permite no solo la obtención del carbón activado sino también su dopaje con nitrógeno. El método consiste en el tratamiento de los residuos del PET con KOH para su activación y urea como fuente de nitrógeno a una temperatura de 700 °C cuya aplicación es en la remoción de CO₂, se logra alcanzar una capacidad máxima de remoción de 6,23 mmol g⁻¹ (Yuan et al., 2022).

En la revisión del estado del arte se ha encontrado que las propiedades texturales de los carbones activados obtenidos dependen de las condiciones de activación y carbonización empleadas como se observa en la **Tabla 2**. Por otro lado, en la literatura se encuentra una gran cantidad de artículos científicos en los cuales se emplea carbón activado para la remoción de diversos contaminantes, en la revisión bibliográfica de este trabajo se muestra algunos ejemplos haciendo referencia a carbones obtenidos a partir de residuos plásticos de un solo uso (**Tabla 3**). Esta aplicación es interesante dado que muestra el alto valor agregado que presentan los carbones activados.



Tabla 2

Resumen de las condiciones de preparación de carbones activados obtenidos a partir de residuos plásticos, así como sus principales propiedades texturales.

Residuo plástico	Tipo de carbón obtenido	Condiciones de carbonización	Área superficial / $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$	volumen de poro / $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	Tipo de porosidad	Referencia
Poliestireno PS	Carbón térmicamente activado (CTA)	Pretratamiento: pirólisis a 450 °C en atmósfera inerte por 75 min. Activación térmica: 550 °C, 3 h Activación química: Sonicado del carbón con los agentes activantes (H_2SO_4 , HNO_3) durante 1 h, seguido de agitación por 5 h.	5,32	0,00064	-	(Miandad et al., 2018)
Bolsas plástico	de Carbón activado (P-ACS)	Pretratamiento: pirólisis a 400 °C en atmósfera inerte por 3 h. Activación química: KOH 8 mol L^{-1} Carbonización: 550 °C x 2 h en ausencia de oxígeno.	-	0,0868	Microporos / mesoporos	(Kumari et al., 2022)
Vasos plástico	de Carbón activado (C-ACS)	Pretratamiento: pirólisis a 400 °C en atmósfera inerte por 3 h. Activación química: KOH 8 mol L^{-1} Carbonización: 550 °C x 2 h en ausencia de oxígeno.	-	0,01008	Microporos / mesoporos	(Kumari et al., 2022)



Botellas plástico	de	Carbón ACS)	activado (B-	Pretratamiento: pirólisis a 400 °C en atmósfera inerte por 3 h. Activación química: KOH 8 mol L ⁻¹ Carbonización: 550 °C x 2 h en ausencia de oxígeno.	-	0,00156	Microporos / mesoporos	(Kumari et al., 2022)
Tereftalato polietileno (PET)	de	Carbón partir de PET	activado a	Pretratamiento: pirólisis a 600 °C en atmósfera inerte por 1 h. Activación química: KOH relación 1:2. 1 h, 60 °C Carbonización: 700 °C x 1 h en ausencia de oxígeno.	1771	0,761	-	(Yuan, Cho, et al., 2020)
PET		Carbón partir de PET	activado a	Pretratamiento: 900 °C durante 10 min en ausencia de oxígeno. Activación térmica: 500 °C, 1 h	644	-	Microporos / mesoporos	(Wei & Kamali, 2020)
PET		Carbón dopado con nitrógeno	activado	Pretratamiento: pirólisis a 600 °C en atmósfera inerte por 1 h. Activación química: KOH + urea relación 1:2:1, 700°C, 1 h, bajo atmósfera inerte.	1165	0,469	Microporos	(Yuan et al., 2022)



Tabla 3

Aplicación de carbones activados obtenidos a partir de residuos plásticos de un solo uso en la remoción de diferentes contaminantes en agua y en el ambiente.

Material	Adsorbato	Condiciones de remoción	Porcentaje de remoción / %	Remoción / mg g ⁻¹	Referencia
Carbón térmicamente activado (CTA)	Rojo Congo	pH=4,5, t= 180 min. Dosis: 0,04 g L ⁻¹	-	224,7	(Miandad et al., 2018)
Carbón activado (P-ACS)	Azul de timol	pH=9, t= 240 min. Dosis: 20 g L ⁻¹ .	75–96%	16,28	(Kumari et al., 2022)
Carbón activado (C-ACS)	Azul de timol	t= 60 min. Dosis: 20 mg L ⁻¹	75–96%	115,4	(Kumari et al., 2022)
Carbón activado (B-ACS)	Azul de timol	t= 60 min Dosis: 20 g L ⁻¹	75–96%	43,93	(Kumari et al., 2022)
Carbón activado a partir de PET	CF ₄	Flujo de CF ₄ =100 mL min ⁻¹ , 5 h	-	213,85	(Yuan, Cho, et al., 2020)
PET	naranja de metilo	pH = 5,75, t= 12 min, T=298 K Dosis: 2 g L ⁻¹	99,8	59,5	(Wei & Kamali, 2020)

2.2 BASES TEÓRICAS

El concepto de estrategia es fundamental en la era contemporánea (Carter, 2013) y ha reemplazado a actividades gerenciales anteriores como la administración o la planificación. Su origen se encuentra en el campo militar y proviene de la palabra griega "strategos", que significa general (Mackay & Zundel, 2017). A lo largo del tiempo, ha evolucionado y se ha aplicado a diversas actividades humanas, especialmente a las estrategias empresariales. Para varios autores, como Porter (Porter, 2008), la estrategia implica seleccionar un conjunto de actividades en las cuales una empresa se destaque para establecer una diferencia sostenible en el mercado. Esta diferenciación surge de las actividades elegidas y de cómo se llevan a cabo. En resumen, la estrategia empresarial se compone de cuatro elementos fundamentales (Chiavenato, 2017):

Misión: Expresa la razón de ser y el fin de la organización, es decir, qué hace y a qué se dedica. Incluye el sector, las demandas que satisface con sus productos y servicios, el mercado en el que se desenvuelve y la reputación de la empresa u organización.

Visión: Representa la situación futura que la empresa quiere alcanzar en los próximos años. Es una guía para orientar, controlar y motivar a toda la organización para lograr el estado deseado.

Valores: Son el conjunto de criterios, convicciones y normas que orientan la gestión de la organización. Estos valores configuran la ideología institucional y la cultura organizacional, ofreciendo un marco de referencia motivador para la vida de la empresa.

Objetivos globales: Indican los resultados específicos que se desean lograr en un período de tiempo determinado.

En conjunto, estos elementos constituyen la base de la cultura y la filosofía institucional de la organización (Mao et al., 2017)., brindando una dirección clara y coherente para guiar sus acciones y decisiones hacia el logro de sus metas.

Formulación de Estrategias: Lo fundamental es identificar si hay o no un problema estratégico o también llamado GAP estratégico. Hay un GAP estratégico cuando los objetivos propuestos a futuro no se pueden lograr con la estrategia actual. Según Chang y Huang (Chang & Huang, 2006), el proceso de planeamiento estratégico consta de tres etapas: formulación de estrategias, implementación de la estrategia y evaluación de la estrategia. Para crear estrategias se debe hacer un análisis previo de las organizaciones que evalúan la definición de objetivos, el análisis de situación y la planificación. Cualquier



empresa, sin importar el tamaño, tipo de industria, segmento de negocio o país donde se realicen sus actividades, debe tener un proceso que le permita contar con una metodología para elaborar estrategias. Esta metodología empieza con la formulación de la planificación estratégica (FPE), definida como la forma de diagnosticar y analizar la posición competitiva actual y los problemas estratégicos que están afectando a la empresa. FPE debe ser la guía para visualizar lo que se quiere conseguir y cómo lo conseguirán las empresas (Sadler, 2003). Una correcta FPE debe comenzar por identificar la posición competitiva actual y de mercado de la empresa, que permita orientar de mejor manera el destino de la empresa. A través de la FPE es posible identificar las áreas que requieren mejoras en sus estrategias y, al mismo tiempo, alinearlas con las competencias funcionales y compararlas con la estrategia inicial, si existe (Masoud, 2013).

En la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se describen los pasos fundamentales para la formulación estratégica. Para la denominada implementación de la estrategia, se debe evaluar la capacidad de la organización; la estrategia está ligada a las operaciones y personas que van a poner en marcha la estrategia, sincronizar las personas y sus diversas disciplinas vinculando las recompensas a los resultados.

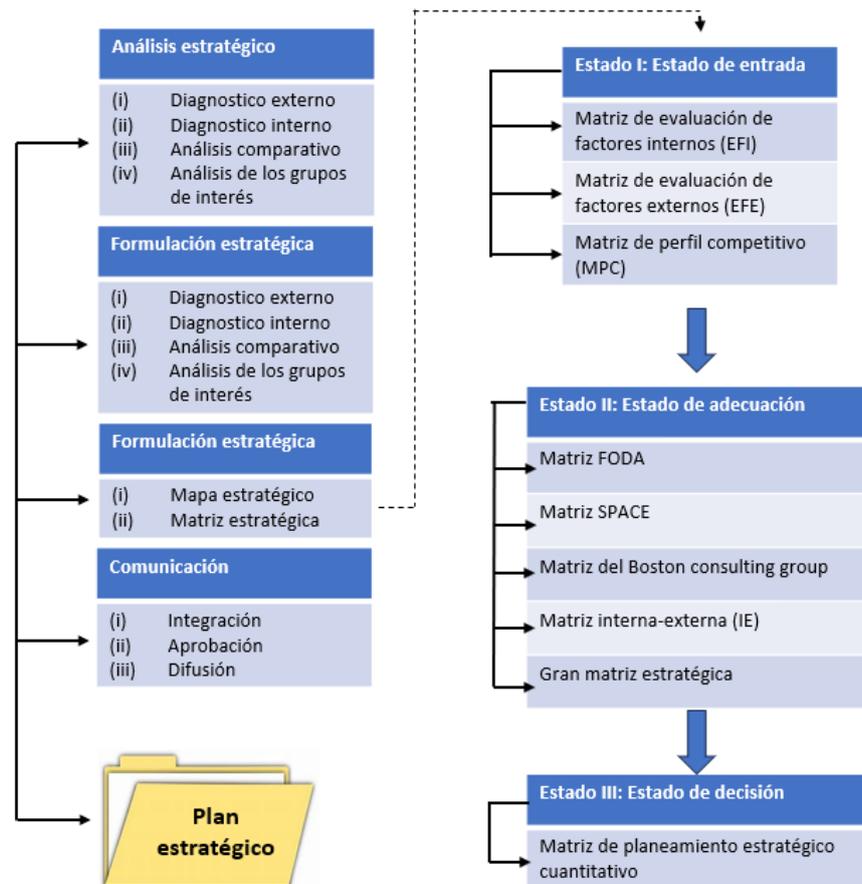
Métodos para la Formulación Estratégica. Las técnicas para formular estrategias se pueden integrar en un marco de tres etapas para la toma de decisiones. Estas técnicas sirven para organizaciones de todo tipo y tamaño y pueden ayudar a los estrategas a generar, valorar y seleccionar estrategias.

Etapa Uno o Etapa de Entradas. Resume la información básica que se debe tomar para evaluar todos los factores estratégicos, con el fin de detectarlos y priorizarlos según los niveles de importancia y trascendencia (Tehrani, 2017) las técnicas de esta etapa incluyen: (1) Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI). Herramienta de análisis estratégico que resume la auditoría interna de una organización (Capps & Glissmeyer, 2012) y evalúa las debilidades y fortalezas de las unidades organizacionales. La EFI ofrece un diagnóstico de todas las empresas en sus distintas funciones (Arabi, 2006). (2) Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE). Permite resumir y evaluar factores externos (oportunidades y amenazas) que impactan a la empresa de manera negativa o positiva (Helena & Sylvie, 2016). EFE facilita a los estrategas resumir y evaluar información económica, social, cultural, demográfica, gubernamental, legal, tecnológica y competitiva que podría beneficiar o perjudicar de manera significativa a una organización en el futuro (Katsiolouides

& Abouhanian, 2016). (3) Matriz de Perfil Competitivo (MPC). Esta matriz puede identificar a los principales rivales de una empresa. La identificación de los factores críticos de éxito es el proceso más importante para la construcción de MPC (Lu, 2017).

Figura 7

Proceso de desarrollo del plan estratégico de una organización.



Nota: Adaptado de (Fuentes et al., 2020)

Etapa Dos o Etapa de Adecuación. Se enfoca en desarrollar planes alternativos viables, alineando elementos críticos tanto internos como externos. Las metodologías empleadas en esta fase abarcan: (1) Análisis FODA. Esta herramienta posibilita la evaluación de las debilidades y fortalezas internas, así como de las oportunidades y amenazas externas a la organización. Se compone de una evaluación de las competencias internas como fortalezas y debilidades y las competencias externas como oportunidades y amenazas (Kajanus et al., 2004). Según el análisis de la matriz FODA se puede proponer el diseño



de cuatro estrategias: (i) Estrategia fortaleza-oportunidad (SO). Esta estrategia maximiza tanto las fortalezas internas como las oportunidades externas (estrategia "maxi-maxi"); la estrategia se puede elegir cuando se tienen abundantes fortalezas y oportunidades externas favorables. (ii) Debilidad-oportunidad de la estrategia (DO). Esta estrategia centrada en las oportunidades minimiza las debilidades y maximiza las oportunidades (estrategia "mini-maxi"); la estrategia puede elegirse en una situación precaria en la que las fortalezas son escasas y las debilidades aumentan. (iii) Estrategia fortaleza-amenaza (FA). Esta estrategia centrada en las fortalezas maximiza las propias fortalezas y minimiza las amenazas (estrategia "maxi-mini"); la estrategia se puede elegir en situaciones de rescate donde maximizar las propias fuerzas puede ser la única forma de superar amenazas sustanciales. (iv) Debilidad-amenaza de la estrategia (DA). Esta estrategia minimiza tanto las debilidades como las amenazas (estrategia "mini-mini"); la estrategia puede elegirse en una situación complicada en la que las fortalezas son escasas y las amenazas aumentan (von Kodolitsch et al., 2015).

(2) Matriz de Evaluación de Posiciones Estratégicas y Acciones (SPACE, PEYEA). Esta matriz permite determinar cuáles son las estrategias más adecuadas para una organización en el campo competitivo, una vez definidas las posiciones estratégicas externas e internas (Mason et al., 1982). Su estructura de cuatro cuadrantes permite encontrar saber si se está utilizando estrategias agresivas, conservadoras, defensivas o competitivas (Nouri et al., 2008). Los ejes de la matriz y la acción estratégica representan dos dimensiones internas (fortaleza financiera y ventaja competitiva) y dos dimensiones externas (validación del entorno y potencia industrial) (Adel et al., 2010).

(3) Matriz de Boston Consulting Group (BCG). Tiene como objetivo ayudar a las empresas a posicionar sus productos o unidades de negocio en el mercado, esta herramienta consiste en realizar un análisis estratégico del portafolio de la empresa en base a dos factores: tasa de crecimiento y participación de mercado (Henderson, 2012). La matriz está conformada fundamentalmente por cuatro secciones o cuadrantes, cada una de las cuales contiene distintas estrategias para ser elaboradas. Cada una de estas secciones está representada por un ícono caricaturesco.

(4) Matriz Interno-Externo (IE). Esta matriz representa una herramienta para evaluar una organización, tomando en cuenta sus factores internos (fortalezas y debilidades) y sus factores externos (oportunidades y amenazas) (Allen, 1977); la matriz IE es similar a la matriz BCG ya que ambas herramientas registran las divisiones de una empresa en un diagrama esquemático; esta es la razón por la que ambas se conocen como matrices de cartera (Allio & Pennington, 1979). La EI se



basa en información generada por otras matrices (IFE-EFE) capturando más información, cuantificándola en un índice que se puede graficar y ubicando en uno de los nueve cuadrantes de dicha matriz. (5) Gran Matriz Estratégica (GSM). Esta matriz hizo que las matrices DAFO, ESPACIO, BCG, y la matriz IE; GSM se conviertan en un instrumento para formular estrategias de carácter alternativo, ubicando a la empresa en uno de los cuatro cuadrantes estratégicos de la matriz (Doost Mohammadian, 2017). El GSM es una herramienta empleada para evaluar y perfeccionar la selección idónea de estrategias para empresas u organizaciones. Se presenta como un plano de dos ejes: la posición competitiva y el crecimiento del mercado. En este espacio, es posible situar diversas entidades siguiendo sus circunstancias particulares.

Etapa libre o Etapa de Decisión. Esta etapa incluye una sola matriz. (1) Matriz de Planificación Estratégica Cuantitativa (QSPM). SPM utiliza la información obtenida en la etapa uno para evaluar, de manera objetiva, las estrategias alternativas disponibles identificadas en la etapa dos (David, 1986). QSPM constituido por EFI y EFE se utiliza para determinar la posición estratégica dando una matriz estratégica cuantitativa (Pazouki et al., 2017).

Modelo de Fijación de Precios de Activos de Capital (CAPM)

El riesgo en finanzas corporativas influye en decisiones de inversión y consumo, especialmente en el ámbito de la inversión. Se refiere a la variabilidad en el valor de activos, lo que implica que inversiones más arriesgadas tienen mayor probabilidad de fluctuar en valor. Este riesgo abarca la tasa de descuento y, por tanto, el costo de capital. El costo de capital y la tasa de interés determinan la rentabilidad de una inversión al descontar flujos de efectivo futuros. Cambios en la tasa afectan el valor del activo en sentido opuesto. Calcular el riesgo de forma objetiva es esencial pero desafiante, ya que está influenciado por múltiples factores, especialmente el riesgo. La incertidumbre en el rendimiento de una inversión depende de variables como la estructura empresarial, el sector y las fluctuaciones macroeconómicas, así como la posibilidad de impago y la volatilidad del mercado financiero. Se proponen diversos métodos, incluido el Modelo de Fijación de Precios de Activos de Capital (CAPM), y análisis de indicadores como liquidez y endeudamiento, entre otros. En países en desarrollo, evaluar el riesgo es complicado debido a mercados financieros más pequeños y acceso limitado en comparación con el tamaño del mercado.

Están expuestos a fluctuaciones en tipos de cambio y flujos de capital, lo que provoca mayor volatilidad y proyectos más riesgosos (Botello-Peñaloza et al., 2021).

El CAPM es un modelo que calcula el retorno de un activo en función del riesgo asociado a la inversión. Este modelo se basa en varios supuestos:

1. El modelo es estático y no dinámico.
2. Los inversores consideran un periodo específico de tiempo, como un año, para tomar decisiones.
3. Se asume que los inversores son aversos al riesgo, lo que significa que exigirán mayores niveles de rentabilidad ante inversiones más arriesgadas.
4. Se centra únicamente en el riesgo sistemático, es decir, el riesgo que no se puede eliminar mediante la diversificación.
5. Se presupone una distribución normal de los rendimientos de los activos, lo que implica que los inversores se preocupan por la desviación del activo con respecto al mercado en el que cotiza, utilizando la Beta como medida de riesgo.
6. Se considera un mercado perfectamente competitivo, donde cada inversor tiene una función de utilidad y una dotación inicial, permitiendo optimizar la utilidad del activo en el mercado.
7. La oferta de activos financieros se considera exógena, es decir, fija y conocida.
8. Se supone que la información es perfecta, lo que significa que todos los inversores pueden acceder a la misma información de manera instantánea, resultando en expectativas iguales para cada activo.

Cálculo del CAPM:

$$CAPM = K_e = R_f + \beta \times (R_m - R_f) \text{ Ecuación 1}$$

K_e : Es la tasa de descuento cuando el proyecto ha sido financiado con recursos propios

R_f : Es la rentabilidad libre de riesgo, en la cual se compara el proyecto con otro libre de riesgo.

β : es el coeficiente de riesgo sistémico.

R_m : es la rentabilidad del mercado para la industria en particular. (de Sousa Santana, 2013)

Economía circular: Una economía circular es un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo por intención y en diseño. Reemplaza el concepto de fin de ciclo de vida por

restauración, cambia hacia el uso de energía renovable, elimina el uso de químicos tóxicos, motiva el rehúso y clama por la eliminación de la basura a través de un diseño de materiales, productos y sistemas más eficientes y con esto trae consigo la modificación de los modelos económicos (MacArthur, 2013).

Principios de la Economía Circular: La economía circular se basa en algunos principios clave:

- ✓ Eliminación de residuos: Los productos están diseñados para optimizar su ciclo de vida y ser desmantelados y reutilizados en lugar de ser desechados. Esto diferencia la economía circular de la eliminación y el reciclaje, evitando pérdidas de energía y recursos.
- ✓ Circularidad: Se establece una diferencia entre los elementos consumibles y los duraderos de un producto. Los consumibles están mayormente fabricados con ingredientes biológicos no nocivos y pueden ser reintegrados al entorno natural o reutilizados en sucesivas ocasiones. Los bienes duraderos se desarrollan con materiales adecuados para la reutilización.
- ✓ Regeneración: La energía empleada en este ciclo debe ser de origen renovable, con el propósito de disminuir la necesidad de recursos y fortalecer la capacidad de recuperación del sistema.
- ✓ Cambio del concepto de consumidor a usuario: Se fomenta un novedoso acuerdo entre compañías y clientes fundamentado en el desempeño del producto. Los artículos de larga duración son arrendados o compartidos cuando resulta factible, y en caso de venta, se introducen incentivos para asegurar su retorno y reutilización al concluir su período de uso primario.

Estos principios buscan crear una economía más sostenible y eficiente, minimizando el desperdicio y maximizando la utilización de recursos y materiales a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos (MacArthur, 2013; *What Is a Circular Economy?* | *Ellen MacArthur Foundation*, n.d.).

Fuentes de creación de valor:

El "poder del círculo interior": Consiste en minimizar el uso de materiales en comparación con el sistema de producción lineal. Cuanto más estrecho sea el ciclo de reutilización, restauración y remanufactura de un producto, y cuanto más rápido se vuelva

a utilizar, mayores serán los ahorros potenciales en materiales, mano de obra, energía y capital incorporados en el producto.

El "poder de recircular más tiempo": Se refiere a maximizar la cantidad de ciclos consecutivos de reutilización, remanufactura o reciclaje de un producto y/o el tiempo en cada ciclo.

El "poder del uso en cascada": Implica diversificar la reutilización a lo largo de la cadena de valor, permitiendo que un producto se utilice en diferentes aplicaciones sucesivas.

El "poder de los círculos puros": Se basa en flujos de materiales no contaminados que aumentan la eficiencia de recolección y redistribución, manteniendo la calidad de los materiales técnicos y prolongando la longevidad del producto, lo que aumenta la productividad material.

Estas fuentes de valor en la economía circular no solo tienen un efecto único y temporal en la demanda de recursos, sino que generan ventajas acumulativas y duraderas al cambiar la velocidad de entrada de material requerida en comparación con un enfoque lineal tradicional. Esto puede resultar en importantes beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y eficiencia (MacArthur, 2013).

Las 9 R de la economía circular

Rechazar: 0 R. El concepto de "desecho" se utiliza tanto en el contexto del consumidor como del productor. En el caso del consumidor, se enfatiza la opción de comprar menos o usar menos, lo que puede aplicarse a cualquier artículo de consumo que tenga como objetivo la prevención de la generación de desechos (Allwood et al., 2011). Aplicado a los productores, el rechazo se refiere más bien al Ciclo de Vida del Concepto y Diseño donde los diseñadores de productos pueden rechazar el uso de materiales peligrosos específicos, diseñar procesos de producción para evitar el desperdicio (Bilitewski, 2012).

Reducir: 1 R. Se trata de eliminar la producción de residuos en lugar de la eliminación de los residuos en sí mismos después de haber sido creados (Ghisellini et al., 2016). Reducir está explícitamente relacionado con los productores y su papel en las etapas previas a la comercialización del ciclo de vida del concepto y diseño, enfatizando el uso de menos material por unidad de producción (Sihvonon & Ritola, 2015a).



Revender/Reutilizar: 2 R. Los conceptos de 'revender' (o 'reventa') y 'reutilizar' están estrechamente vinculados y expresan dos lados de la transacción de mercado necesarios para que los productos vuelvan a la economía después del uso inicial: el lado de la oferta y el lado del receptor. En general, la 'reutilización' se aplica más comúnmente a un segundo consumidor de un producto que apenas necesita adaptaciones y funciona como nuevo, con el mismo propósito (Ghisellini et al., 2016), sin remodelación y sin reelaboración o sin reparación. Desde la perspectiva del consumidor, esto implica comprar de segunda mano, o encontrar un comprador para un producto que no estaba o apenas estaba en uso, posiblemente después de algunas limpiezas o adaptaciones menores para restaurar la calidad por parte del consumidor (Reike et al., 2018).

Reparación: 3 R. El propósito de la reparación es extender la vida útil del producto. Se describe como volver a ponerlo en funcionamiento (Fernández & Kekäle, 2005), recrear su función original después de defectos menores, sustitución de piezas rotas.

Renovar: 4 R. El uso del concepto 'restaurar' parece ser más adecuado en los casos en que la estructura general de un gran producto de múltiples componentes permanece intacta, mientras que muchos componentes se reemplazan o reparan, lo que resulta en una 'actualización' general del producto (Fernández & Kekäle, 2005).

Remanufacturado: 5 R. La "refabricación" se aplica cuando la estructura completa de un producto de varios componentes se desmonta, comprueba, limpia y, cuando es necesario, se reemplaza o repara en un proceso industrial (Lieder & Rashid, 2016). Algunos académicos también se refieren a esto como reacondicionamiento, reprocesamiento o restauración (Den Hollander & Bakker, 2012).

Reutilizar: 6 R. Actualización de la moda' o 'reutilización de piezas' (Den Hollander & Bakker, 2012). La reutilización es popular en las comunidades de artistas y diseño industrial. Al reutilizar productos desechados o componentes adaptados para otra función, el material adquiere un nuevo ciclo de vida distinto. Esto parece denotar productos finales de bajo y alto valor.

Las siguientes Rs denotan actividades tradicionales de gestión de residuos, ya que esta categoría incluye reciclaje, diferentes formas de recuperación de energía y re-minería, lo que podría verse como una "actualización de la gestión de vertederos".

Reciclar Materiales: 7 R. El concepto de "reciclaje" se encuentra en la parte inferior de las RO, pero en la parte superior cuando se trata de frecuencia de uso y uso confuso. Se utiliza para evitar el uso de nuevos materiales o recursos (Ghisellini et al., 2016).

Recuperar (energía): 8 R. Al igual que algunos de los otros RO, "recuperar" tiene un uso mixto con tres tipos dominantes. En primer lugar, se utiliza para describir la "recolección de productos usados al final de su vida útil y luego su desmontaje, clasificación y limpieza para su uso" (Yan & Feng, 2014). En otro lugar, lo encontramos mencionado como segunda R en un ranking de 3R: reducir, recuperar, reutilizar (Wang & Hsu, 2010). También puede significar la extracción de elementos o materiales de compuestos al final de su vida útil. Recuperación significa capturando la energía incorporada en los residuos, vinculándola a la incineración en combinación con la producción de energía (Sihvonen & Ritola, 2015b).

Re-minar: 9 R. Recuperación de materiales después de la fase de vertido. Tanto en el Norte como en el Sur, la extracción de piezas valiosas de productos en desuso forma un sector más o menos informal que surgió en condiciones muy diferentes. En los países en desarrollo, las personas intentan ganarse la vida extrayendo materiales y artículos valiosos de los vertederos. Esto a menudo implica la liberación de sustancias peligrosas, lo que plantea riesgos significativos para la salud (Fernández & Kekäle, 2005). El concepto es también se usa de manera más general para denotar la recuperación selectiva de partes que pueden usarse en otros productos o componentes (García-Rodríguez et al., 2013).

Materia prima: Flores (2011, p. 81) define Según Kholer, "la materia prima son insumos obtenidos para emplearlos como ingredientes o componentes de un producto o bien terminado. Varían desde materiales en su estado natural que requieren un mayor procesamiento o fabricación, hasta partes terminadas que pueden armarse sin necesidad de otra transformación" (Soria, 2011).



Materia prima para la producción de carbón activado: un carbón activado posee una estructura a base de carbón no grafitico, por lo tanto, cualquier material sólido que contenga carbón puede ser transformado en carbón activado, por lo que, existen muchas materias primas que podrían emplearse como la madera, la biomasa lignocelulósica, lignita, carbón.

En la práctica, la madera, cáscara de cacao, pepas de frutas, carbón, petróleo, plástico, etc., son materiales baratos con un alto contenido de carbón que podrían ser empleados para la producción de carbón activado (Rodríguez-reinoso, 1998).

Residuos Sólidos: En el Plan Nacional de Gestión de Residuos Sólidos del Perú para el año 2016-2024, los residuos sólidos se definen como las sustancias que pueden ser productos o subproductos originados de diferentes procesos naturales o producidos por el hombre. Estos se deben poner a disposición siguiendo las normas nacionales o de acuerdo al riesgo ambiental y la salud. Los cuales pueden estar en estado sólido o semisólido (“Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024,” 2017).

González, (2016) menciona que el residuo sólido es cualquier material que ya no es útil, y es abandonado para la persona que lo produce o lo posee, el cual se puede producir durante un proceso producción o transformación, también se puede originar después del empleo, o al consumir un producto como también puede obtenerse después de un proceso de limpieza. Los clasifica como: residuos sólidos orgánicos, residuos sólidos inertes, residuos que pueden ser peligrosos o no peligrosos, residuos sólidos urbanos y residuos agropecuarios (Galvis González, 2019).

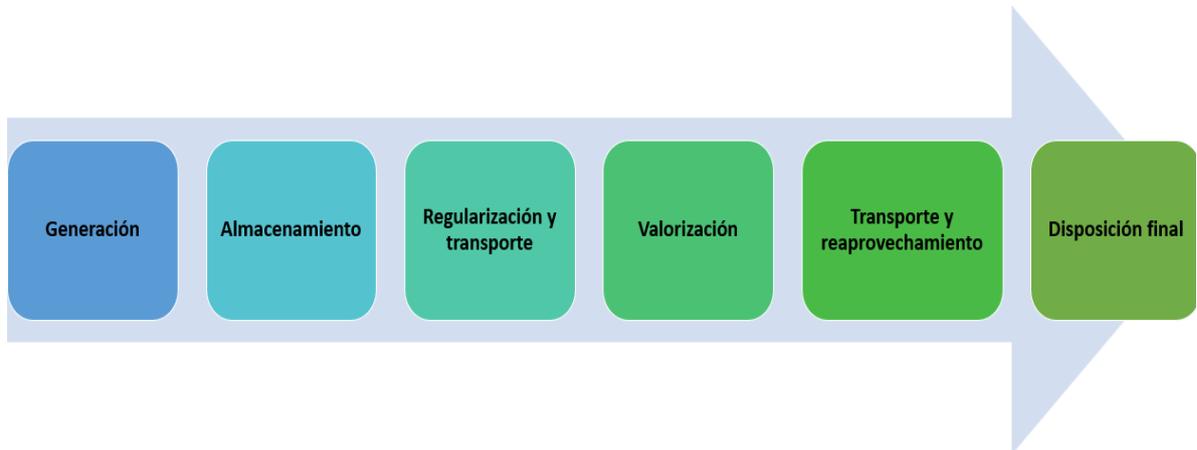
Sistema de Manejo - Manejo de residuos sólidos: En Perú, se dispone del Decreto Legislativo N° 1278, conocido como la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y el Decreto Legislativo 1501 de 2020 que lo modifica, la cual regula la gestión de los desechos sólidos, abarcando desde su origen hasta su disposición definitiva. En el marco de la administración de los residuos, se busca reducir su generación y fomentar la creación de productos con valor añadido, enfocados en su utilización para la generación de energía. La disposición adecuada de éstos, así como la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública (Ministerio del Ambiente, 2020b; “Reglamento Del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2017). El Título IV, Capítulo 1, trata de la segregación y almacenamiento en la fuente de residuos



sólidos municipales, en donde cada municipalidad es responsable de la segregación y clasificación de los residuos de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas, su clasificación permite la disposición final y también la valorización de estos, así como su almacenamiento. de la misma forma, la limpieza pública estará a cargo de las municipalidades, quienes serán las encargadas de contratar los servicios, velar por su calidad, continuidad, y brindar elementos de protección personal. Los residuos deben ser almacenados siguiendo la norma del artículo 36 del Decreto Legislativo N° 1278, donde se menciona que estos deben ser clasificados según sus características fisicoquímicas y almacenados usando código de colores según el tipo de residuo según la Norma Técnica Peruana 900.058:2005 “GESTIÓN AMBIENTAL”. “Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos, o su versión actualizada” (“Norma Técnica Peruana de Colores NTP 900.058.2019,” 2019). La fase de recolección es función de las municipalidades, esta recolección debe ser selectiva de acuerdo con el tipo de residuo. La siguiente etapa es la valorización del residuo en los centros de acopio, se realiza en ambientes destinados para tal fin, en este caso se valorizan los residuos sólidos no peligrosos, estos deben valorizarse de acuerdo con la disposición final de los mismos, el procedimiento se puede llevar a cabo en plantas de valorización que puede ser de tipo material o energética. Las operaciones de valorización tienen la finalidad de aprovechar los residuos sólidos que se producen en las actividades productivas que podrían ser un potencial económico, dependiendo del residuo se puede utilizar para la generación de compostaje, generación de energía, recuperación de componentes, fertilizantes, así como la producción de carbón, etc. En la etapa final, los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios (Ministerio del Ambiente, 2020b; “Reglamento Del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2017). En la **Figura 8** se muestra un resumen de las actividades realizadas en la gestión de residuos sólidos según el D.L. N° 1278 y el D.S. 014-2017-MINAM (“Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.-,” 2017; “Reglamento Del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2017).

Figura 8

Esquema de la gestión integral de residuos sólidos



Fuente: (“Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.-,” 2017; “Reglamento Del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2017; Ministerio del Ambiente, 2020b).

Aprovechamiento de residuos: Los residuos podrían representar un recurso potencial, esto ha hecho que en las últimas décadas el mercado global de reciclables se haya incrementado. El reciclado y aprovechamiento de los residuos pueden generar productos secundarios con un potencial energético significativo. Dentro de las opciones de disposición de los residuos existe una jerarquía (**Figura 9**) que ha sido aceptada desde la década del setenta. Teniendo en cuenta las 3 R’s “Reduce, reúse y recicle”, en la actualidad podemos hablar de una cuarta R: recuperación. Esta jerarquización también promueve la disminución de gases de efecto invernadero (**Hoornweg & Bhada-Tata, 2012**).

Figura 9

Manejo de residuos



Fuente: Adaptado de (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Polímeros: Los polímeros, especialmente los plásticos, son considerados una de las invenciones más importantes del ser humano, al punto de reemplazar materiales como la madera, el metal, el vidrio, fibras naturales, entre otros. Sus usos y aplicaciones son diversos, desde productos para el hogar, equipo médico, accesorios para carros, etc. La ventaja de los plásticos se debe a su estabilidad térmica y química, además de sus bajos costos de producción y su versatilidad. Los plásticos están constituidos principalmente por polímeros, de ahí que muchas veces sean considerados como sinónimos. La palabra polímero viene del griego *polimeros* que significa “compuesto de muchas partes” y tienen la característica de ser moléculas muy grandes conocidas como macromoléculas, las cuales están compuestas por monómeros, por otro lado, la palabra plástico viene del griego *Plastikos* y del latín *Plasticus* que significa “capaz de ser moldeado”.

La historia menciona que el primer plástico fue creado en 1907 por Leo Hendrik Arthur Baekeland, un americano nacido en Bélgica. quien descubrió la polioxibencilmetilenglicolanidrida, conocida como Baquelita, este polímero se sintetiza a partir de la reacción de policondensación entre el formaldehído y el fenol (Desideriy & Lanotte, 2022).

Origen y composición química de los polímeros: Los pueden ser dividido en tres grupos: naturales, semisintéticos y sintéticos. Los polímeros naturales como la celulosa las fibras naturales hoy en día son obtenidas a partir de recursos naturales como las plantas



y animales, han sido usados por la humanidad para diferentes propósitos. Con el desarrollo de la alquimia las civilizaciones aprendieron a mejorar las características de estos a través de modificaciones químicas o adicionando aditivos específicos. Los polímeros semisintéticos fueron inventados después (Por ejemplo: caucho vulcanizado). Por otro lado, tenemos los polímeros sintéticos como el nylon, epoxis y poliolefina, los cuales son obtenidos reacciones de polimerización de uno o más monómeros que son totalmente artificiales. Adicionalmente, la composición química de las cadenas poliméricas va a determinar su clasificación como polímeros orgánicos o inorgánicos. El esqueleto principal de una estructura de un polímero orgánico es una poliolefina, básicamente constituido por una secuencia de átomos de carbono; en contraste un polímero inorgánico, en su esqueleto tienen deficiencia de átomos de carbono y está conformada principalmente por compuestos inorgánicos dentro de los cuales tenemos: silicio, nitrógeno, azufre y boro, además de sus combinaciones; los cuales son constituyentes típicos de las cadenas principales. El ejemplo más común de polímeros inorgánicos son las siliconas. La mayoría de los polímeros usados en la actualidad son polímeros orgánicos generados por la polimerización de derivados del gas natural, aceite crudo y carbón, siendo moléculas de bajo peso molecular (Desidery & Lanotte, 2022).

Plásticos: Los plásticos pueden ser sintéticos o semisintéticos, pueden ser moldeados durante su fabricación y pueden retener la forma del molde. Estos pueden ser considerados como una subcategoría de los polímeros cuando se clasifican por su uso final. En la mayoría de los casos los plásticos no son polímeros puros, pero pueden contener una variedad de aditivos, que son adicionados para facilitar el proceso de moldeo, mejorar sus propiedades mecánicas y extender el tiempo de vida útil, así como hacerlos seguros o simplemente modificar su apariencia (Desidery & Lanotte, 2022). Los plásticos que en la actualidad consumimos son hechos de 6 diferentes resinas poliméricas, a los cuales se les asigna un número, un código de resina entre 1 y 7, estos códigos son moldeados en la superficie del plástico o adheridos al producto. El número 7 indica cualquier mezcla de polímeros entre el 1 y el 6.

Tabla 4, muestra la lista de resinas poliméricas, el código de resina y la aplicación general cuando se usa por primera y después de haber sido reciclado (Rudolph et al., 2020). El código de colores ha sido adoptado para distinguir información específica acerca del uso y la seguridad (Desidery & Lanotte, 2022).

Tabla 4

Clasificación de los plásticos y algunos ejemplos de su uso antes y después de ser reciclados

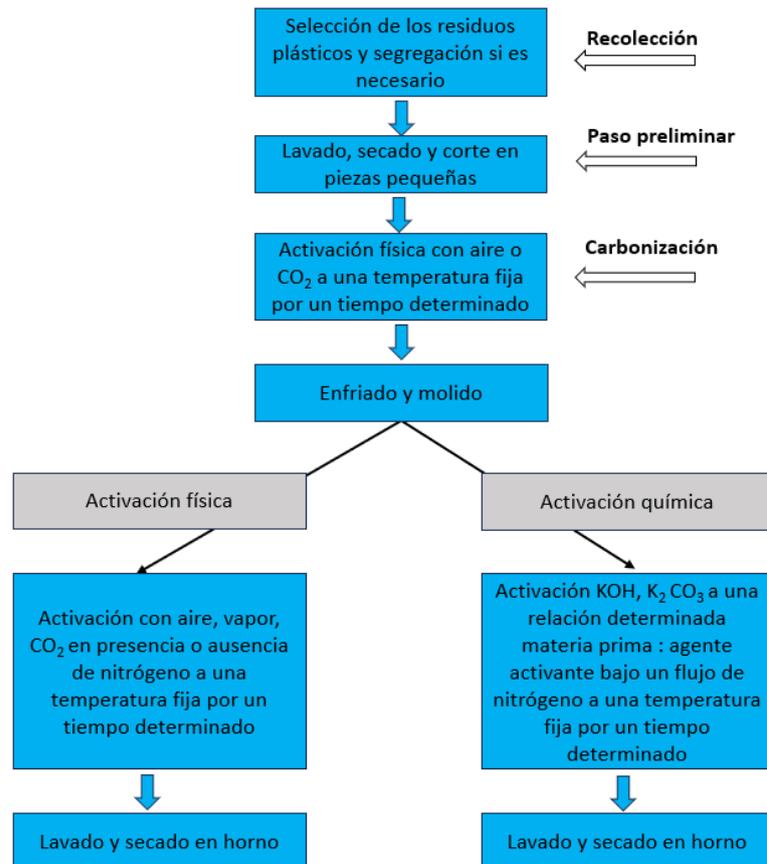
Símbolo, código de resina y tipo de plástico	Productos creados a partir de plásticos vírgenes	Productos creados de residuos plásticos reciclados
 Tereftalato de polietileno (PET)	Botellas de agua y bebidas gaseosas, empaques de mantequilla de maní y aceite vegetal.	Cartón de huevos carpetas camisetas mochilas, etc.
 Polietileno de alta densidad (HDPE)	Leche y cartones de jugo, recipientes para detergente, botellas de gel de ducha, recipientes para viajeros.	Juguetes, baterías, conos de tráfico, rejas, basureros
 Cloruro de polivinilo	Materiales de empaque, pipas plásticas, recubrimiento de cables, bolsas de sangre, tubos médicos.	Suela de zapatos, materiales de construcción, botes, pañales
 Polietileno de baja densidad (LDPE)	Forros desechables para pañales, Revestimiento de cables, envoltura retráctil y películas y recubrimiento de madera	Maderas, revestimientos de botes de basura, sobres de compra, y losa de piso
 Polipropileno (PP)	Frascos de medicina, pajitas para beber, envases de yogur, mantequilla y tarrinas de margarina, piezas de automóviles, y alfombras	Luces de señalización, portabicicletas, bandejas, cables de batería y raspadores de hielo
 Poliestierno (PS)	Cartones de huevos, tazas, recipientes para alimentos, tenedores de plástico y espuma de embalaje	Cartones de huevos, espuma de embalaje, y placas de interruptores de luz
 Otras resinas o mezclas	Envases de plásticos mixtos o plásticos multicapa	-

Fuente: (Desidery & Lanotte, 2022; Rudolph et al., 2020)

Condiciones de carbonización: en la Figura 10 se observa el proceso típico de obtención de carbón activado a partir de residuos sólidos, la mayoría de los estudios realizan un pretratamiento de carbonización seguido de activación térmica o física. Los residuos plásticos normalmente son separados en tamaños y composición. Estas piezas son cortadas en tamaños similares, lavadas y carbonizadas para eliminar componentes volátiles. El siguiente paso consiste de la activación química bajo atmósfera inerte, el gas que comúnmente se utiliza es el nitrógeno, la temperatura puede variar entre 400 a 1000 °C durante un periodo de tiempo entre 30 a 300 min (Bhattacharya, 2023), aunque normalmente se utiliza una temperatura de 600 °C, dado que a esta temperatura se ha perdido la mayor cantidad de masa (Yuan, Li, et al., 2020).

Figura 10

Representación esquemática de los pasos de preparación de carbón activado a partir de residuos plásticos.



Nota: Adaptado de (Bhattacharya, 2023)

Métodos tradicionales para evaluar la calidad del carbón activado

Número de Yodo: Un método utilizado para evaluar el potencial de adsorción de los CA es el número de yodo. La cantidad de yodo adsorbida por 1 g de carbono a nivel de mg es el número de yodo, que mide la porosidad de los CA (Mopoung et al., 2015). El área superficial utilizable en $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ de carbono virgen se indica mediante el número de yodo (o "valor de yodo") (ASTM D4607). El número de yodo, que está asociado con la "actividad" de CA y se utiliza con frecuencia como parámetro de control de calidad (QC) en la producción y reactivación de CA, no siempre ofrece una medida de la capacidad del carbono para adsorber otras sustancias químicas. Muchos carbones adsorben selectivamente compuestos pequeños. El factor más esencial utilizado para describir el rendimiento de AC es el número de yodo. Es una medida del nivel de actividad (un número mayor indica un mayor grado de activación) y se expresa con frecuencia en mg g^{-1} (rango habitual: 500-1200 mg g^{-1}). Mediante la adsorción de yodo a partir de una solución, se mide el contenido de microporos de CA (0-20 o hasta 2 nm). Esto corresponde a un área superficial de carbono de 900-1100 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$. Sirve como referencia en aplicaciones en fase líquida. Los valores de yodo para los carbones utilizados en el tratamiento de agua suelen oscilar entre 600 y 1100. Esta métrica se utiliza con frecuencia para evaluar cuánto carbono se ha utilizado (Ganjoo et al., 2023).

Densidad Aparente: Se calcula el peso de un volumen fijo de CA utilizando una densidad aparente. La densidad sólida o esquelética de los CA normalmente oscila entre 2,0 y 2,1 g cm^{-3} (es decir, si se eliminaran todos los espacios porosos). Sin embargo, dado que hay una cantidad significativa de espacio vacío entre las partículas en una muestra de CA, la densidad operacional (aparente) real suele ser más baja, en un rango de 0,4 a 0,5 g cm^{-3} . Al comparar el mismo material, una mayor actividad volumétrica y un mejor carbón activado suelen indicarse mediante una mayor densidad aparente. Una mayor actividad volumétrica y un CA de mejor calidad suelen estar asociados con una mayor densidad. La densidad aparente de CA se calcula utilizando la norma ASTM D 2854-09 (2014) (Ganjoo et al., 2023).

Contenido de Ceniza: La ceniza total mide la concentración de óxidos minerales de CA basada en el peso. A 800 °C, los componentes minerales se transforman en sus correspondientes óxidos para determinar el valor. La cantidad de ceniza, compuesta



principalmente por sílice y aluminio, depende del material primario utilizado para crear el producto final. Los valores típicos para CAs basados en madera, cáscaras de coco y carbón son del 2 al 3% p/p, 5% p/p y del 8 al 15% p/p, respectivamente. La ceniza disminuye tanto la actividad total de CA como la eficacia de la reactivación; la cantidad depende únicamente del material primario base utilizado para hacer el CA (por ejemplo, coco, madera, carbón). El contenido de ceniza de CA se determina utilizando el Método de Prueba Estándar ASTM (D2866). (Ganjoo et al., 2023)

Solubilidad en agua: Algunas de las cenizas tienen la capacidad de disolverse en agua. En ciertas aplicaciones, la cantidad y naturaleza de estas sustancias pueden tener impactos en el producto tratado con carbón.

pH del extracto acuoso: Los componentes que se disuelven en agua pueden exhibir propiedades ácidas o básicas.

Contenido de humedad (durante el proceso de embalaje): Este valor se detalla debido a que, a medida que aumenta el contenido de humedad, se reduce el porcentaje neto de carbón que el comprador adquiere.

Longitud de semidecloración: Hace referencia a la cantidad de lecho necesaria para reducir el contenido de cloro libre en agua pura de 5 a 2 mg L⁻¹, y se utiliza como indicador de la velocidad a la que el carbón activado elimina el cloro. A medida que el tamaño de las partículas se reduce, la velocidad de eliminación de cloro aumenta y la longitud de semidecloración disminuye. (Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015a) .

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Condiciones de activación: Existen diversos métodos para producir carbón activado, sin embargo, estos pueden ser agrupados en dos categorías:

Activación física: Este tipo de activación puede consistir en uno o dos pasos dependiendo del tipo de metodología aplicada. Usualmente, se sigue un procedimiento de dos etapas. La primera etapa involucra la carbonización térmica de la materia prima, donde se produce la desvolatilización. Este proceso se realiza a temperaturas intermedias o elevadas con el

fin de obtener un material con un alto contenido de carbono. La segunda fase implica la activación, durante la cual el material de carbono se somete a la gasificación mediante un agente oxidante, típicamente vapor de agua. Este procedimiento se realiza en un horno. Si la activación se realiza en una única etapa, se denomina activación directa.

Activación química: Este método de producción de carbón activado se lleva a cabo en una sola etapa de carbonización. Se impregna la materia prima con el agente químico, generalmente en una proporción de 1 a 4 de agente químico en comparación con la materia prima. Luego, la mezcla se calienta en una atmósfera inerte para que la materia prima se transforme en carbón activado. Una vez concluido este proceso, se realiza un lavado del producto para eliminar el exceso de agente químico. Las características fisicoquímicas del material resultante dependen del agente químico empleado. Los agentes químicos más comunes son el cloruro de zinc, el ácido fosfórico y los hidróxidos alcalinos. (Menéndez-Díaz & Martín-Gullón, 2006).

Residuos sólidos: Se refieren a elementos, materiales o sustancias resultantes del consumo o uso de bienes o servicios. El dueño o creador de estos realiza una separación apropiada siguiendo prácticas responsables de gestión, hasta llevarlos a su disposición definitiva.

Carbón: Los materiales carbonosos están principalmente compuestos por el elemento carbono. Siendo su estructura atómica ($1s^2, 2s^2, 2p^2$), este elemento tiene una gran posibilidad de enlaces con otros elementos. Los átomos de carbonos presentan hibridación y con ello sus formas alotrópicas, son 3 las de mayor porcentaje (Menéndez Díaz & Martín-Gullón, 2006), ver **Figura 11**.

Diamante es una estructura 3D rígida e isotrópica en el cual cada átomo de carbono presenta enlace sigma (enlace- σ), con cuatro átomos de carbono a su alrededor, estructura cúbica (sp^3). Presenta una alta densidad atómica y es uno de los más duros materiales, con alta conductividad térmica y alto punto de fusión.

El grafito es una estructura en capas formado por átomos enlazados por σ y π a otros tres carbonos adyacentes (sp^2). Los planos del grafito exhiben un alineamiento paralelo el cual es mantenido por fuerzas intermoleculares tipo Van der Waals, lo cual conlleva para altos grados de anisotropía. El grafito (plano) tiene una de las más altas conductividades térmicas, así como el diamante y una buena conducción eléctrica.

Las estructuras de carbono tridimensional y fullerenos es un empaquetamiento jaula vacío de 60 (C_{60}) o más carbonos. Debido al hecho de la re-hibridización, resulta en la forma $sp^{2-\epsilon}$, el cual es una forma intermedia entre sp^2 y sp^3 .

Figura 11

Formas alotrópicas del carbonos y representación esquemática

Formas Alotrópicas	Sp^2	$Sp^{2+\epsilon}$	Sp^3
	 Grafito hexagonal	 Fullereno (C_{60})	 Diamante cubico
Carbones no Grafíticos	Carbones No-grafitizables 	Carbones grafitizables (coque y brea) 	Nanotubos de carbono
Carbón activado microestructura 	Carbón Grafítico 	Grafito pirrolítico (simetría planar) 	Nano fibras de carbono
Carbón vítreo 	Grafito Isotrópico 	Fibra de carbón (textura concéntrica) 	Carbón negro (textura concéntrica)
		Fibra de carbón (textura radial) 	

Fuente: Adaptado de (Menéndez Díaz & Martín-Gullón, 2006).

Carbón activado: Carbón Activado en el amplio sentido de la palabra incluye un amplio rango de procesamiento de materiales cuya base es el carbono. El carbón activado desarrolla una alta porosidad y una extensa superficie de área particulada. Su preparación envuelve 2 pasos principales: la carbonización de biomasa en atmósfera inerte, a temperaturas menores a los 800 °C y la activación del producto carbonizado (Bansal & Goyal, 2005b). Este término además describe materiales de estructura porosa, carbonosa, microcristalina y no graffítica, potenciando su capacidad como absorbente (Alicia Cristina



Martínez de Yuso Ariza, 2012). Estos materiales presentan propiedades específicas, tales como resistencia al ataque ácido, estabilidad térmica, carácter hidrófobo y bajo costo relativo (Sollenberger & Martin, 2010). Debido a ello el número de publicaciones se ha elevado dando a conocer nuevas formas de aplicación (Pelin Ozpinar, 2022).

Pirólisis: Es una tecnología termoquímica bien establecida para el tratamiento de biomásas para producir carbón (Rohit Tripathi, 2016). Este proceso consiste en la carbonización de la materia prima por medio de la degradación térmica en atmósfera inerte y en un intervalo estrecho de temperatura, prepara una estructura porosa para su posterior activación (García-Rojas et al., 2009).

Carbonización: El proceso de calentamiento de materiales orgánicos en ausencia de aire se denomina pirólisis o carbonización. (Ruiz-Montoya et al., 2021)

Agente activante: Reactivo químico utilizado para la producción de carbón activado. Los más utilizados son el ácido fosfórico, el cloruro de zinc y el hidróxido de potasio. Cada reactivo produce un desarrollo de poros muy diferente en el precursor de carbón

Economía circular: Es la transformación de desechos de un área/industria para subproductos o productos útiles en otras diferentes industrias/áreas. Además, es la mejor vía para lograr el crecimiento sostenible y protección al medio ambiente (Ziegler et al., 2023). Seguir un enfoque circular permite utilizar los subproductos de los procesos adoptados de varias maneras, reduciendo así el desperdicio al mínimo o a cero (Bocken et al., 2022).

Producción Más Limpia: Se define como la implementación constante de una estrategia ambiental preventiva que se integra en los procesos, productos y servicios con el objetivo de aumentar la eficiencia global y disminuir los riesgos tanto para las personas como para el entorno natural. En el ámbito de los procesos de producción, la Producción Más Limpia se enfoca en la conservación de recursos y energía, la eliminación de insumos tóxicos y la reducción de la cantidad y toxicidad de los desechos y emisiones. Cuando se trata del desarrollo y diseño de productos, la Producción Más Limpia busca reducir los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final. En cuanto a los servicios, la Producción Más Limpia considera la integración de aspectos ambientales en el diseño y la prestación de los servicios.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Perú, hacia finales de 2019, se generaron aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos sólidos, equivalente a unas 21 mil toneladas de basura diaria (*El Reciclaje, Factor Clave Para La Transformación Social, 2021*), con tan solo el 1,9% de esos residuos siendo reutilizados o formando parte de una economía circular. De este total, el 10% correspondió a residuos plásticos, alrededor de 900 mil toneladas, y solo se recicló el 4% durante el mismo año (*Cifras Del Mundo y El Perú | Menos Plástico Más Vida, n.d.*). La cultura del reciclaje en el país es baja, con solo el 3% de la población reciclando en sus hogares y se recupera solamente el 36% de las botellas de plástico que ingresan al mercado para su reutilización. Los recicladores formales e informales desempeñan un papel crucial en el proceso de reciclaje, recolectando materiales reciclables para su reintegración en una economía circular. En términos legislativos, se han implementado medidas para reducir el consumo y desperdicio de plástico en los últimos años, como el impuesto al consumo de bolsas de plástico, que busca regular su uso mediante un impuesto gradual del 100% por año (*Ley N.º 30884 - Normas y Documentos Legales - Congreso de La República - Plataforma Del Estado Peruano, n.d.*).

La Universidad Nacional de Ingeniería se encarga de recolectar los residuos plásticos de las vías públicas de esta. Por este motivo se realizaron mediciones una vez por semana por un periodo de 6 semanas, de donde se obtuvieron los valores que se presentan en la **Tabla 5**:

Tabla 5

Medida de la cantidad de plástico recolectada en las vías públicas de la UNI.

Semana	Cantidad de plástico cuantificado en kg			
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio
1	182,9	185,0	183,0	183,6
2	44,75	45,0	44,0	44,6
3	94,7	94,0	95,0	94,6
4	90,3	91,1	92,0	91,1
5	80,5	82,0	81,0	81,2
6	60,3	61,0	60,8	60,7

En promedio se recolectan 30 kg de plástico según el último censo realizado en la UNI (Esther Gómez Cubillas et al., n.d.), el cual mostró que la población de estudiantes en el año 2020 era de aproximadamente 13131, que incluye estudiantes de pregrado y posgrado, donde se puede considerar que aproximadamente el 75% asiste en un día a la UNI en diferentes horarios y que la mitad consumen agua o alguna bebida, por lo que se considera un valor de 3000 botellas de agua. Con relación a la CEPRE UNI con un total de 2000 alumnos, se estima que se consumen 1600 botellas de agua y gaseosa, a estas cifras se le suman los docentes y administrativos (1520 personas) que pueden generar por día alrededor de 1000 botellas de agua, teniendo en cuenta que cada botella pesa aproximadamente 9 g, se obtiene un valor de 41,4 kg de residuos plásticos de un solo uso. Así mismo, se debe tener en consideración el supermercado METRO que ocupa terreno de la UNI, el cine y los habitantes del cerro, con lo que se estima una generación de 200 kg de residuos plásticos (Universidad Nacional de Ingeniería, 2018). En la actualidad, estamos en una etapa postpandemia, según las mediciones realizadas que se presentan en la **Tabla 5**, se puede estimar que solo en las vías públicas de la UNI se pueden recolectar hasta 66,7 kg de botellas de un solo uso por semana. Por último, se plantea la recolección de residuos plásticos a través de la Asociación de recicladores formales de San Martín de Porres para obtener un valor aproximado de 1000 kg por día.

3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO

Se realizan los cálculos para una planta que pueda procesar 1000 kg de residuos plásticos de un solo uso cada 18 h, siendo la cantidad de carbón activado de 185,9 kg por día (la jornada de trabajo es de 18 h) de carbón activado y se consideran 320 días de trabajo efectivo. El proceso de producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso se basa en la revisión del estado del arte (sección 2.1.1 A nivel Internacional). El proceso se ha dividido en 6 etapas las cuales se pueden observar en la **Figura 12a**.

Etapa 1: Triturar, lavar y secar el PET. El primer paso en la preparación del carbón activado es la recolección de los residuos plásticos de un solo uso, las botellas plásticas se deben separar de las tapas ya que son hechas de otro polímero y no son de interés en este estudio, las cuales serán almacenadas para posteriormente hacer un estudio y determinar las condiciones óptimas de carbonización y activación, dado que es otro tipo de material

polimérico. El proceso de selección y clasificación de las botellas puede demorar aproximadamente 15 min. Posteriormente se procede con la trituración y el lavado de las botellas, para ello se utilizará una máquina de aplastado, triturado y lavado de plástico, se calcula un tiempo aproximado de 1 h para el procesamiento de 0,25 t de plástico teniendo en cuenta la capacidad del equipo. Posteriormente se seca a 80 – 100 °C en un horno de secado de bandejas por un periodo de 1 h para eliminar el agua remanente del proceso de lavado. Los equipos por emplear en cada una de las etapas se detallan en la **Tabla 6**.

Etapa 2: Pirólisis y Activación. Las escamas de plástico son transportadas mediante una banda transportadora hacia el horno para la carbonización (duración: 30 min). El proceso de síntesis propuesto consta de dos etapas, la primera etapa es una carbonización a 450 °C en ausencia de oxígeno por un periodo de 1 h la cual se realiza en un horno rotatorio. Esta temperatura se elige teniendo en cuenta el análisis termogravimétrico realizado por Yuan, et al., 2020 (**Figura 12b**), donde se aprecia que durante la carbonización del PET la mayor pérdida de masa ocurre a esa temperatura (Yuan, Cho, et al., 2020). La activación física se realiza con vapor de agua a un flujo de 10 °C min⁻¹, 750 °C x 1 h (Fadhil et al., 2021). Se elige este método aun cuando las áreas superficiales son un poco más bajas que las obtenidas mediante activación química (978 m² g⁻¹) debido a que el proceso es más amigable con el ambiente, además de que se reduce la incorporación de impurezas en el carbón activado resultante. Con este método se obtiene un rendimiento entre 32 y 38% según los autores (Fadhil et al., 2021). Se ha calculado que todo el proceso de carbonización y activación tomará 3 h con 15 min.

Etapa 3: Enfriamiento. Posterior a la carbonización el producto pasa por una etapa de enfriamiento en un tornillo sinfín por el cual se recircula agua y permite disminuir la temperatura del carbón activado a 250 °C (duración: 0,5 h).

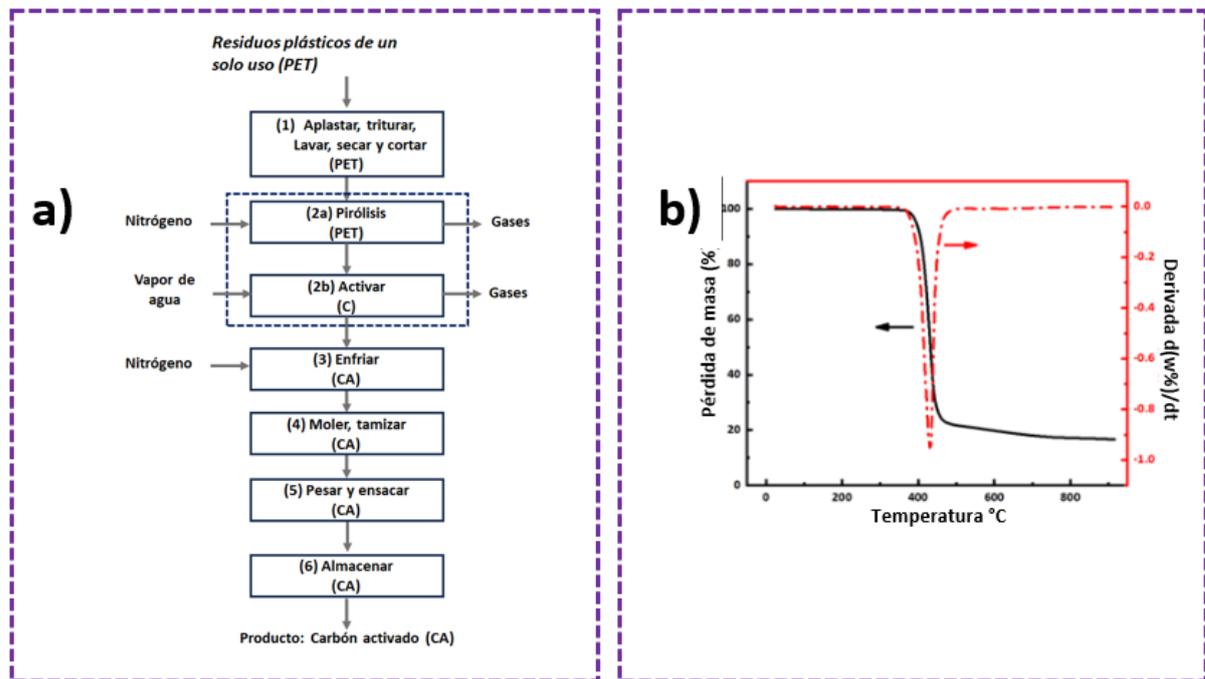
Etapa 4: Moler y tamizar. Para calcular el rendimiento de la síntesis el carbón activado se pesa y posteriormente se muele con un molino de rodillos seguido de tamizado para obtener partículas del tamaño deseado según los requerimientos planteados por los clientes.

Etapa 5: El carbón activado molido y tamizado se empaca en sacos de 25 kg.

Etapa 6: Los sacos de carbón activado se llevan a almacén. En la **Figura 13** se observa un diagrama DOP del proceso de producción del carbón activado a partir del PET y el tiempo destinado para realizar cada actividad.

Figura 12

a) Esquema general del proceso de preparación del carbón activado, donde se detallan las etapas principales. b) Análisis termogravimétrico del PET.



Nota: La figura b ha sido modificada de (Yuan, Cho, et al., 2020).

Figura 13

Diagrama DOP del proceso de producción de carbón activado

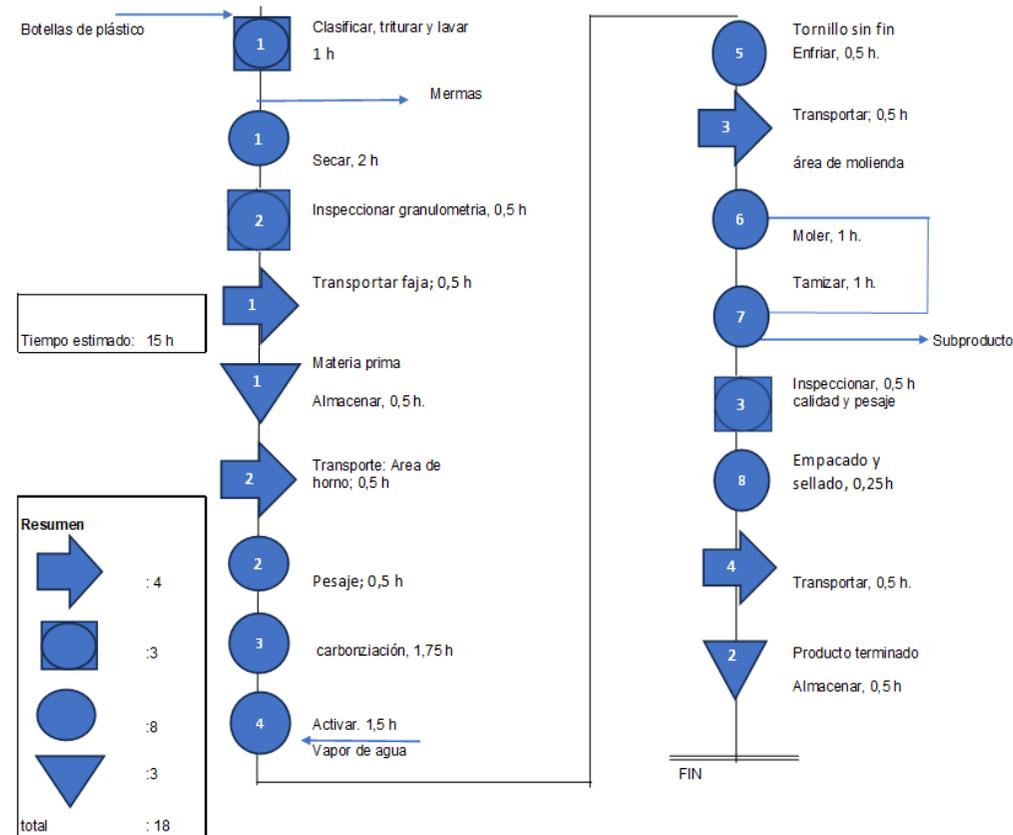


Tabla 6

Equipos a emplear en cada una de las etapas con sus características principales y costos.

Proceso	Equipo	Costo / US\$	Características
Lavado, secado, triturado del plástico y almacenamiento	 Máquina de aplastado, triturado y lavado de plástico ^a	800,00	Máxima capacidad de producción: 300-500 Kg h ⁻¹ Voltaje: 380 V, 50 Hz Potencia: 7,5 kW Altura: 3,2 m Largo: 4 m
	 Horno de secado de bandejas ^b	2990,00	Voltaje: 220 V Energía: 0,5 kW Capacidad: 1-300 kg h ⁻¹ Peso: 2 ton Altura: 2,0 m Ancho: 2,2 m Largo: 2,0 m
	 Contenedores de almacenamiento ^d	1000,00	Material: acero Peso: 500 kg Capacidad: 5,3 ton Altura: 5,4 m Ancho: 2,7 m Largo: 1,8 m
Proceso	Equipo	Costo / US\$	Características
Carbonización y activación	 Horno de carbonización – activación	15000,00	Voltaje: 220 V Peso: 12000 kg Energía: 15,0 kW Capacidad: 0,25 t h ⁻¹ Altura: 2,54 m Ancho: 2,77 m Largo: 4,70 m
	 Tanque de combustible (gas natural) ^e	12699,00	Volumen: 3 m ³ Peso: 1,7 ton Altura: 3,52 m Ancho: 1,62 m Largo: 1,62 m

Proceso	Equipo	Costo / US\$	Características
	 Cinta transportadora móvil industrial ^f	1580,00	Ancho del cinturón: 1,0 m Longitud del transportador: 3,0 m Velocidad de la correa 1,0 -2,0 m/s Potencia: 3 kW Voltaje: 220 V Peso: 220 kg
	 Tornillo sinfin ^g	4130,00	Capacidad: 0,75 Tn h ⁻¹ Potencia: 2,4 kw h ⁻¹ Altura: 1,20 m Largo: 2,47 m Ancho: 0,97 m
	 Ablandador de agua	4000,00	Capacidad: 1000 L h ⁻¹ Potencia: 2,5 kw h ⁻¹ Altura: 1,80 m Largo: 1,8 m Ancho: 0,65 m
	 Lavador de gases	200,00	Capacidad: 100 m ³ h ⁻¹ Potencia: 0,7 kW h ⁻¹ Altura: 2,00 m Largo: 2,56 m Ancho: 1,00 m
	 Caldero	4500,00	Capacidad: 2000-3000 L h ⁻¹ Potencia: 0,7 kW h ⁻¹ Altura: 1,2 m Largo: 1,2 m Ancho: 0,83 m
Proceso	Equipo	Costo / US\$	Características
Molido, tamizado, ensacado y sellado	 Balanza industrial ^h	3400,00	Peso max: 200 kg Voltaje: 220 / 50 hz
	 Tamizador ⁱ	900,00	Peso: 150 kg Diámetro: 0,4-2,0 m Capacidad: 0,1 T h ⁻¹ Diámetro: 0,7 m 1-625 mesh Potencia: 0,75 kW

Proceso	Equipo	Costo / US\$	Características
	 Maquinaria empacado i.	4000,00	Voltaje: 220 V/380 V Longitud: 4 m, Potencia: 0,37 kw Peso: 750 Kg Velocidad de embalaje: 3 bolsas por 5 min Potencia: 2,5 kW Sacos de 25 - 50 kg
	 Molino k	800,00	Potencia: 2,2 kW Peso: 632 kg Capacidad: 6-200 kg h ⁻¹ Altura: 1,8 m Ancho: 1,0 m Largo: 1,0 m
	Adicionales, 20 % que incluye desaduanaje	11715,80	

Nota: En el anexo 2 se presenta la lista de referencias asociadas a las cotizaciones de los equipos de acuerdo con los superíndices utilizados.

3.2 CAPACIDAD INSTALADA

La determinación de la capacidad instalada se basa en identificar el punto crítico del proceso, conocido como cuello de botella, que restringe el flujo general. En este estudio particular, el cuello de botella se encuentra en la etapa de carbonización-activación. Aquí, la capacidad de procesamiento está fijada en 1000 kg/día, con una eficiencia del 92% en términos de uso, lo que se traduce en una producción diaria aproximada de alrededor de 185,9 kg. Por lo tanto, se aplicó la ecuación 2, los cálculos se muestran en la **Tabla 7** la cantidad de equipos necesarios.

$$\text{Maquinas} = \text{Producción} \frac{\left(\frac{\text{kg}}{\text{año}}\right) \times \frac{1}{\text{Rendimiento}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{hora}}\right)}{\text{Eficiencia} \times \text{Utilización} \times (\text{horas/año})} \quad \text{Ecuación 2}$$

Leyenda:

Producción: Cantidad a procesar (Kg/ año)

Rendimiento: 1/capacidad (Kg/h)

Eficiencia: factor de eficiencia

Utilización: factor de utilización

Tabla 7

Número de equipos necesarios

Maquinaria empleada	Cantidad para procesar (Kg/año)	Capacidad (Kg h ⁻¹)	NHR (h/año)	Factor de utilización (%)	Factor de eficiencia (%)	Número de máquinas	Número de máquinas-redondeado
Máquina de aplastado, triturado y lavado de plástico	352000	500	2,08	92	80	0,96	1
Horno de secado de bandejas	176000	250	2,08	92	80	0,96	1
Cinta transportadora móvil industrial	1044294	1000	2,08	92	80	1,42	2
Caldero	1018187	2000	2,08	92	80	0,69	1
Horno de carbonización – activación	176000	250	2,08	92	80	0,96	1
Tornillo sinfín	406415	750	2,08	92	80	0,74	1
Molino	140800	200	2,08	92	80	0,96	1
Tamizador	70400	100	2,08	92	80	0,96	1
Maquinaria de empacado	387110	900	2,08	92	80	0,58	1
Ablandador de agua	700*	1	2,08	92	80	0,95	1
Lavador de gases	70000*	100	2,08	92	80	0,95	1
Contenedor de almacenamiento	176000	500	2,08	92	80	0,48	1

* valores en metros cúbicos m³

Para lograr una producción eficiente, se concluyó que será necesario disponer de una plantilla de 5 trabajadores para 2 turnos de 8 h cada uno, empezando el primer turno de 8 am-5pm y el segundo turno de 4 pm-1 am. Dado que gran parte de los procesos de producción son semiautomáticos o automáticos, no es imperativo asignar un operario por cada máquina. Se llevó a cabo un análisis considerando la ejecución de tareas simultáneas y tomando en consideración los momentos de supervisión, carga y descarga. Los resultados obtenidos siguiendo la ecuación 3, son los que se muestran en la **Tabla 8**.

$$\text{Numero de operarios} = (TE \times IP) / E \quad \text{Ecuación 3}$$

TE=Tiempo estándar por proceso

IP= Unidades a fabricar/ tiempo disponible del operador

IP= Índice de producción

E= Eficiencia planeada (Eficiencia real)

Tabla 8

Número de operarios por producción.

PROCESO	Tiempo de proceso (min)	IP*	E	NO	NO por procesos	NO
Maquinaria empleada						
1	Clasificar, triturar y lavar	60	0,00775	80%	0,58125	
2	Horno de secado de bandejas	120	0,00775	80%	1,1625	
3	Inspección	15	0,00775	80%	0,1453125	
4	Cinta transportadora	30	0,00775	80%	0,290625	1,0171
5	Almacenar pellets plásticos/ contenedor	30	0,00775	80%	0,290625	
6	Transportar	30	0,00775	80%	0,290625	
7	Pesaje	30	0,00775	80%	0,290625	
8	Horno de carbonización – activación	195	0,00775	80%	1,8890625	0,8718
9	Enfriado/Tornillo sinfín	30	0,00775	80%	0,290625	
10	Cinta transportadora móvil industrial	30	0,00775	80%	0,290625	
11	Molino	60	0,00775	80%	0,58125	
12	Tamizador	60	0,00775	80%	0,58125	
13	Balanza industrial	30	0,00775	80%	0,290625	0,8718
14	Maquinaria de empacado	30	0,00775	80%	0,290625	
15	Transportar	30	0,00775	80%	0,290625	
16	Almacenar producto terminado	30	0,00775	80%	0,290625	0,8718

*IP proviene de 7,44 sacos de 25 kg producidos en 16 h, igual a 0,00775

3.3 DISTRIBUCIÓN DETALLADA DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN

Con el propósito de crear el diseño de la distribución de la planta, se llevará a cabo un examen de las interconexiones entre las áreas. Esto permite determinar qué sectores deben estar en proximidad y cuáles deben tener una separación mayor. En este sentido, se definirán los criterios en base a los cuales se evaluarán las conexiones entre las distintas

áreas. La enumeración de estos criterios se presenta en la **Tabla 9**. Adicionalmente, se presenta el diagrama de enfrentamiento relacional y análisis dimensional, cuya finalidad es determinar la distribución de los espacios como se observa en la **Figura 14**.

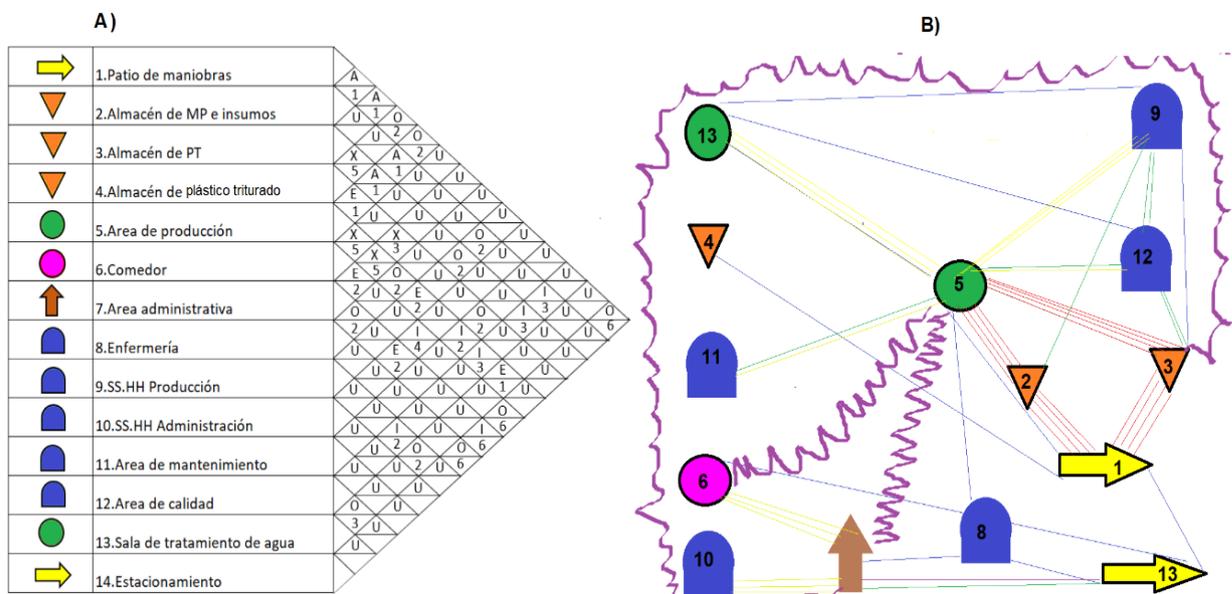
Tabla 9
 Listado de motivos para análisis relacional

Código	Razón
1	Orden de operaciones/ procedimientos
2	Potencial riesgo de transferencia de contaminantes
3	Aspectos relacionados con la limpieza, niveles de ruido y fragancias
4	Bienestar de los empleados
5	Supervisión de entradas y salidas
6	Acceso a recursos
7	Irrelevante

Fuente: información tomada de (IngenieríaOnline, 2023)

Figura 14

A) *Enfrentamiento relacional* y B) *análisis dimensional*

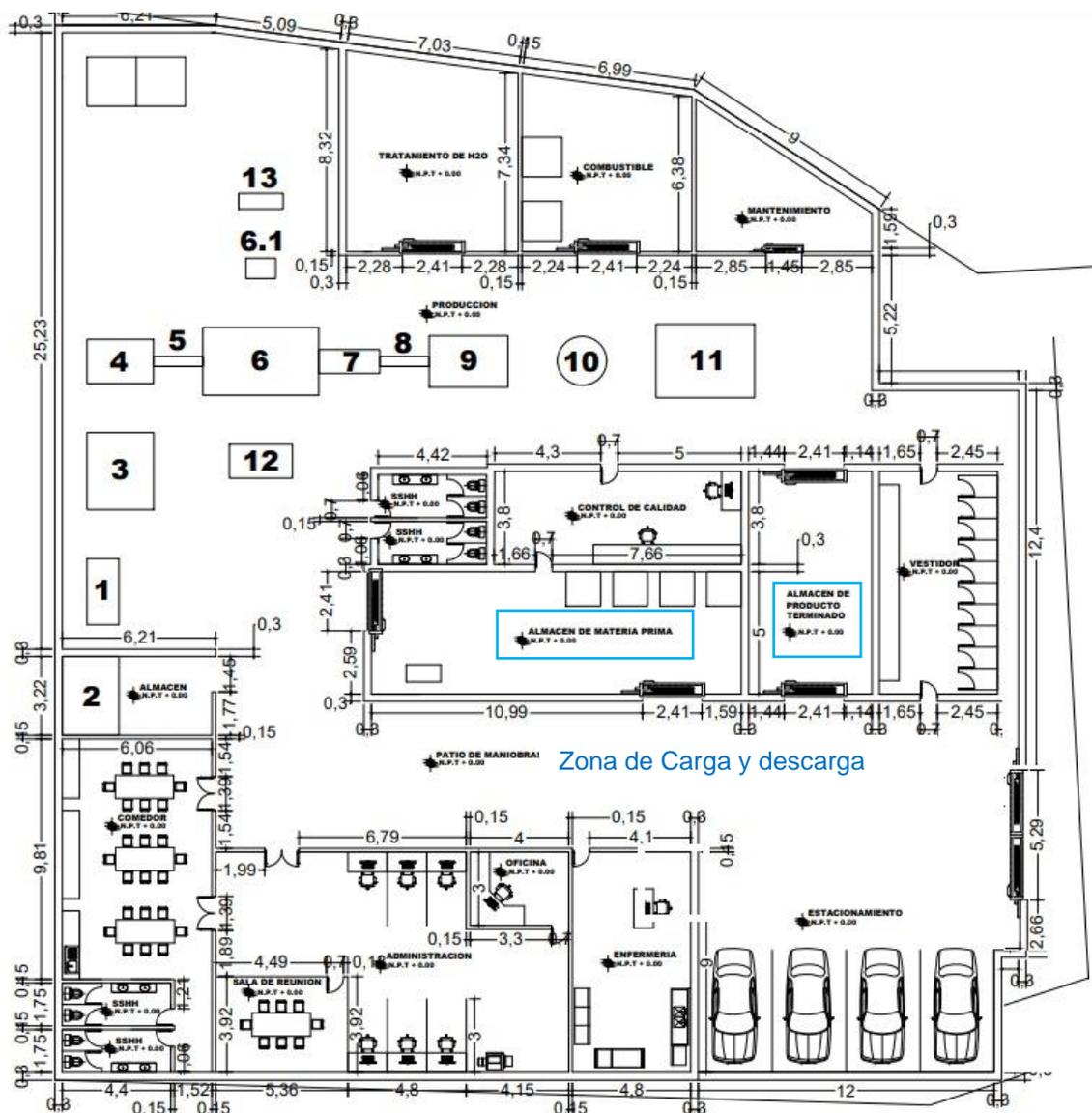


Nota: Para la figura se detalla los códigos para el análisis relacional: A es altamente necesario, son 4 líneas pintado de color rojo; E especialmente necesario, son 3 líneas pintado de color amarillo; I es importante, son 2 líneas pintado de color verde; O es normal/ordinario, es 1 línea azul; U es sin importancia; X es no recomendable, 1 zigzag pintada de color naranja; XX es altamente no recomendable, 2 zigzag pintada de color negro. La figura B muestra estos códigos.

Una vez completado el diagrama de enfrentamiento relacional, se avanzará con la elaboración del esquema de disposición de los espacios. La planta destinada a la producción como al área administrativa será ubicada en el sector T UNI con un área 1848,6 m², ver **Figura 15** y plano **Anexo 3**.

Figura 15

Plano del área de producción en la planta, 1) Lavadora de fricción de escamas, 2) horno de secado de bandejas, 3) trituradora de plástico, 4) Contenedor de almacenamiento, 5) faja transportadora, 6) horno de carbonización, 7) tornillo sin fin, 8) faja transportadora, 9) molino, 10) tamizadora y 11) maquinaria de empackado. También se ubica el laboratorio de calidad, sala de tratamiento de agua, sala de combustible, sala de mantenimiento.





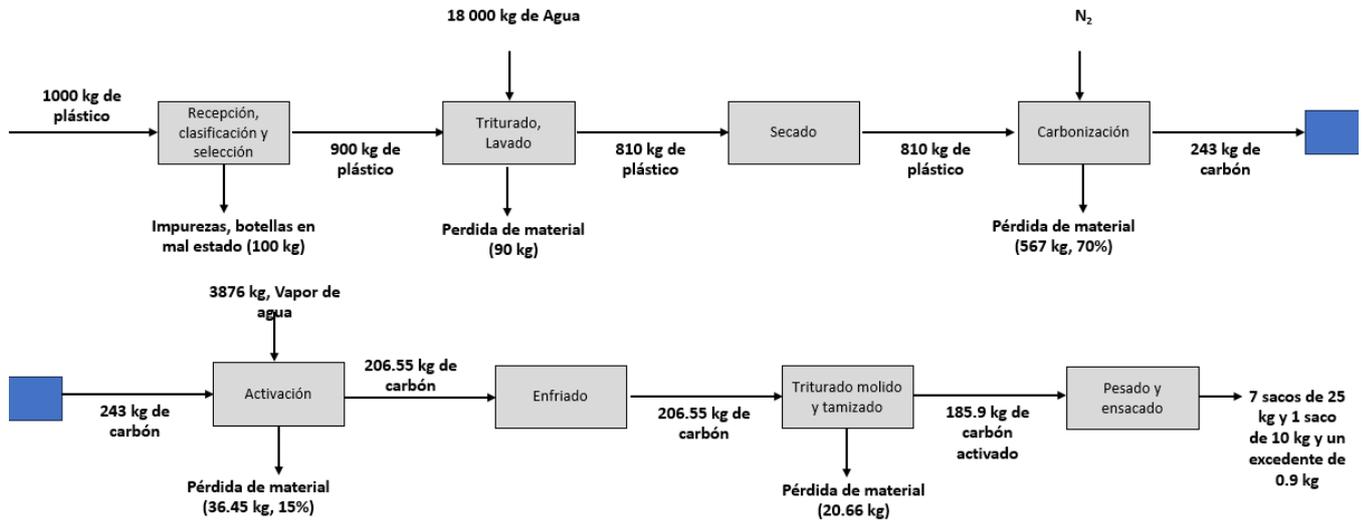
El factor relevante a su ubicación fue cercanía a los proveedores, permitirá que la logística de la planta de carbón activado sea mucho más sencilla y económica en cuanto costos de abastecimiento de materia prima (sedes de recicladores formalizados de SMP) como de transporte del carbón activado (cercano a una avenida principal, Av. Tupac Amaru). Otro factor es la mano de obra, que puede ser obtenido del asentamiento humano Villa el Carmen, que colinda con el campus universitario. Por último, el abastecimiento de agua proveniente de la planta de tratamiento CITRAR UNI y las facilidades universitarias.

3.4 CÁLCULO DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE REQUERIDA EN EL PROCESO DE CARBONIZACIÓN-ACTIVACIÓN

Para la determinación del combustible (Gas natural) para el funcionamiento del horno y la cantidad de agua a emplear en todo el proceso se realiza un balance de materia representado en la **Figura 16** y un balance térmico. Como se mencionó anteriormente se considera 1000 kg por día de plástico, en el primer proceso (recepción, selección y clasificación) se estima una pérdida de 100 kg de material. En la etapa de lavado se calcula un consumo de agua de 20 mL por cada gramo de materia prima para un valor de 18000 kg de agua. En el proceso de triturado se estima una pérdida del 10% del material. Durante la carbonización existe una pérdida de masa de alrededor del 70% según el análisis termogravimétrico del PET (Yuan, Cho, et al., 2020). En el proceso de activación, la cantidad de agua a utilizar equivale a 3876 kg de agua (Hurtado Antonio & Torre Leon, 2021) para 243 kg de carbón alimentado en el horno. Durante la etapa de activación se pierde aproximadamente un 15% de masa de carbón activado (Yuan, Cho, et al., 2020) y un 10% durante el molido y tamizado. Finalmente se obtiene 185,90 kg de carbón activado.

Figura 16

Balace de materia en el proceso de obtención de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso (PET).



3.4.1 Balance de energía para la etapa de carbonización

Se establecen 4 calores relacionados con el proceso de carbonización:

- Q_1 es el calor entregado al horno para el proceso de carbonización.
- Q_2 es el calor usado para el calentamiento y para que ocurra la reacción química.
- Q_3 es el calor que se llevan los gases calientes que salen de la chimenea.
- Q_4 es el calor generado por radiación y fugas.

Por lo tanto, el Q_1 se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad \text{Ecuación 4}$$

Q_1 se calcula a partir de:

$$Q_1 = PCI \times F_G \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde PCI es el poder calorífico inferior, F_G es el flujo de combustión.

Q_2 se determina de acuerdo con:

$$Q_2 = Q_{MP} + Q_R + Q_{GC} + Q_{MC} \quad \text{Ecuación 6}$$

Q_{MP} : Calor relacionado con la materia prima

Q_R : Calor relacionado con la reacción

Q_{GC} : Calor consumido por los gases.

Q_{MC} : Calor consumido por el material carbonizado.

$$Q_{MP} = M_S \times C_{p_s} \times \Delta T \quad \text{Ecuación 7}$$

$$Q_{MP} = 810 \text{ kg h}^{-1} \times 0,239 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (450 - 25)^\circ\text{C} = 82275,75 \text{ kcal h}^{-1}$$

Para calcular el calor de reacción:

$$Q_R = r \times \Delta H_r \quad \text{Ecuación 8}$$

r : velocidad de reacción

ΔH_r : Entalpía de la reacción ($55,03 \text{ J g}^{-1}$) (J. Oh et al., 2021)

Para realizar los cálculos se debe tener en cuenta que el PET no tiene materia volátil y luego de la carbonización a temperaturas entre $400 - 800 \text{ } ^\circ\text{C}$ por un periodo de $30 - 60$ min se obtiene un residuo sólido con una pérdida del 70% (Chia et al., 2021):

La composición después de la carbonización es la siguiente:

Residuo sólido: 30%

Sólidos condensables: 35% (ácido benzoico)

Sólidos no condensables: 35% (dióxido de carbono, monóxido de carbono, etileno, etano, metano, etano) (Chia et al., 2020).

La velocidad de reacción se calcula de acuerdo con:

$$\begin{aligned} r &= F_{GC} + F_{GNC} = M_S \times (0,35 \times 0,35) = 567 \text{ kg h}^{-1} \\ F_{GC} &= 0,35 \times M_S = 0,35 \times 810 \text{ kg h}^{-1} = 283,5 \text{ kg h}^{-1} \\ F_{GNC} &= 0,35 \times M_S = 0,35 \times 405 \text{ kg h}^{-1} = 283,5 \text{ kg h}^{-1} \\ Q_R &= 567 \text{ kg h}^{-1} \times 13,14 \text{ kcal kg}^{-1} = 7450,38 \text{ kcal h}^{-1} \end{aligned}$$

Para el cálculo Q_{GNC} se debe tener en cuenta la fracción de los gases no condensables totales (Tabla 10):

Tabla 10

Porcentaje de gases condensables generados durante la carbonización del PET a $450 \text{ } ^\circ\text{C}$

Gas no condensable	Porcentaje de gas	Fracción
$CH_3 - CH_3$	0,25	$7,14 \times 10^{-3}$
$CH \equiv CH$	0,20	$7,58 \times 10^{-3}$
CH_4	2,25	$6,8 \times 10^{-2}$
CO_2	17,3	0,508
CO	15,0	0,420

Nota: Datos tomados de (Chia et al., 2020).

Para determinar el calor específico del gas condensado (ácido benzoico)

$$\overline{Cp}_{GC} = x_{GC} \times Cp_{GC} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\overline{Cp}_{GC} = 1 \times 0,507 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 0,507 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Para determinar el calor específico de los gases no condensables:

$$\bar{c}_{p_{GNC}} = \bar{c}_{p_{CO_2}} \times x_{CO_2} + \bar{c}_{p_{CO}} \times x_{CO} + \bar{c}_{p_{CH_4}} \times x_{CH_4} + \bar{c}_{p_{etano}} \times x_{etano} + \bar{c}_{p_{etileno}} \times x_{etileno} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\begin{aligned} \bar{c}_{p_{GNC}} &= (0,508 \times 0,3 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) + (0,42 \times 0,27 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) \\ &+ (0,068 \times 0,87 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) + (7,14 \times 10^{-3} \times 0,42 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) \\ &+ (7,58 \times 10^{-3} \times 0,35 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) = 0,331 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

El calor consumido por los gases es:

$$Q_{SC} = F_{GC} \times \bar{c}_{p_{GC}} \times \Delta T + F_{GNC} \times \bar{c}_{p_{GNC}} \times \Delta T \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\begin{aligned} Q_{SC} &= 283,5 \text{ kg h}^{-1} \times 0,507 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (750 - 450)^\circ\text{C} + 283,5 \text{ kg h}^{-1} \times \\ &0,3307 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (750 - 450)^\circ\text{C} = 71246,38 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Cálculo de Q_{MC}

$$Q_{MC} = M_C \times \bar{c}_{p_{MC}} \times \Delta T \quad \text{Ecuación 12}$$

Para el cálculo del Q_{MC} se tiene en cuenta la M_C la masa del material carbonizado, de acuerdo con:

$$Q_{MC} = 243 \text{ kg h}^{-1} \times 0,17 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (750 - 450)^\circ\text{C} = 12393 \text{ kcal h}^{-1}$$

Por lo tanto,

$$Q_2 = (82275,75 + 7450,38 + 71246,38 + 12393) \text{ kcal h}^{-1} = 173365,51 \text{ kcal h}^{-1}$$

Para calcular el calor que se llevan los gases producto de la combustión del gas natural se procede con la ecuación:

$$Q_3 = M_g \times \bar{c}_p \times \Delta T \quad \text{Ecuación 13}$$

M_g : es el flujo másico de gases de combustión

\bar{c}_p : es el calor específico medio de los gases que se producen durante el proceso de combustión

ΔT : diferencia de temperatura.

El calor específico medio de los gases de combustión del gas natural (dióxido de carbono, agua y nitrógeno) han sido obtenidos de (Sevillano & Torres, 2013) y tiene un valor de $0,26 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, así mismo calculan un flujo másico de gases de $M_g = 18,23 \frac{\text{kg gases}}{\text{kg}_{CH_4}} \times F_G$. Siendo el flujo del gas natural una incógnita.

Por lo tanto, se obtiene:

$$Q_3 = 18,23 \frac{\text{kg gases}}{\text{kg}_{CH_4}} \times F_G \times 0,26 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (450 - 25)^\circ\text{C} = 2014,4 \times F_G$$

Las pérdidas por fugas y radiación se determinan con la siguiente ecuación:

$$Q_4 = A_h \times P \quad \text{Ecuación 14}$$

A_h : área superficial del horno

P : pérdida de calor por unidad de área.

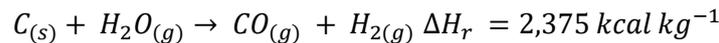
En el estudio de Sevillano y Torres (2013) calcula una pérdida de calor de $2250 \text{ kcal m}^2 \text{ h}^{-1}$ por unidad de área, por lo tanto, el calor es:

$$Q_4 = 2250 \text{ kcal m}^2 \text{ h}^{-1} \times \pi \times 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 565,48 \text{ kcal h}^{-1}$$

Combinando las ecuaciones 3 y 4 y sabiendo que el poder calorífico inferior del gas natural es $11836 \text{ kcal kg}^{-1}$ se obtiene el flujo de combustión $F_G = 17,76 \text{ kg h}^{-1}$

3.4.2 Balance térmico de la etapa de Activación

En este caso el calor se determina con la ecuación 3, siendo Q_1, Q_3 y Q_4 , sin embargo, Q_2 es distinto dado que se cuenta con una masa de material activado de $185,9 \text{ kg h}^{-1}$, durante el proceso de activación ocurre una pérdida de masa del 15% (Chia et al., 2021), además la reacción de activación es:



Q_2 se determina de acuerdo con:

$$Q_2 = Q_{MPC} + Q_R + Q_G \quad \text{Ecuación 15}$$

Q_{MP} : Calor necesario para la activación de la materia prima

Q_R : Calor relacionado con la reacción

Q_{GC} : Calor consumido por los gases de activación.

$$Q_{MPC} = M_C \times \bar{c}_{p_{MC}} \times \Delta T \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Q_{MPC} = 206,55 \text{ kg h}^{-1} \times 0,3 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (750 - 450)^\circ\text{C} = 18590,4 \text{ kcal h}^{-1}$$

$$Q_R = M_C \times X_R \times \Delta H_r \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Q_R = 243 \text{ kg h}^{-1} \times 0,15 \times 2,375 \text{ kcal kg}^{-1} = 38,82 \text{ kcal h}^{-1}$$

Para el cálculo del calor de los gases durante el proceso de activación se determina por estequiometría la fracción de CO que se produce durante la reacción, tomando como reactivo limitante el carbono con una masa de $36,45 \text{ kg}$ (15% de 243 kg) que reaccionan con el agua, se obtiene una fracción de CO de 0,93

$$F_{CO} = 0,93 \times 36,45 \text{ kg h}^{-1} = 33,90 \text{ kg h}^{-1}$$

$$Q_G = F_{CO} \times \bar{c}_{p_{CO}} \times \Delta T \quad \text{Ecuación 18}$$

$$Q_G = 33,90 \text{ kg h}^{-1} \times 0,27 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times (450 - 750)^\circ\text{C} = -2745,9 \text{ kcal h}^{-1}$$

$$Q_2 = (18590,4 + 38,82 - 2745,9) \text{ kcal h}^{-1} = 15882,92 \text{ kcal h}^{-1}$$

Combinando las ecuaciones 4 y 5 y sabiendo que el poder calorífico inferior del gas natural es $11836 \text{ kcal kg}^{-1}$ se obtiene el flujo de combustión $F_G = 7,38 \text{ kg h}^{-1}$

Por lo tanto, el consumo de gas en los dos procesos es de $25,14 \text{ kg h}^{-1}$ por 3,25 h = 81,705 kg de metano, siendo la densidad del gas natural $0,37 \text{ kg m}^{-3}$, siendo el flujo de metano $220,82 \text{ m}^3$. Según la tarifa vigente para el gas natural en Perú, se determinó un precio estimado de 1,24 soles por m^3 de gas (*Precio Del Gas Natural En El Perú - Información Completa*, n.d.)

Los costos de consumo de agua y consumo energético por equipo fueron determinados a partir de la estructura tarifaria del servicio de agua potable y alcantarillado (*Estructura Tarifaria - Informes y Publicaciones - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Plataforma Del Estado Peruano*, n.d.) **Tabla A1** y las tarifas de Enel (<https://www.enel.pe/es/ayuda/tarifas.html>) **Tabla A2**, respectivamente las cuales se presentan en el **Anexo 4**.

3.4.3 Análisis fisicoquímico del carbón

Para cumplir con los estándares de calidad definidos antes de pasar por el proceso de trituración, cribado y embolsado, el carbón debe satisfacer los criterios mostrados en la

Tabla 11
Requisitos de calidad del carbón activado

Parámetro de calidad	Valor	Referencia
Número de yodo	500-1200 mg g^{-1}	(Ganjoo et al., 2023)
Densidad Aparente:	0,4 a 0,5 g cm^{-3}	(Ganjoo et al., 2023)
Contenido de Cenizas Totales:	2 a 15% en base seca	(Ganjoo et al., 2023)
pH de extracto acuoso	2 a 11	(Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015a)
Humedad	2 a 15%	(Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015a)

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para desarrollar el plan estratégico para la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso es necesario conocer de forma aproximada la inversión requerida para la planta y su rentabilidad. A continuación, se muestra el presupuesto requerido para llevarlo a cabo.

3.5.1 Cálculo de la inversión total del proyecto

Para la estimación de la inversión del proyecto se utiliza la siguiente ecuación:

Inversión total= Activo fijo + capital de trabajo Ecuación 17

Para la determinación del capital de trabajo se calcula de la siguiente forma:

Capital de trabajo = Costos totales+ Gastos totales Ecuación 18

Para la determinación del activo fijo se procede con la siguiente ecuación:

Activo fijo=Activo fijo tangible + activo fijo intangible Ecuación 19

Para la estimación de la inversión total del proyecto primero se calculó los activos tangibles considerados en el proyecto como son la construcción de la planta, las maquinas, equipos menores, materiales, entre otros.

Para la construcción de la planta se tuvo en cuenta los valores unitarios oficiales de edificación para las localidades de Lima Metropolitana y el Callao el cual esta correlaciona al Índice de Precios al Consumidor a nivel Nacional, que publica el Instituto nacional de Estadística e Informática, INEI (Ministerio de la Vivienda, 2022). El costo total por construcción se puede observar en la Tabla 12. La estimación se ha realizado con respecto al plano presentado en el Anexo 3.

Tabla 12

Costo total por construcción

Construcción	Perímetro (m)	Precio unitario (S/.)	Precio unitario (\$)	Numero	Costo total (\$)
Perímetro externo	157,68	252,90	68,72	1,00	10832,616
Perímetro interno	77,21	405,40	110,16	1,00	8508,542
portones		406,10	110,35	6,00	662,038
puertas		303,50	82,47	13,00	1072,182
total					21076,17

Nota: El precio unitario en soles fue calculado a partir de la RM N| 309-2022 del Ministerios de vivienda (Ministerio de la Vivienda, 2022)

Para el cálculo de la maquinaria y equipos los costos fueron estimados a partir de la referencia de (Hurtado Antonio & Torre Leon, 2021) y usando la ecuación del valor presente de los equipos (Klaus & Ronald, 2003):

$$\text{Costo presente} = \text{costo original} \frac{\text{índice del valor presente}}{\text{índice del valor en el tiempo que fue adquirido el equipo}} \text{Ecuación 20}$$

siendo el índice 628 para el año 2021 y 801 para el año 2023 (*The Chemical Engineering Plant Cost Index*® - *Chemical Engineering*, n.d.).

Tabla 13
Costo maquinaria y equipos

Costo maquinaria y equipos mayores			
Equipo	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Máquinas de aplastado, triturado y lavado de plástico	800,00	1,00	800,00
Horno de secado de bandejas	2990,00	1,00	2990,00
Contenedores de almacenamiento	1000,00	2,00	2000,00
Horno de carbonización – activación	15000,00	1,00	15000,00
Tanque de combustible (gas natural)	12899,00	1,00	12899,00
Cinta transportadora móvil industrial	1580,00	2,00	3160,00
Tornillo sinfín	4130,00	1,00	4130,00
Ablandador de agua	4000,00	1,00	4000,00
Lavador de gases	200,00	1,00	200,00
Caldero	4500,00	1,00	4500,00
Balanza industrial	3400,00	1,00	3400,00
Tamizador	900,00	1,00	900,00
Maquinaria de empaçado	4000,00	1,00	4000,00
Molino	800,00	1,00	800,00
Adicionales, desaduanaje, gastos de envío.	11715,80	1,00	11715,80
Total US\$			70294,80
Costo herramientas y equipos menores			
Equipos y herramientas	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Estantes	155,97	2,00	311,94
Racks	211,95	2,00	423,90
Pallets	12,13	21,00	254,75
Jabas	8,66	4,00	34,66
Montacargas	537,23	2,00	1074,46
Tanque almacenamiento de agua 500 L	117,84	1,00	117,84
Mesa de aluminio	145,57	1,00	145,57
Total			2363,08
Costo equipos de calidad			
Equipos	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Medidor de conductividad EC	61,27	1,00	61,27
Medidor de PH	22,98	1,00	22,98
Medidor de dureza JDs	196,07	1,00	196,07
Balanza	190,22	1,00	190,22
Microscopio óptico	326,09	1,00	326,09
Equipo de cristalería	300,00	1,00	300,00
Equipo automático de quimización	1247,75	1,00	1247,75
Medidor fotométrico de iodo HI 93718	159,10	1,00	159,10
Total			2503,48

Nota: los costos fueron determinados a partir de la referencia (Hurtado Antonio & Torre Leon, 2021) y usando la ecuación del valor presente de los equipos (Klaus & Ronald, 2003).

Adicionalmente se estimó el costo de muebles, enseres de oficina, comedor, del tópico que tendrá la planta (Tabla 14-16).

Tabla 14

Muebles, enseres de oficina, comedor y equipo de tópico

Muebles y enseres de oficina			
Equipos/ Herramientas	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Total / US\$
Computadoras	407,60	3,00	1222,8
Impresora	271,46	1,00	271,46
Escritorio y sillas, modular	543,47	1,00	543,47
teléfono fijo	190,22	1,00	190,22
Celular	407,69	3,00	1223,07
Tachos de residuos	2,85	4,00	11,40
Total			3462,42
Muebles y equipos de tópico			
Equipos	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Escritorio	59,78	1,00	59,78
Silla	29,62	1,00	29,62
Silla de ruedas	81,52	1,00	81,52
Camilla	67,93	1,00	67,93
Balanza	13,59	1,00	13,59
Armario	62,50	1,00	62,50
Tacho de residuos	5,43	1,00	5,43
Tachos residuos peligrosos	9,24	1,00	9,24
Botiquín	13,59	1,00	13,59
Total			343 ,21
Equipo y menaje de comedor			
Equipos	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Refrigeradora (250 L)	309,51	1,00	309,51
Microondas	102,98	1,00	102,98
Tachos de residuos	2,85	4,00	11,4
Mesas	135,84	3,00	407,52
Sillas	19,02	18,00	342,36
Docena de platos	12,06	2,00	24,12
Docena de vasos	9,48	2,00	18,96
Docena de cubiertos	13,58	2,00	27,16
Total			1244,01

Tabla 15*Equipo de servicios higiénicos*

Equipos	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Inodoros SM	30,97	8,00	247,76
Lavamanos	35,05	4,00	140,2
Lockers	127,72	2,00	255,44
Tachos de residuos	2,85	4,00	11,4
Dispensador de jabón líquido	3,80	4,00	15,2
Porta rollo de papel higiénico	5,43	8,00	43,44
Dispensador papel para lavamanos	11,14	4,00	44,56
Total			758,00

Tabla 16*Elementos de seguridad*

Ítems	Costo Unitario / US\$	Cantidad	Costo total / US\$
Guantes de trabajo, 1 doc	30,97	1,00	30,97
Tapones 3M, 1 doc	17,05	1,00	17,05
Casco	3,00	10,00	30,00
Chaleco de seguridad	4,85	10,00	48,50
Zapatos de seguridad	8,80	7,00	61,60
Lentes de seguridad	5,43	8,00	43,44
Extintor PQS 4 Kg	16,27	4,00	65,08
Señales de seguridad, 1doc	3,14	4,00	12,56
Rociadores	10,08	10,00	100,8
Alarma contra incendio	3,23	4,00	12,92
Luces de emergencia	10,84	8,00	86,72
Total			509,64

A continuación, en la **Tabla 17** se muestra el resumen de los activos fijos tangibles (Datos tomados de las tablas 12-16) e intangibles. Dentro de los activos intangibles se ha considerado el estudio de prefactibilidad, gastos de puesta en marcha, contingencia y capacitación de personal.

Tabla 17
Activos fijos tangibles y no tangibles

Activo Fijo Tangible	Costo Total US\$
Construcción	21076,17
Maquinaria y equipo	75161,36
Muebles y enseres fabriles	2872,72
Muebles y enseres no fabriles	5807,63
Total	104917,88
Activo Fijo no Tangible	Costo Total US\$
Estudio de prefactibilidad	3101,09
Gastos de puesta en marcha	5434,78
Contingencia	1902,17
capacitación personal	1358,70
Total	11796,74

Para la estimación del capital de trabajo, se tiene en cuenta los costos y los gastos totales (Ecuación 18) en el año 0 (2023). Los costos totales se determinan de la sumatoria de la materia prima e insumos, mano de obra y costos indirectos en el año 0.

El cálculo del costo de la materia prima se basó en obtener datos a partir de las asociaciones de recicladores de Lima, ya que no se cuenta con un registro estadístico, ni información en las páginas del ministerio de ambiente, mostrando un claro desinterés del gobierno por el reciclaje del plástico. Según los datos obtenidos se consideró un costo por kg de 0,6 soles de botellas de plástico reciclado. La carencia de datos estadísticos de años anteriores dificulta la proyección del costo a futuro. Por este motivo, para poder realizar una estimación, se ha considerado valores estadísticos del cálculo de la inflación en el país, en donde se determinó una inflación del 2,1% para el año 2024 (año 1), 2,0% para el 2025 (año 2) y 2,0% para los años posteriores (Presidente, n.d.). Adicionalmente, es de resaltar que las botellas serán compradas a los recicladores formalizados de San Martín de Porres, brindando un beneficio económico y generación de puestos de trabajo. Con respecto al plástico de las vías públicas en la UNI se realizará el pago correspondiente de 0,6 soles por kg de botellas de plástico recolectadas.

El carbón obtenido será empacado en bolsas de propileno, para lo cual la empresa Tejidos Industriales del pacifico cotizó el millar de sacos de propileno con una capacidad de 10 kg a 800 soles y el millar de sacos para una capacidad de 25 kg a 950 soles (**Tabla 18**). Según la producción proyectada de carbón activado, se comprará un millar de bolsas de propileno cada dos años.

Tabla 18

Costo materia prima y de materiales directos

Año	Costo total US\$	Bolsas de propileno 10 kg por millar, US\$	Bolsas de propileno 25 kg por millar, US\$	Costo Total materia prima e insumos
0	52173,91	217,39	258,15	52649,46
1	53269,57	0,00	0,00	53269,57
2	54334,96	226,40	268,84	54830,20
3	55421,66	0,00	0,00	55421,66
4	56530,09	235,54	279,71	57045,34
5	57660,69	0,00	0,00	57660,69
6	58813,90	245,06	291,01	59349,97
7	59990,18	0,00	0,00	59990,18
8	61189,99	254,96	302,76	61747,71
9	62413,79	0,00	0,00	62413,79
10	63662,06	265,26	314,99	64242,31

Nota: el costo por kg de plástico reciclado es de 0,6 soles en el año 2023

Para la determinación del costo de mano de obra directa se tiene en cuenta dos operarios para clasificar, triturar, lavar, secar, carbonizar el plástico, así como dos operarios para activado, enfriado del material, molido, tamizado, pesaje y empacado del producto final. El costo de mano de obra se calculó como el salario mínimo en soles de 1024,99 de acuerdo con la Ley N°27735, Ley CTS D.L. 650 aprobado por D.S.N°001-97-TR, además de gratificación anual, CTS y EsSalud como se observa en la Tabla 19 (Gob.pe, 2024).

Tabla 19

Costo de mano de obra directa

Cargo	Costo de mano de obra directa						Total, US\$
	Nº personas	Sueldo	Sueldo anual	Gratif. Anual	CTS anual	EsSalud	
Operario para clasificar, triturar, lavar y secar, carbonizar, activar horno	2,00	278,53	3342,36	557,06	324,95	300,81	9050,37
Carbonizado, enfriado, molino, tamizar, balanza, empacado, almacén	2,00	278,53	3342,36	557,06	324,95	300,81	9050,37
Total							18100,74

Los costos indirectos de materiales fueron calculados como el 20 % de los materiales y equipos no fabriles (Corporación Perú Contable Tributaria, 2024) (Tabla 14 y 15). El servicio de energía eléctrica y agua para cada equipo presentado en la Tabla 13, se muestra en las Tablas 20 y 21 y sus proyecciones al año 2033 teniendo en cuenta las estadísticas de inflación (Presidente, n.d.).

Tabla 20

Consumo de agua por equipo utilizado en la producción del carbón activado a partir del PET

Equipo	Consumo kg	Consumo en m ³	Consumo en soles	Consumo en dólares
Lavadora de fricción de escamas de plástico	18000,00	18,00	79,85	21,70
Agua Caldera	4000,00	4,00	17,74	4,82
Horno -proceso de activación	3876,00	38,76	171,94	46,72
Total			251,79	73,24

Nota: el costo de 4.436 soles por m³ de agua fue tomado de: (*Estructura Tarifaria - Informes y Publicaciones - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Plataforma Del Estado Peruano, n.d.*)

Tabla 21

Consumo energético de cada equipo

Equipo	Consumo / kW h ⁻¹	tiempo / h	Consumo diario	Consumo por mes	Consumo en soles (0.022 soles)	Consumo en dólares
Máquinas de aplastado, triturado y lavado de plástico	7,50	3,00	22,50	450,00	9,90	2,69
Horno de secado de bandejas	0,50	4,00	2,00	40,00	0,88	0,24
Horno de carbonización – activación	15,00	10,50	157,50	3150,00	69,30	18,83
Cinta transportadora móvil industrial	3,00	3,00	9,00	180,00	3,96	1,08
Tornillo sinfín	0,75	4,00	3,00	60,00	1,32	0,36
Ablandador de agua	2,50	3,00	7,50	150,00	3,30	0,90
Lavador de gases	2,50	3,00	7,50	150,00	3,30	0,90
Caldero	0,70	4,00	2,80	56,00	1,23	0,33
Tamizador	0,75	4,00	3,00	60,00	1,32	0,36
Maquinaria de empackado	0,37	4,00	1,48	29,60	0,65	0,18
Molino	2,20	4,00	8,80	176,00	3,87	1,05
Caldero	0,70	4,00	2,80	56,00	1,23	0,33
Consumo de energía de adicionales, bombas (20 %), fugas, cortos, sobrecargas			83,12	1662,40	36,57	9,94
Total					219,44	41.18

Nota: el costo en soles por kW de energía consumido fue tomado de: (*Tarifas - Enel.Pe, n.d.*)

La mano de obra indirecta se calculó a partir de la **Tabla 8**, donde se determina el número de operarios (2) por ciclo de producción, además de un jefe de planta, un

supervisor de calidad y un supervisor de almacenes, el detalle se puede observar en la **Tabla 22**.

Tabla 22

Costo de mano de obra indirecta

Costo de mano de obra indirecta							
Cargo	Nº personas	Sueldo	Sueldo anual	Gratif. Anual	CTS anual	EsSalud	Total, US\$
Jefe de planta	1	815,22	9782,64	888,59	1086,96	880,43	12638,62
Supervisor de calidad	1	543,48	6521,76	592,39	724,64	586,96	8425,75
Supervisor de almacenes	1	543,48	6521,76	592,39	724,64	586,96	8425,5
Total							29490,12

Para calcular la depreciación fabril, se consideró un 3% para obras civiles, 10% para maquinaria (Corporación Perú Contable Tributaria, 2024) y los datos fueron tomados de las **Tablas 12 y 13**. Para la determinación del gas natural se tuvo en cuenta los cálculos realizados en las secciones 3.4.1 y 3.4.2. En la **Tabla 23** se presentan los costos indirectos de fabricación.

Tabla 23

Costos indirectos de fabricación

Año	Costos Indirectos						Total
	Materiales	Servicio de energía eléctrica	Servicio de agua	Mano de obra indirecta	Depreciación fabril	Gas natural	
0	1161,53	494,20	878,91	29490,12	7912,11	3285,84	43222,71
1	1185,92	504,58	897,37	30109,41	7912,11	3354,84	43964,23
2	1209,64	515,18	916,21	30741,71	7912,11	3421,94	44716,79
3	1233,83	525,99	935,45	31387,29	7912,11	3490,38	45485,05
4	1258,51	537,04	955,10	32046,42	7912,11	3560,19	46269,36
5	1283,68	548,32	975,15	32719,39	7912,11	3631,39	47070,04
6	1309,35	559,83	995,63	33406,50	7912,11	3704,02	47887,44
7	1335,54	571,59	1016,54	34108,04	7912,11	3778,10	48721,91
8	1362,25	583,59	1037,89	34824,31	7912,11	3853,66	49573,81
9	1389,49	595,85	1059,68	35555,62	7912,11	3930,73	50443,49
10	1417,28	608,36	1081,94	36302,28	7912,11	4009,35	51331,32

La **Tabla 24** resume los costos totales asignados a la producción del carbón activado y su proyección al año 2033, teniendo como base los costos en el año 2023 (año 0).

Tabla 24

Presupuesto de costos de producción o costos totales

Año	Materia prima e insumos	Mano de obra	Costos indirectos	Total, US\$
0	52649,46	18100,72	43222,71	113972,91
1	53269,57	18480,84	43964,23	115714,65
2	54830,20	18850,45	44716,79	118397,46
3	55421,66	19227,46	45485,05	120134,19
4	57045,34	19612,01	46269,36	122926,73
5	57660,69	20004,25	47070,04	124735,01
6	59349,97	20404,34	47887,44	127641,77
7	59990,18	20812,42	48721,91	129524,54
8	61747,71	21228,67	49573,81	132550,21
9	62413,79	21653,24	50443,49	134510,54
10	64242,31	22086,31	51331,32	137659,97

Para la estimación de los gastos totales o generales se procedió de la siguiente forma: en los servicios tercerizados se consideró el contrato de un chofer con un salario de 1095,00 soles mensuales y el alquiler de una camioneta para la recolección del plástico de un solo uso de 2000,00 soles mensuales. El agua y luz no fabril hace referencia al consumo en actividades que no están relacionadas con el proceso de producción. En cuanto al gasto administrativo se tuvo en cuenta 3 secretarias para atender las necesidades de la planta, con el salario mínimo mensual. La depreciación no fabril se calculó como un 10% anual para muebles y enseres por un periodo de 10 años y un 20% para computadoras por un periodo de 5 años (Corporación Perú Contable Tributaria, 2024). Con relación al servicio de limpieza se considera un empleado con el salario mínimo. El servicio de mantenimiento se estimó como un 7% del activo fijo del proyecto, en cuanto a marketing y publicidad se determinó los costos asociados a la elaboración de la página WEB de la planta, el mantenimiento anual del dominio y una secretaria con conocimientos de marketing. Por último, en telefonía e Internet se considera 3 líneas telefónicas con un plan completo y un router de internet de alta velocidad (**Tabla 25**).



Tabla 25
Gastos generales administrativos y de ventas

Año	Servicios tercerizados	Agua no fabril	Luz no fabril	Administrativo	Depreciación no fabril	Servicio de limpieza	Servicio de mantenimiento	Marketing y publicidad	Telefonía e Internet	Total
0	10092,39	456,52	782,61	10711,96	627,24	3570,65	4275,77	2158,04	163,04	32838,23
1	10304,33	466,11	799,04	10936,91	627,24	3675,60	4365,56	407,61	166,47	31748,88
2	10510,42	475,43	815,02	11155,65	627,24	3749,11	4452,88	415,76	169,80	32371,31
3	10720,63	484,94	831,32	11378,76	627,24	3824,09	4541,93	424,08	173,19	33006,18
4	10935,04	494,64	847,95	11606,33	627,24	3900,58	4632,77	432,56	176,66	33653,77
5	11153,74	504,53	864,91	11838,46	382,68	3978,59	4725,43	441,21	180,19	34069,74
6	11376,81	514,62	882,21	12075,23	382,68	4058,16	4819,94	450,03	183,79	34743,48
7	11604,35	524,91	899,85	12316,73	382,68	4139,32	4916,34	459,04	187,47	35430,69
8	11836,44	535,41	917,85	12563,07	382,68	4222,11	5014,66	468,22	191,22	36131,66
9	12073,17	546,12	936,21	12814,33	382,68	4306,55	5114,96	477,58	195,04	36846,63
10	12314,63	557,04	954,93	13070,62	382,68	4392,68	5217,25	487,13	198,94	37575,91

De la suma de los costos y gastos totales los cuales se pueden observar en las **Tabla 24** y **25**, se calcula el capital de trabajo (**Tabla 26**), sumando este valor al activo fijo (activos fijos tangibles e intangibles) (**Tabla 17**) se obtiene la inversión del proyecto (**Tabla 27**).

Tabla 26
Capital de trabajo

Inversión	Costo Total US\$
Costos totales	113972,91
Gastos totales	32838,23
Total	146811,14

Tabla 27
Inversión total del proyecto

Inversión	Costo Total US\$
Activo fijo	146811,14
Capital de trabajo	116714,62
Total	263525,76

3.5.2 Venta anual del carbón activado

Se fijó un precio de venta del kg de carbón en 3,016 dólares, basado en la estimación de costos realizada por (Hurtado Antonio & Torre León, 2021; Pérez Herrera, 2022), según el informe de expertos se espera una tasa de crecimiento anual de 7,3% (*Mercado de Carbón Activado, Tamaño, Cuota, 2023-2028*, n.d.). En la **Tabla 28** se presentan los cálculos realizados y sus proyecciones.

Tabla 28
Ingresos asociados a la venta del carbón activado

Año	Kg de carbón	Precio de venta	Ingreso Total
0	59488,00	3,02	179415,81
1	59488,00	3,23	191974,91
2	59488,00	3,45	205413,16
3	59488,00	3,69	219792,08
4	59488,00	3,95	235177,53
5	59488,00	4,23	251639,95
6	59488,00	4,53	269254,75
7	59488,00	4,84	288102,58
8	59488,00	5,18	308269,76
9	59488,00	5,54	329848,65
10	59488,00	5,93	352938,05

3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Con base en los cálculos realizados en la sección 3.5, se determinó el flujo neto financiero para un horizonte de evaluación de 10 años comprendido entre el año 2024 y 2033. Los resultados se pueden apreciar en la **Tabla 29**. El proyecto será financiado con recursos del Estado, por lo tanto, no habrá endeudamiento. Por este motivo para poder estimar la tasa de descuento se utilizó el modelo CAPM, ecuación 1. R_f se determinó por comparación con las Tasas de interés de bonos del gobierno peruano, con un valor de 6,8% (*Rendimiento Del Bono Del Gobierno Peruano a 10 Años (En S/)*, n.d.). Se determinó un valor de β de 2,21. R_m tiene un valor de 7,43%.

β y R_m fueron tomados de Damadoran online (*Useful Data Sets*, n.d.), se obtiene una tasa de descuento de 8,19%.



Tabla 29

Flujo Económico para un horizonte de evaluación de 10 años

Año	Ingreso venta de CA	Costo de operación	Gastos generales	Flujo antes de impuesto	Depreciación	Utilidad antes de impuestos	Impuestos	Utilidad después de impuestos	Flujo neto
0				263525,76					-263525,76
1	182211,74	115714,65	31748,88	34748,22	8376,32	26371,90	7911,57	34283,47	42659,79
2	185855,98	118397,46	32371,31	35087,22	8376,32	26710,90	8013,27	34724,17	43100,49
3	189573,10	120134,19	33006,18	36432,72	8376,32	28056,41	8416,92	36473,33	44849,65
4	193364,56	122926,73	33653,77	36784,06	8376,32	28407,74	8522,32	36930,07	45306,38
5	197231,85	124735,01	34069,74	38427,10	8376,32	30050,79	9015,24	39066,02	47442,34
6	201176,49	127641,77	34743,48	38791,24	8294,80	30496,44	9148,93	39645,37	47940,17
7	205200,02	129524,54	35430,69	40244,78	8294,80	31949,99	9585,00	41534,98	49829,78
8	209304,02	132550,21	36131,66	40622,16	8294,80	32327,36	9698,21	42025,57	50320,36
9	213490,10	134510,54	36846,63	42132,93	8294,80	33838,13	10151,44	43989,57	52284,36
10	217759,90	137659,97	37575,91	42524,02	8294,80	34229,22	10268,77	44497,99	52792,78
			Inversión total	263525,76					

Los indicadores de rentabilidad son herramientas para evaluar la viabilidad financiera de un proyecto. El Valor Actual Neto (VAN) es la diferencia entre la inversión inicial y la suma de los flujos futuros descontados al presente. Un VAN positivo indica rentabilidad, mientras que uno negativo sugiere lo contrario. La Tasa Interna de Retorno (TIR) equilibra la inversión inicial con los flujos descontados y se compara con una tasa mínima aceptable. Si supera esta tasa, el proyecto es rentable, y una mayor TIR indica mayor rentabilidad. El Periodo de Recuperación se determina sumando los flujos actualizados hasta recuperar la inversión inicial. Los resultados muestran un VAN positivo y una TIR mayor que la tasa de descuento (**Tabla 30** y **Figura 17**), indicando la rentabilidad del proyecto. El periodo de recuperación es de aproximadamente 5 años y 9 meses.

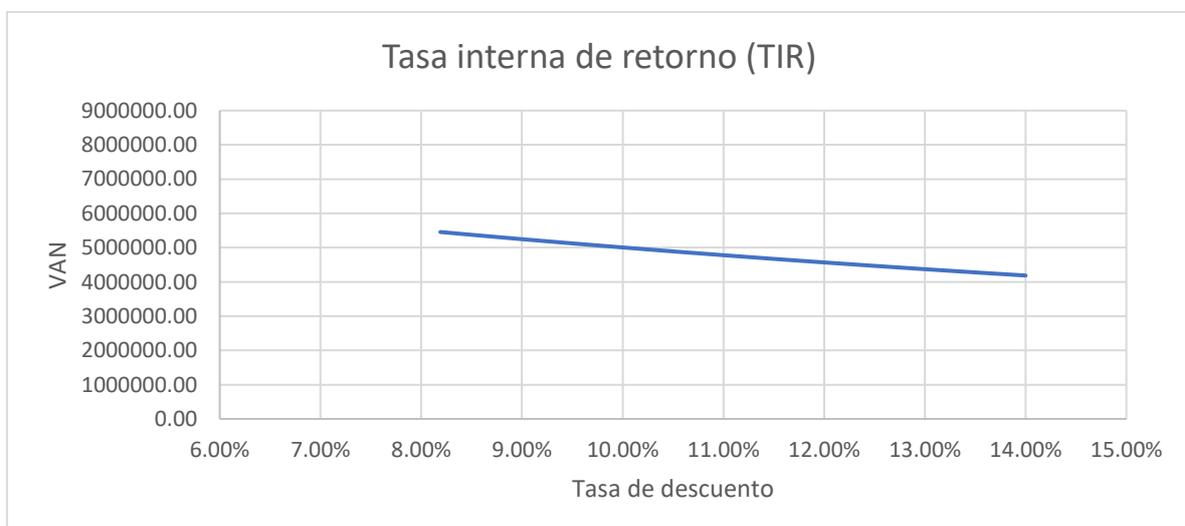
Tabla 30

Valores de VAN calculados a diferentes valores de tasa de descuento y cálculo de la TIR

Tasa efectiva anual	VAN
8,19%	59733
9,00%	48248
10,00%	34935
11,00%	22507
12,00%	10891
13,00%	22
TIR	13%

Figura 17

Método gráfico para el cálculo de la Tasa interna de retorno (TIR)



3.6.1 Análisis de sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se evalúa cómo se ve afectado el proyecto si existe cambio alguno en la variable como la variación en los ingresos y el tipo de cambio del dólar, que como sabemos ha sufrido muchas variaciones en los últimos años a raíz de la pandemia, la problemática a nivel social y gubernamental que se detallará más adelante en el desarrollo del plan estratégico.

Para realizar el análisis se tomó en cuenta cuatro escenarios:

1. Tipo de cambio del dólar: 3,58
2. Tipo de cambio del dólar: 3,68
3. Tipo de cambio del dólar: 3,78
4. Tipo de cambio del dólar: 4,00

A su vez se consideraron 3 alternativas relacionadas con el precio de venta del carbón activado y los posibles ingresos teniendo en cuenta un valor teórico relacionado al 100% de ventas desde el primer año. Si bien se sabe, que los primeros años no se logra obtener una venta total del producto, lo hemos considerado para una primera aproximación. Las alternativas planteadas son:

1. Precio del carbón activado acorde al precio de importación de 3,016 dólares.
2. Precio intermedio entre el precio de importación y el precio de venta local, considerando un valor de 6,0 dólares.
3. Precio del carbón activado acorde al precio local según la empresa Cocarbón de 12,5 dólares.

Los resultados se pueden apreciar en la **Tabla 31**. Cuando se realiza el análisis con el precio de importación podemos observar que el proyecto es rentable para los cuatro escenarios, el VAN (con valores entre 120724 y 259026) y la TIR (con valores entre 18% y 28%) aumentan con el incremento del dólar, pero se tiene un incremento del periodo de recuperación de la inversión a medida que se incrementa el dólar, sin embargo, a valores superiores a los 3,78 se compensa debido al incremento en los ingresos. Las mismas tendencias se pueden apreciar para las alternativas 1 y 2, con un incremento significativo de los valores de VAN y TIR y una reducción importante del periodo de recuperación de la



inversión. Estos resultados nos muestran que el proyecto es rentable para los diferentes escenarios y alternativas planteadas, asumiendo un 100% de las ventas.

Se realizó un análisis adicional teniendo en consideración un valor constante del dólar de 3,78 y se varió el porcentaje de ingreso relacionadas a las ventas del carbón activado considerando tres escenarios:

1. Escenario pesimista: Se consideró un porcentaje de ventas del 50%.
2. Escenario conservador: Se consideró un porcentaje de ventas del 70%.
3. Escenario optimista: Se consideró un porcentaje de ventas del 100%.

Estos escenarios se consideraron teniendo en cuenta las estrategias de marketing, si bien la demanda por carbón activado es grande como se presentó en el capítulo 1 del presente trabajo, es necesario una buena estrategia de marketing para llegar al público objetivo.

Como se puede apreciar en la **Tabla 32**, vender al precio de importación solo es rentable si se venden el 100% de la producción desde el primer año. Para los escenarios 1 y 2 los valores de VAN son negativos y no hay recuperación de la inversión en el tiempo que dura el proyecto. Si se considera un precio de venta intermedio, el panorama cambia, dado que así exista la probabilidad de que ocurra el escenario pesimista el proyecto sigue siendo rentable, aunque el tiempo de recuperación de la inversión es mayor. Por otro lado, el precio local sería el óptimo, pero consideramos la probabilidad de poder vender a este precio baja, dado que esta empresa ya tiene trayectoria y es reconocida en el sector. Debido a la incertidumbre generada se hace un análisis de sensibilidad bajo incertidumbre. Para este análisis se tomó en consideración los valores de VAN generados en la **Tabla 31** para los tres precios de importación.

Tabla 31

Resultados de los indicadores de evaluación variando el precio del dólar y el precio de venta

A	Escenario 1 Dólar 3,58			Escenario 2 Dólar 3,68			Escenario 3 Dólar 3,78			Escenario 4 Dólar 4,0		
	VAN	TIR	PI*	VAN	TIR	PI*	VAN	TIR	PI*	VAN	TIR	PI*
1 ^a	120724	18%	4,77	59733	13%	5,72	190416	23%	3,94	259026	29%	2,49
2 ^b	18244189	118%	<1,00	1763427	113%	<1,00	1894110	126%	<1,00	1962720	134%	<1,00
3 ^c	5515756	326%	<1,00	5454765	316%	<1,00	5585447	341%	<1,00	5654058	357%	<1,00

^a Alternativa 1: Precio de importación: 3,016 dólares

^b Alternativa 2: Valor intermedio: 6,00 dólares

^c Alternativa 3: Precio local Cocarbón (46 soles): 12,5 dólares Precio Cocarbón: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-442463701-carbon-activado-de-coco-polvo-peruano-x1kg- JM#position=16&search_layout=stack&type=item&tracking_id=e6cffab7-31b3-47b9-999e-8b13cc9b7a1d

* PI: Periodo de recuperación de la inversión.

Tabla 32

Resultados de los indicadores de evaluación variando el porcentaje en las ventas y el precio de venta.

A	Escenario 1 Pesimista (50%)			Escenario 2 Conservador (70%)			Escenario 3 Optimista (100%)		
	VAN	TIR	PI*	VAN	TIR	PI*	VAN	TIR	PI*
1 ^a	-661432	-	-	-320693	-	-	190416	23%	3,94
2 ^b	190416	23%	3,94	871893	66%	2,41	1894110	126%	<1
3 ^c	203608	134%	<1	3455829	217%	<1	5585447	341%	<1

Nota: Para este análisis se trabajó usando como precio del dólar 3,78



Para la toma de decisiones se realizaron diferentes análisis los cuales se muestran en la **Tabla 33** considerando los escenarios pesimista, conservador y optimista. El primer análisis fue la evaluación del riesgo u oportunidad donde se asigna una probabilidad de ocurrencia del 70% al escenario pesimista, dado que es el precio de venta de importación y es el que se utiliza en las tesis consultadas donde se propone el diseño de plantas para la producción carbón activado en Perú (Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015a), un 25% al escenario conservador y por último se da un 5% al escenario optimista, en este sentido consideramos que el competir con una empresa ya establecida, con trayectoria y clientes definidos va a resultar posiblemente más difícil lograr la venta del producto al precio local. Según las probabilidades asignadas se determina el rendimiento de cada alternativa. Para este análisis se observa que la alternativa 3 es la que presenta mejor rendimiento con un VAN ponderado de 1285755. Con respecto al método MAXIMAX se elige el mejor de los casos, donde se hace la suposición que puede ocurrir la mejor condición y se debe estar preparados para aprovecharlo, según el método se obtiene la alternativa 3, acá se debe considerar que la planta debe trabajar a la máxima capacidad y la estrategia de marketing debe ser agresiva con un VAN esperado de 5585447. El siguiente análisis se conoce como MAXIMINI o escenario pesimista, en este caso se elige el mejor de los peores casos, en esta situación se elige nuevamente la alternativa 3 con el escenario 1, el escenario pesimista donde se obtiene una venta del 50% de la producción al precio local (12,5 dólares), bajo estas consideraciones se obtiene un VAN de 203608. Este método permite brindar la mínima seguridad de rentabilidad del proyecto, donde se considera que pueden ocurrir eventos imprevistos o no hay una buena respuesta de los compradores.

La evaluación económica de la propuesta de construcción de una planta de carbón activado utilizando residuos plásticos de un solo uso, permite no solo obtener un producto de alto valor agregado, muy utilizado en las diversas aplicaciones descritas en el desarrollo de esta tesis, pero también tener la posibilidad en la UNI de migrar de una economía lineal a una economía circular muy acorde a las tendencias mundiales y alineada a los objetivos de desarrollo sostenible al 2030. Por consiguiente, A continuación, se plantea el Plan Estratégico para ser implementado en el año 2024.

Tabla 33

Análisis de sensibilidad para la toma de decisiones

Evaluación del Riesgo u Oportunidad				
Probabilidad de ocurrencia	70%	25%	5%	100%
Precio de venta	E1	E2	E3	Rendimiento
Alternativa 1	-463002	-80173	9521	-533654
Alternativa 2	133291	217973	94706	445970
Alternativa 3	142526	863957	279272	1285755
		Elección	A3	1285755
Método MAXIMAX (Optimista)				
Precio de venta	E1	E2	E3	Rendimiento
Alternativa 1	-661432	-320693	190416	190416
Alternativa 2	190416	871893	1894110	1894110
Alternativa 3	203608	3455829	5585447	5585447
		Elección	A3	5585447
Método MAXIMIN (Wald)				
Precio de venta	E1	E2	E3	Rendimiento
Alternativa 1	-661432	-320693	190416	-661432
Alternativa 2	190416	871893	1894110	190416
Alternativa 3	203608	3455829	5585447	203608
		Elección	A3	203608

3.7 DISEÑO DEL PLAN ESTRATÉGICO

3.7.1 Visión, Misión, Valores y Código de Ética

3.7.1.1 Visión.

La visión tiene una orientación clara hacia el futuro y establece metas ambiciosas para la entidad, se presenta la estructura para la visión:

- Marco Temporal:
 - Para el año 2033.
- Posicionamiento Futuro:
 - Convertirse en un líder indiscutible.
- Ámbito de Especialización:
 - En la investigación y aplicación de materiales altamente eficientes.
- Sectores Específicos:
 - Para los sectores de salud, saneamiento y belleza.

- Principio Fundacional:
 - Basados en la reducción de residuos plásticos de un solo uso en el Perú.
- Reconocimiento Nacional e Internacional:
 - Ser reconocidos a nivel nacional e internacional.
- Áreas de Excelencia:
 - Por nuestra excelencia en la adopción de tecnologías y métodos de avanzada.
- Enfoque Sostenible:
 - Con enfoque en economía circular.

"Nuestra Entidad tiene la visión de, para el año 2033, convertirse en un líder indiscutible en la investigación y aplicación de materiales altamente eficientes para los sectores de salud, saneamiento y belleza en el Perú. Nos destacaremos por nuestro compromiso fundamental basado en la reducción de residuos plásticos de un solo uso. Aspiramos a ser reconocidos a nivel nacional e internacional, distinguiéndonos por nuestra excelencia en la adopción de tecnologías y métodos de avanzada con un enfoque claro en economía circular."

3.7.1.2 Misión.

La misión tiene varios elementos clave que se puede organizar en una estructura clara y concisa, según la siguiente estructura:

- Propósito Central:
 - Contribuir al avance de investigaciones de vanguardia.
- Actividades Clave:
 - Generar materiales altamente eficientes para el sector salud, saneamiento y belleza.
- Enfoque Específico:
 - Reducción de residuos plásticos de un solo uso.
 - Adopción de tecnologías con enfoque en economía circular.
 - Fortalecimiento de Áreas de Investigación:
- A través de la publicación en revistas de alto impacto.
 - Objetivo Final:
- Contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad

"Nuestra Entidad tiene la misión de contribuir al avance de investigaciones de vanguardia, mediante la generación de materiales altamente eficientes destinados al sector salud,

saneamiento y belleza. Nos enfocamos en la reducción de residuos plásticos de un solo uso y la adopción de tecnologías con un enfoque en economía circular. Fortalecemos nuestras áreas de investigación a través de la publicación en revistas de alto impacto, con el objetivo final de contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad."

3.7.1.3 Valores.

Estos valores son esenciales para guiar al personal de la entidad hacia el logro de los objetivos planteados en su visión y misión, y para promover una cultura organizacional sólida y ética.

- Compromiso: Fomentar un compromiso inquebrantable con la visión y misión de la entidad, trabajando con dedicación para lograr los objetivos planteados.
- Profesionalismo: Promover un alto nivel de profesionalismo en todas las actividades y relaciones laborales, manteniendo estándares éticos y de calidad.
- Trabajo en equipo: Fomentar la colaboración y el trabajo en equipo para abordar los desafíos de manera conjunta y aprovechar las fortalezas individuales en beneficio de la organización.
- Aprendizaje continuo: Estimular el desarrollo profesional y personal, impulsando la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades para mantenerse al día con las tendencias y avances en investigación.
- Responsabilidad ambiental: Inculcar la responsabilidad ambiental en la gestión de residuos plásticos y la promoción de prácticas sostenibles en todas las actividades de la entidad.
- Orientación a resultados: Trabajar con determinación para lograr resultados tangibles y medibles que contribuyan a la consecución de la visión y misión de la entidad.

3.7.1.4 Código de Ética

Los principios establecidos en el código de ética fueron recogidos de la resolución rectoral de la Universidad Nacional de Ingeniería RR 0657-2017, titulada "Reglamento de sanciones a las desviaciones atentatorias al código ético en el ejercicio de la investigación" con fecha 16 de mayo 2017. Y el código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú, la ley



Nº 16053, autoriza al Colegio de ingenieros supervisar a los profesionales de ingeniería en la república.

Realizando modificaciones para que la producción de carbón activado contribuya al avance de la economía circular en un país de ingenieros, se presentan el código de ética a continuación:

- Realizar actividades productivas con un enfoque inclusivo, que respeten las distintas identidades de género, etnia, ideología y posición social.
- Cumplir con los estándares de calidad y seguridad vigentes en la producción de carbón activado como producto energético y/o producto para tratamiento de agua.
- Fomentar el uso responsable de carbón activado para proteger el medio ambiente.
- Establecer conexiones con investigadores nacionales y extranjeros, así como convenios con instituciones comprometidas con la responsabilidad social, ambiental y mitigación del cambio climático.
- Ser transparentes y honrados en todas nuestras actividades dentro del sector, rindiendo cuentas periódicamente sobre nuestro progreso según nuestras estrategias.
- Mantener relaciones honestas con todas las partes interesadas (stakeholders) para establecer vínculos sólidos y de largo plazo.
- Impulsar y promover la responsabilidad social, priorizando el desarrollo personal y su impacto en el entorno.

3.7.2 Evaluación Externa

Se analizaron los factores externos con el objetivo de reconocer oportunidades y amenazas que pudieran impactar la fabricación de carbón activado, con la intención de crear un plan estratégico.

3.7.2.1 Análisis del Entorno PESTEL

○ **Fuerzas políticas, gubernamentales y legales**

La Ley Nº 30884, es una de las pocas leyes que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, fue promulgada el 19 de diciembre de 2018, se reglamentó mediante Decreto Supremo Nº 006-2019-MINAM, con el objetivo de establecer el marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso, otros plásticos no reutilizables y los



recipientes o envases descartables de poliestireno expandido para alimentos y bebidas de consumo humano en el país (Ministerio del Ambiente, 2019).

Por otro lado, el Perú es un país con una escena política diversa y dinámica, caracterizada por una amplia gama de partidos políticos que representan diferentes ideologías y posturas. En los años recientes, se han producido transformaciones sustanciales en el panorama político peruano, con alternancia en el poder y la emergencia de nuevos movimientos políticos.

Gobierno en Perú: En septiembre de 2021, el presidente de Perú era Pedro Castillo, quien asumió el cargo ese 28 de julio. En Perú, el sistema de gobierno es una república democrática de naturaleza presidencialista, en la cual el presidente desempeña los roles de líder máximo del Estado y del Gobierno. El Poder Ejecutivo está compuesto por el presidente y su gabinete ministerial (Congreso de la República del Perú, 1993). En diciembre de 2022 Castillo anunció el cierre del parlamento y ese mismo día el congreso aprobó la vacancia, lo que derivó al arresto de Pedro Castillo y la toma de la presidencia por parte de la señora Dina Boluarte. Aproximadamente tres meses después de estos acontecimientos, se han llevado a cabo importantes movimientos sociales, donde se ha señalado la utilización desproporcionada de la fuerza para gestionar las manifestaciones. Además, se han realizado investigaciones por parte de organismos internacionales y se están solicitando medidas fundamentales para que el Estado supere su histórico y constante conflicto entre el poder ejecutivo y legislativo. Desde el año 2020, esta situación ha llevado a que el país haya tenido un total de 5 presidentes distintos.

Actualmente vienen desarrollándose manifestaciones en el país, concentrándose principalmente en el sur peruano. Varias organizaciones sociales y sindicales comenzaron a organizar una nueva marcha denominada "los cuatro suyos" o también conocida como la "Toma de Lima".

Poder Legislativo en Perú: El Parlamento de la República de Perú es la entidad legislativa de un solo cuerpo y se constituye con 130 representantes. Los parlamentarios son seleccionados a través del voto de la población para un mandato de cinco años. El Congreso es responsable de aprobar leyes, supervisar al Poder Ejecutivo y ejercer funciones de control y fiscalización (Constitución peruana, 1993).

Fuerzas legales en Perú: El sistema legal de Perú se basa en la tradición del derecho civil y se rige por una Constitución. La independencia del poder judicial es fundamental en el sistema legal peruano. La Corte Suprema de Justicia es la máxima



autoridad judicial del país, y su función es interpretar las leyes y garantizar la imparcialidad en los procesos judiciales (Constitución peruana, 1993). La defensoría del pueblo ha publicado el documento N°190, titulado “Crisis política y protesta social: Balance defensorial tras tres meses de iniciado el conflicto” (Desde el 7 de diciembre de 2022 hasta el 6 de marzo de 2023), donde narra aspectos relevantes de la crisis política: ciudadanía movilizada, acciones gubernamentales como registros domiciliarios y reacciones políticas frente a las demandas de los manifestantes. Todo ello ha generado que:

- Estabilidad política: Perú ha experimentado cambios políticos y administrativos en los últimos años. La corrupción y la falta de confianza en las instituciones han sido desafíos importantes para la estabilidad política del país.
- Gobierno y políticas públicas: Las políticas gubernamentales en áreas como economía, educación, salud e infraestructura tienen un impacto significativo en el desarrollo del país.
- Relaciones internacionales: Perú mantiene relaciones comerciales y diplomáticas con varias naciones y organizaciones internacionales, lo que puede afectar su economía y su posición en el ámbito mundial.

Factor Desfavorable.

○ **Fuerzas económicas y financieras.**

Durante el período de pandemia, que abarcó desde el cierre de 2019 hasta el cierre de 2021, el PBI peruano experimentó un modesto crecimiento del 0,84%. Sin embargo, es importante destacar que la situación de pobreza en el país sigue siendo un desafío significativo, con un nivel del 26%, a pesar de una disminución considerable desde el 58,7% registrado en 2004. Durante la década comprendida entre 2004 y 2013, el PBI tuvo un crecimiento promedio anual del 6,4%, lo que contribuyó positivamente a la mejora de la tasa de mortalidad, que pasó de 7,1% en 1990 a 4,9% en 2019. Estos logros en el desarrollo económico y social han sido en gran parte atribuidos a una política macroeconómica sólida implementada durante las últimas tres décadas. Además, el rendimiento favorable de las materias primas, especialmente el cobre, ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo económico de la nación. Durante los años 2005 a 2007, cuando el precio del cobre alcanzó niveles máximos, el PBI peruano experimentó un impresionante crecimiento promedio anual del 7,4%. De acuerdo con ello podemos mencionar que:

- Crecimiento económico: Perú ha experimentado un aumento constante en la economía durante las últimas décadas, aunque también ha enfrentado desafíos económicos, como la desigualdad y la informalidad laboral.
- Inflación y tipo de cambio: La inflación y las fluctuaciones en el tipo de cambio pueden afectar la estabilidad económica y la capacidad de compra de los habitantes.
- Dependencia de recursos naturales: La economía peruana ha estado históricamente vinculada a la exportación de recursos naturales, lo que puede generar vulnerabilidad frente a las fluctuaciones en los valores de las materias primas.

En la actualidad, la inexistencia de una industria nacional de carbón activado hace que la demanda dependa en gran medida de importaciones que superan las 5000 toneladas anuales (Veritrade, 2023). Esto otorga una ventaja competitiva a este producto frente a importadores y distribuidores rivales, al ser una alternativa atractiva gracias a su disponibilidad más sencilla y precio más asequible. Además, al no estar sujeto a costos de importación ni impuestos, su atractivo se incrementa en el sector salud y belleza, una gestión efectiva en términos de marketing y distribución podría posicionarlo de manera sólida en el mercado, asegurando su viabilidad económica. En los últimos años, el mercado global de carbón activado ha mostrado un aumento constante y se anticipa que mantendrá, este patrón se refleja con una tasa de crecimiento anual promedio del 7,30% proyectada para el período entre 2023 y 2028. De acuerdo con un reporte de IDE, el valor del mercado global de carbón activado fue estimado en 4,15 mil millones de dólares en el año 2022 (EMR, 2023) .

Factor Favorable.

o Fuerzas sociales, culturales y demográficas

- Diversidad cultural: La cultura peruana tiene rica diversidad cultural y étnica, lo que influye en su sociedad y en las relaciones entre diferentes grupos.
- Desigualdad social: A pesar del progreso económico, persiste la disparidad social sigue siendo un problema significativo en Perú, influyendo en la repartición de recursos y en las perspectivas disponibles para diversos sectores de la sociedad.
- Educación y salud: Los niveles educacionales y acceso a servicios de salud pueden influir en el desarrollo humano y la calidad de vida de la población.

El incremento constante en los ingresos familiares ha llevado a un aumento en el tamaño de la clase media, mientras que los sectores con menor poder adquisitivo han experimentado una disminución en su participación total en la población. Estos cambios se han reflejado en la demanda de la energía, según un informe de INEI en 2018 (Bonett et al., 2022).

Durante los últimos años, el mercado mundial de carbón activado ha experimentado un crecimiento sostenido, y se estima que este crecimiento continuará a una tasa compuesta anual del 7,30% en el período de pronóstico comprendido entre 2023 y 2028, según un informe de IDE, el tamaño del mercado mundial de carbón activado se valoró en USD 4,15 mil millones en 2022(EMR, 2023)

Factor Favorable.

○ **Fuerzas tecnológicas y científicas.**

CONCyTEC corresponde al acrónimo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de Perú. Esta entidad tiene la responsabilidad de fomentar y coordinar las iniciativas relacionadas con ciencia, tecnología e innovación en la nación, su fundación fue estipulada por medio de la legislación número 28054. Por otro lado, el carbón activado es un material poroso con una gran superficie interna que tiene la capacidad de adsorber moléculas y eliminar impurezas. Se utiliza en diversas aplicaciones, como filtración de agua, purificación de gases, tratamiento de intoxicaciones, entre otras.

La relación entre CONCyTEC y el carbón activado se ha dado a través de investigaciones científicas y proyectos de innovación, ver página Web y los ganadores de cada proyecto por año (Prociencia, 2023). Es decir, CONCyTEC ha financiado y promovido estudios e investigaciones relacionados con el carbón activado para mejorar su producción, optimizar sus aplicaciones o desarrollar nuevas tecnologías basadas en este material, fomentando la colaboración entre instituciones científicas y empresas que involucraron el uso del carbón activado en diferentes áreas de aplicación, pero aun este esfuerzo es insuficiente. Perú está creciendo en:

- Avances tecnológicos: El desarrollo tecnológico en áreas como las comunicaciones, la informática y la industria puede impulsar la productividad y la competitividad del país.
- Acceso a la tecnología: La brecha digital y el acceso desigual a la tecnología pueden afectar a diferentes grupos de la población y su participación en la economía digital.

Factor desfavorable.

○ **Fuerzas ecológicas y ambientales.**

En el presente, se carece de una gestión completa de desechos, lo que resulta en su subutilización y en la consecuente amenaza al ecosistema y al entorno ambiental. Según lo estipulado en el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024, el 18,64% pertenece a residuos reaprovechables y el 6,83% es compuesto por residuos reciclables, plásticos de un solo uso (MINAM, 2017). Debido a esto, esta investigación tiene como propósito aprovechar un residuo con el fin de fomentar el desarrollo de una industria de carbón activado que sea sostenible y ética.

- Recursos naturales y sostenibilidad: La explotación responsable de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente son temas clave para el desarrollo sostenible de Perú.
- Cambio climático: El cambio climático representa un desafío para el país en términos de adaptación y mitigación de sus impactos en el medio ambiente y la economía.

Factor Favorable.

La **Tabla 34** exhibe la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE), donde se utilizan valores del 1 al 4 para representar el nivel de respuesta según el análisis efectuado; si la oportunidad es alta se debe colocar 4, oportunidad baja el valor es 3, amenaza baja se debe colocar 2 y si la amenaza es alta el valor que debe tomar es 1. En la situación particular de la industria de carbón activado en Perú, el puntaje alcanzado fue de 2,69; señalando que dicho sector se posiciona por encima del promedio y está capitalizando las oportunidades y contrarrestando las amenazas de manera efectiva. Esta tabla esta alineada al plan estratégico del desarrollo nacional al 2050 de Perú (Decreto Supremo No 095-2022-PCM., 2022).

Tabla 34

Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE)

Oportunidades		peso	valor	puntaje
1	El gobierno muestra interés en la producción de carbón activado a nivel nacional.	0,09	3	0,18
2	Existe una directriz de política ambiental a nivel nacional que impulsa la adopción de la economía circular.	0,09	3	0,18
3	Tratamiento insuficiente de residuos de plástico no utilizados en su totalidad.	0,09	3	0,18
4	Desarrollos tecnológicos relacionados con el manejo de desechos no utilizados.	0,08	3	0,24
5	Mercado de carbón activado tiene un gran potencial de crecimiento.	0,07	3	0,21
6	Precios de venta de carbón activado con tendencia al alza.	0,07	4	0,14
7	Existencia de condiciones macroeconómicas estables.	0,06	4	0,18
8	Sistemas de reciclaje por municipalidades de plástico de un solo uso.	0,08	3	0,24
		0,55		1,79
Amenazas				
1	Limitaciones debido a los impactos en el ecosistema nacional.	0,09	2	0,18
2	Presencia de sustitutos en el sector de salud y belleza.	0,08	2	0,16
3	Volatilidad en los precios internacionales del carbón activado.	0,08	2	0,16
4	Escaso desconocimiento en las comunidades locales sobre el uso de nuevas tecnologías relacionadas con el carbón activado.	0,08	2	0,16
5	Vulnerabilidad e intermitencia del sistema de reciclaje nacional.	0,12	2	0,24
		0,45		0,82
Total		1		2,69

Si la nota es: Oportunidad baja=3, oportunidad alta=4; amenaza alta= 1, amenaza baja= 2

3.7.2.2 La industria y sus competidores.

Se lleva a cabo la evaluación de la competencia utilizando el marco del modelo de las Cinco Fuerzas de Porter, el cual proporciona un análisis de la posible lucratividad de un sector determinado basado en la influencia de factores como: (i) proveedores, (ii) compradores, (iii) alternativas de productos o servicios, (iv) nuevos actores en el mercado y (v) competidores ya presentes.

i) Poder de negociación de los proveedores

Se refiere a la capacidad que tienen los proveedores de carbón activado para influir en las condiciones y términos de la relación comercial con las empresas que compran este producto. Si los proveedores tienen un poder de negociación alto, pueden imponer condiciones más favorables para ellos, como precios más altos o términos de entrega específicos, en nuestro rubro tenemos a los que suministran el plástico y los que nos proveen de equipos y dispositivos para producción de carbón activado.

Por otro lado, si su poder de negociación es bajo, estarán más limitados en su capacidad para dictar los términos y es más probable que se adapten a las condiciones establecidas por los compradores. Sin embargo, es importante considerar que, en un futuro con un mayor avance en la implementación de la economía circular en el país para lograr un desarrollo sostenible, los actuales proveedores podrían perder espacio ante la aparición de nuevas empresas interesadas en abastecer las necesidades de la industria de carbón activado. Es decir, la economía circular a nivel local atraerá a más organizaciones interesadas en convertirse en proveedoras, lo que beneficiará a la industria nacional de carbón activado. A su vez el consumo de bebidas gaseosas contenida en plástico de un solo uso en el Perú es muy alto, al ser tanto los productores de bebidas y pocos los compradores de este residuo plástico, su poder de negociación es bajo (El Problema Del Plástico En La Industria de Las Bebidas | CO2Sustain, 2022.)

ii) Poder de negociación de los compradores

El carbón activado corresponde a la categoría de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) con código 2029, sección C, revisión 4, partida arancelaria 3802.10.00.00 y NTP 311.331 1998 (Estadísticas UIF, 2023.) Usualmente el producto tiene 2 aplicaciones de ventas, carbón activado en polvo, utilizado para decolorar y purificar líquidos, en los salud y belleza. Y gránulos de carbón activado para tratar aguas residuales y adsorber gases.

En la industria nacional de carbón activado, se identifican dos tipos de compradores: (a) consumidores finales, que incluyen laboratorios de investigación de universidades y empresas que requieren carbón activado para sus actividades, y (b) mayoristas. Así también este poder depender de varios factores como (Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015b):



- Volumen de compra: Si un comprador realiza grandes compras de carbón activado, es más probable que tenga un mayor poder de negociación, ya que su pedido representa una parte significativa de las ventas del proveedor.
- Disponibilidad de proveedores: Si existen varios proveedores de carbón activado en el mercado, los compradores pueden tener más opciones y, por lo tanto, más poder para comparar precios y condiciones.
- Sensibilidad al precio: Si los compradores son altamente sensibles a los cambios de precio y tienen la capacidad de cambiar fácilmente de proveedor, su poder de negociación aumenta, ya que los proveedores querrán mantener sus precios competitivos.
- Información sobre el mercado: Los compradores que están bien informados sobre los precios, calidades y condiciones del mercado de carbón activado tienen más poder para negociar términos favorables.
- Costos de cambio: Si cambiar de proveedor implica costos significativos, como adaptación a nuevos estándares de calidad o inversión en nuevas tecnologías, los compradores pueden tener menos poder de negociación.
- Importancia del producto para el comprador: Si el carbón activado es un componente crítico en el proceso de producción del comprador, es más probable que tengan un mayor poder de negociación para asegurarse de que el suministro sea constante y de alta calidad.
- Negociación colectiva: Si los compradores se unen en grupos de compras o asociaciones, pueden fortalecer su posición de negociación al negociar en bloque con los proveedores.
- Diferenciación del producto: Si el carbón activado ofrecido por diferentes proveedores es altamente similar y no hay diferenciación significativa, los compradores pueden tener más poder para presionar por mejores términos.
- Impacto en la cadena de suministro del proveedor: Si los compradores tienen la capacidad de afectar negativamente la cadena de suministro del proveedor, como al cambiar a proveedores competidores, pueden tener más influencia en las negociaciones.
- Tendencias del mercado: Las condiciones cambiantes del mercado, como fluctuaciones en la oferta y demanda de carbón activado, pueden afectar el poder de negociación de los compradores.

Es importante destacar que estos factores pueden variar según la industria, la región y la situación económica. En el caso de carbón activado el poder de negociación de los compradores es bajo, ya que tanto los consumidores finales como los mayoristas están condicionados por las regulaciones legales y la progresiva implementación de la economía circular a nivel local, lo que favorecerá a la industria nacional de carbón activado

iii) Amenaza de los sustitutos

Los elementos disponibles en el mercado que presentan una capacidad de adsorción comparable al carbón activado son el gel de sílice, zeolita y alúmina, en la **Tabla 35** se hace un contraste de los productos sustitutos (H. T. Oh et al., 2017). Sin embargo, es la resina de intercambio iónico, debido a sus propiedades fisicoquímicas superiores y aplicación en el tratamiento de agua que compite con el carbón activado, esta resina presenta costos elevados de instalación y procesos de regeneración, siendo una alternativa no económicamente viable (Hurtado Antonio & Torre León, 2021).

iv) Amenaza de los entrantes

El ingreso de nuevas compañías a la industria nacional de carbón activado depende de tres aspectos clave: (a) el capital necesario para invertir en la compra de terrenos y construcción de una planta de producción, entre otros y (b) los costos directos e indirectos asociados a la adquisición y procesamiento de biomasa y plásticos de un solo uso.

Una posible evolución hacia la economía circular en ámbito tanto nacional como global aumentaría la necesidad de utilizar energías renovables, lo que atraería a diversos inversores locales y extranjeros hacia este negocio, ofreciendo una oportunidad rentable tanto para abastecer el mercado peruano como para enfocarse en la exportación de carbón activado.

La amenaza de nuevos competidores es media, ya que el ingreso a esta industria requiere inversiones medianamente significativas. Sin embargo, debido a una mayor demanda de productos eco amigables y que mitiguen el cambio climático a nivel nacional e internacional, impulsada por la facilidad de reciclaje de residuos plástico de un solo uso, la dinámica del negocio podría cambiar drásticamente y generar nuevas oportunidades generando una alta amenaza de entrantes.

Tabla 35

Contraste entre Productos sustitutos

Sustituto	descripción	Semejanza	Diferencia	Aplicaciones
Gel de sílice	Producido de manera artificial mediante la síntesis a partir de sílice en forma de gránulos y con una estructura porosa.	-Disponible para la venta en forma de polvo y gránulos. -Capacidad de adsorción. -Sólido.	-Puede ser fácilmente regenerado bajo condiciones particulares. -Se desintegra al entrar en contacto con agua.	-Actúa como un agente desecante y un catalizador en la fabricación de gasolina, además de servir como materia prima en la producción de caucho sintético.
Zeolita	Mineral de aluminosilicato de microporoso de procedencia volcánica, en la actualidad se conocen más de cuarenta variantes de zeolitas.	-Habilidad para la adsorción y el proceso de activación. - Existencia de microporos	- Variados tipos de zeolitas que presentan una gama de dimensiones de poros. -Habilidad para realizar intercambio catiónico.	-Uso en la purificación de petróleo, tintado de sustancias líquidas y gaseosas, así como catalizador. -Existencia de un recurso natural para fines medicinales.
Alúmina	El óxido de aluminio, que es el elemento más significativo en las composiciones de arcillas y esmaltes, se encuentra en su estado natural en las variantes de esmélil y corindón.	Puede ser activada para lograr una adsorción más efectiva. Área superficial de diversa porosidad. -Sólido	La reactivación es sencilla mediante la aplicación de calor. Propenso a experimentar desgaste.	Utilizado como aislante térmico y eléctrico, en el secado de aire comprimido, la fabricación de aluminio y como revestimiento protector.
Resina de intercambio iónico	Es un copolímero de estireno-divinilbenceno, existen tipos principales, catiónicas y aniónicas.	Ablanda el agua, para eliminación de nitratos, para la desionización del agua.	Actúan selectivamente y prefieren un ion sobre otro.	Tratamiento de aguas residuales

v) Rivalidad de los competidores

La industria peruana de carbón activado aún se encuentra en una etapa de desarrollo incipiente, enfrentando desafíos en aspectos ambientales y tecnológicos. Sin embargo, en años recientes, las compañías nacionales ya han experimentado dificultades debido a prácticas de *dumping*, lo que redujo su participación en el mercado. Ante esta situación, la Comisión de Fiscalización de *Dumping* y Subsidios del Indecopi para imponer derechos compensatorios y antidumping (Indecopi, 2023).

Por otro lado, empresas internacionales como Kuraray Co., Ltd., Oxbow Activated Carbon LLC, Haycarb (Pvt) Ltd., Indo German Carbons Limited (IGCL), Shinkwang Chem. Ind. Co., Ltd, S.I.C.A.V Spa, Century Chemical Works Sdn. Bhd, Cabot Corporation y otros; debido a sus extensas redes de distribución y su completa gama de productos disponibles, tienen un sólido reconocimiento de sus marcas (Mercado de Carbón Activado, Tamaño, Cuota, 2023-2028, 2023.-b). A medida que el país se acerca progresivamente a la economía circular, es probable que se aumente la demanda de carbón activado a nivel local. Por otro lado, empresas internacionales como Kuraray Co., Ltd., Oxbow Activated Carbon LLC, Haycarb (Pvt) Ltd., Indo German Carbons Limited (IGCL), Shinkwang Chem. Ind. Co., Ltd, S.I.C.A.V Spa, Century Chemical Works Sdn. Bhd, Cabot Corporation y otros; debido a sus extensas redes de distribución y su completa gama de productos disponibles, tienen un sólido reconocimiento de sus marcas (Mercado de Carbón Activado, Tamaño, Cuota, 2023-2028, 2023.-b). A medida que el país se acerca progresivamente a la economía circular, es probable que se aumente la demanda de carbón activado a nivel local. Si las empresas nacionales no pueden satisfacer esta demanda, es posible que se considere importar carbón activado en mayor medida. Esto generaría una mayor competencia en el mercado y llevaría a las organizaciones de la industria a buscar alternativas, como mejorar la gestión de calidad, ambiental y empresarial (Broncano et al., 2015). En general, la rivalidad entre los competidores en la industria de carbón activado es alta, ya que las empresas locales han enfrentado problemas de abastecimiento y se verán desafiadas aún más si la economía circular toma protagonismo en el país.

3.7.2.3 Matriz de Perfil Competitivo (MPC)

La **Tabla 36** exhibe la Matriz de Perfil Competitivo (MPC), en la cual se emplean calificaciones del 1 al 4 para señalar la fuerza o debilidad de los competidores identificados. La MPC se basa en once factores críticos de éxito para el análisis, los cuales se han obtenido de (Broncano et al., 2015) para la industria de biocombustible, gasolina y gas natural y junto a estas industrias se ha colocado a la industria de carbón activado. Los resultados en la **Tabla 36** muestran que la industria de carbón activado tiene un puntaje de 2,69; está bien posicionada porque proviene de una fuente de residuos, la industria de biocombustibles proviene de una fuente de energía renovable o procesos verdes con puntaje de 2,51. La industria de gas natural es la única que supera a la industria de carbón activado con un puntaje de 2,93. A través de este análisis podemos conocer el factor de éxito que debe trabajarse. Para movernos de este perfil de bajas oportunidades depende

de 2 factores como, la exploración e innovación en metodologías novedosas para trabajar eficientemente la generación de desechos, y Clústeres para la gestión de residuos, las cuales deben trabajarse en las estrategias.

Tabla 36

Matriz de Perfil Competitivo (MPC)

Factores críticos de éxito	Peso	Industria de carbón activado		Industrial de energía del biocombustible		Industrial de la gasolina		Industrial de Gas Natural	
		Val.	Pond	Val.	Pond	Val.	Pond	Val.	Pond
1 Instalaciones destinadas al procesamiento de desechos.	0,08	3	0,24	2	0,16	3	0,24	3	0,24
2 Exploración e innovación en metodologías novedosas para disminuir la generación de desechos.	0,06	2	0,12	1	0,06	3	0,18	4	0,24
3 Clústeres para la gestión de residuos	0,09	1	0,09	1	0,09	3	0,27	4	0,36
4 Posibilidad de expansión de la empresa a nivel nacional.	0,11	4	0,44	4	0,44	2	0,22	3	0,33
5 Rentabilidad de la industria	0,11	3	0,33	2	0,22	2	0,22	3	0,33
6 Habilidad para satisfacer la demanda del mercado de manera eficaz.	0,07	3	0,21	3	0,21	2	0,14	3	0,21
7 Recursos económicos	0,03	3	0,09	3	0,09	2	0,06	3	0,09
8 Gastos y costos de producción	0,11	3	0,33	3	0,33	2	0,22	2	0,22
9 Operaciones en proximidad al mercado	0,11	2	0,22	2	0,22	2	0,22	2	0,22
10 Apoyo gubernamental mediante políticas y marco jurídico.	0,15	2	0,3	3	0,45	2	0,3	3	0,45
11 Suministradores altamente competentes en la implementación de equipos.	0,08	4	0,32	3	0,24	3	0,24	3	0,24
Total			2,69		2,51		2,31		2,93

Nota: Los factores fueron obtenidos de (Hurtado Antonio & Torre León, 2021).



3.7.2.4 Matriz de Perfil Referencial (MPR).

En la **Tabla 37** se presenta la Matriz de Perfil Referencial (MPR), en la cual se emplean valores que oscilan entre 1 y 4 para señalar el grado de solidez o debilidad de los puntos de referencia identificados. Dicha matriz está constituida por once factores críticos de éxito, los cuales se han obtenido de (Broncano et al., 2015)

La industria de carbón activado de EE. UU., presenta el mayor puntaje seguido de la Unión Europea (UE), con puntajes de 3,73 y 3,53 respectivamente, debido a los recursos económicos, apoyo gubernamental y suministros altamente competentes, lo cual carece la región latinoamericana. La industria de carbón activado brasilero nos lleva la delantera con un puntaje de 3,44 frente a una industria insipiente peruana con un puntaje de 2,69.

La industria peruana de carbón activado enfrenta importantes desafíos en relación con estos factores, y aún hay mucho trabajo por hacer en este sentido. Sin embargo, al comparar la situación con otras realidades, se ha notado un mayor impulso y una decisión más firme en el desarrollo del carbón activado como parte de una alineación al Plan estratégico de desarrollo nacional al 2050 de Perú, así como su progresivo avance hacia una economía circular. Este enfoque ha sido implementado desde hace bastante tiempo en otras regiones, lo que resalta la necesidad de que la industria peruana también siga avanzando en esa dirección.

A pesar de que el Perú enfrenta desafíos en el desarrollo de actividades industriales y comerciales, ha experimentado un interesante crecimiento en las últimas dos décadas. Para seguir progresando y adaptarse a las demandas globales de economía circular, es necesario considerar las actuales exigencias. El análisis PESTEL ha revelado que hay factores sociales, ecológicos y económicos que afectan positivamente a la industria de carbón activado en el país, pero también existen aspectos políticos y tecnológicos que tienen un impacto negativo.



Tabla 37
Matriz de Perfil Referencial (MPR)

Factores críticos de éxito	Peso	Industria de carbón activado en Perú		Industria de carbón activado en Brasil		Industria de carbón activado en EEUU		Industria de carbón activado en UE	
		Val	Pond	Val	Pond	Val	Pond	Val	Pond
1 Instalaciones destinadas al procesamiento de desechos.	0,08	3	0,24	3	0,24	4	0,32	3	0,24
2 Exploración e innovación en metodologías novedosas para disminuir la generación de desechos.	0,06	2	0,12	3	0,18	4	0,24	3	0,18
3 Clústeres para la gestión de residuos	0,09	1	0,09	3	0,27	3	0,27	4	0,36
4 Posibilidad de expansión de la empresa a nivel nacional.	0,11	4	0,44	3	0,33	3	0,33	3	0,33
5 Rentabilidad de la industria	0,11	3	0,33	4	0,44	4	0,44	4	0,44
6 Habilidad para satisfacer la demanda del mercado de manera eficaz.	0,07	3	0,21	4	0,28	3	0,21	4	0,28
7 Recursos económicos	0,03	3	0,09	3	0,09	4	0,12	4	0,12
8 Gastos y costos de producción	0,11	3	0,33	3	0,33	4	0,44	3	0,33
9 Operaciones en proximidad al mercado	0,11	2	0,22	4	0,44	4	0,44	3	0,33
10 Apoyo gubernamental mediante políticas y marco jurídico.	0,15	2	0,3	4	0,6	4	0,6	4	0,6
11 Suministradores altamente competentes en la implementación de equipos.	0,08	4	0,32	3	0,24	4	0,32	4	0,32
Total			2,69		3,44		3,73		3,53

3.7.3 Evaluación Interna

3.7.3.1 *Análisis Interno AMOFHIT.*

El objetivo de examinar las variables internas consiste en identificar las fortalezas y debilidades más relevantes que podrían afectar a la industria objeto de estudio. Esta evaluación busca estar preparado para enfrentar los riesgos existentes, minimizando el impacto de las debilidades y capitalizando las ventajas que se poseen

○ **Administración y gerencia (A)**

La evaluación sobre la incidencia de materiales porosos como el carbón activado para el desarrollo humano en el Perú, (Broncano et al., 2015) identificó actores clave en la industria:

1. El gobierno central, representado por los diversos ministerios como MINAM, MINEM, entre otros, y sus agencias relacionadas.
2. Los gobiernos regionales, especialmente en las zonas costeras, donde se encuentran sistemas de reciclaje.
3. Iniciativas privadas para la producción de carbón activado.
4. Algunos gremios que velan por intereses específicos.
5. Pequeños empresarios que también participan como productores.
6. Universidades, tanto públicas como privadas.
7. Organismos de cooperación, tanto nacionales como internacionales.

En relación con las iniciativas privadas de pequeños empresarios el informe de (Hurtado Antonio & Torre León, 2021) menciona que las empresas que importan y comercializan este producto en nuestro país, son más de 10 en términos de volumen de importación durante un periodo de 6 años (2014-2019). En este grupo, Mercantil S.A. se destaca al abarcar el 33,8% de las importaciones, seguida por Chemsupply S.A.C. con un 33%, Generation Solutions Perú S.A.C. con un 19%, C&V International S.R.L. con un 6%, y Element Trading S.A.C. con un 5%. Las compañías que tienen un 2% de participación en las importaciones son Minera Yanacocha S.R.L. y Químicos Goicochea S.A.C. Por último, las empresas con una participación del 1% o menos son Actividades Técnico-Industriales S.A.C, Minera Shouxin Perú S.A. y Mercantil Interamericana S.A.C. Dentro de estas empresas mencionadas, algunas se dedican a la importación para su posterior

comercialización en el mercado, como Chemsupply S.A.C., Mercantil Interamericana S.A.C., Mercantil S.A., Generation Solutions, Químicos Goicoechea, entre otros.

- **Marketing y ventas (M)**

La principal oferta de la industria de materiales porosos consiste en el carbón activado, el cual se produce a nivel local a partir de diversas fuentes de biomasa, entre otros (Carrillo Zamora & Lembcke Berninzon, 2015b). El precio de este carbón activado en la industria local se establece siguiendo valores de referencia internacionales, pero también se ve influenciado por la interacción entre la oferta y la demanda. En el 2023, los precios promedio del carbón activado fueron de 3.2 US\$ por kilogramo, incrementándose desde 2,400 US\$ el 2019 (Hurtado Antonio & Torre León, 2021; Pérez Herrera, 2022). El comercio exterior en los últimos 5 años las importaciones del carbón activado (380210) fue de 45487912 US\$ con 140 importadores. Y las exportaciones de 380482 US\$ con 21 importadores (Veritrade, 2023).

Para el marketing vamos a utilizar las 4p's del marketing o marketing mix, las 4p's constituyen los fundamentos esenciales en cualquier estrategia de marketing: Producto, Precio, Distribución y Promoción. Cuando estos cuatro aspectos se encuentran en armonía, tienden a influir y a cautivar al público, es decir vender. El producto se venderá en sacos de 25 kg a 3,016 US\$/ kg, el cual es competitivo con el mercado, generando un atractivo inicial al disminuir el 6,1% en el precio de venta, lo cual está relacionado a costos de la producción.

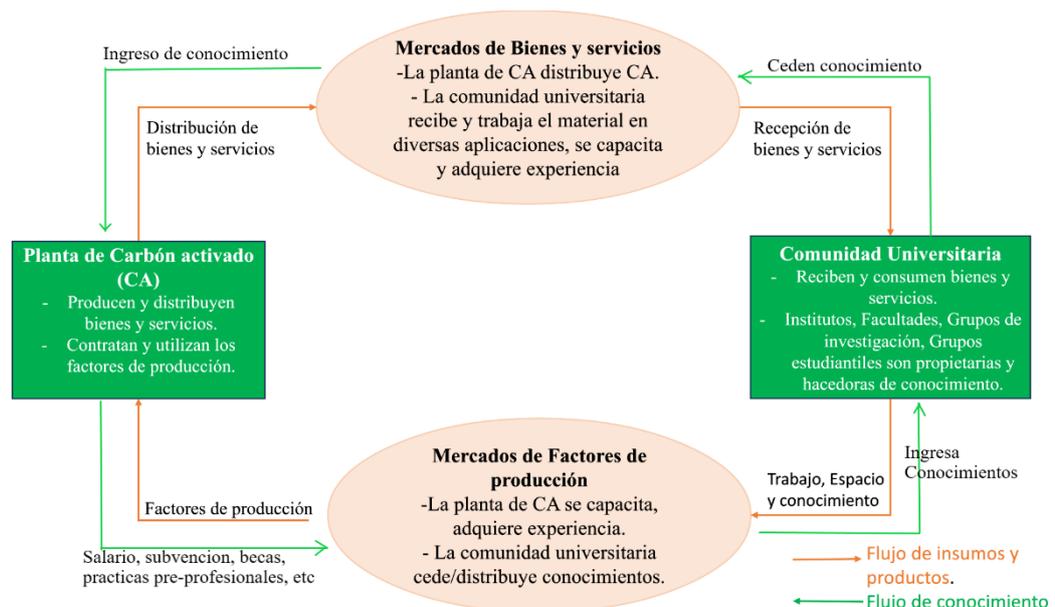
La distribución del carbón activado se gestionará de acuerdo con la necesidad del cliente (mayorista), según la urgencia con la que haya realizado la solicitud del producto y también en función de la cantidad de compra realizada. El producto va de fabricantes a los mayoristas y posteriormente llegan a los consumidores finales. La promoción del producto es limitada, ya que el negocio se concentra en los mayoristas y son ellos quienes lo distribuyen a la población, aunque muchas veces de manera indirecta. La oportunidad de mercado surge principalmente por la versatilidad de sus aplicaciones, lo que lleva a un aumento en la compra y consumo de carbón activado y garantiza un mercado seguro para las empresas locales del sector de materiales porosos.

○ **Operaciones, logística e infraestructura (O)**

(Ruiz-Montoya et al., 2021) menciona que la producción de carbón activado tiene diferentes etapas que deben controlarse para mantener la calidad del producto, pero estas inversiones no son de alto riesgo, pues la obtención de carbón activado está distribuida entre materia prima (residuo de plástico de un solo uso) y activación física (vapor de agua) baratas. Las empresas que producen carbón activado cuentan con mayor financiamiento y tienen una demanda segura debido a requisitos legales (Hurtado Antonio & Torre León, 2021). El diagrama de bloques de la **Figura 18** muestra la metodología de para implementar una cadena de suministros para el proyecto (Rejeb et al., 2022).

Figura 18

Diagrama de bloques explica y se sigue la metodología de (Rejeb et al., 2022).



Logística de entrada

Transporte: Se considerarán factores cruciales tales como: gastos, celeridad, eficacia, seguridad y precisión. Para el traslado de la materia prima, se plantea la externalización del servicio debido a razones económicas, ya que no sería necesario contratar personal adicional ni invertir en vehículos de carga; además, permitiría a la empresa centrarse en su actividad principal. Adicionalmente, algunos de los indicadores que se emplearían para evaluar la gestión del transporte en la logística interna incluirían:



costo del transporte (costo total por kilogramo movido de materia prima), tiempo de entrega y costo por kilómetro recorrido.

Inventario: Se implementará un sistema de inventario de seguridad para la materia prima, calculado en función de la demanda y el volumen de producción.

El control de inventarios evitara el sobre-stock (exceso de inventario) o sub-stock (escasez de inventario). La decisión se tomará con base en la demanda proyectada y la producción planificada.

Almacenamiento: Se usará el almacén de materia prima. Las instalaciones se adaptarán según el tiempo y las necesidades

Manejo de materiales: Actividades importantes a partir de la carga y descarga del producto. El proceso de transporte de la carga comienza desde el punto de descarga y finaliza en la zona de almacenamiento. El desplazamiento de la materia prima se llevará a cabo utilizando montacargas de dimensiones reducidas.

Procesamiento de pedido: Estará compuesto por el registro del pedido en el sistema, programación de la entrega, revisión de disponibilidad en el almacén, preparación del pedido y organización de la entrega correspondiente.

Logística de salida

Transporte: Para grandes volúmenes de productos finales, se llevará un servicio de terceros, utilizando carreteras y camioneta.

Inventario: Se considera emplear el mismo sistema electrónico de información utilizado para controlar el inventario de materia prima para gestionar el stock de bolsas de carbón activado en ambas variantes de presentación.

Almacenamiento: Se usará el almacén de productos terminados, las instalaciones se adaptarán según el tiempo y las necesidades

Manejo de materiales: La operación de carga guarda similitudes con la descarga, aunque en esta también puede involucrar aspectos como verificación y empaquetado. El transporte de la carga se efectúa desde el espacio de almacenamiento de productos terminados hasta el lugar de envío, y luego hacia el cliente o directamente al cliente mismo. Esto último depende de la ubicación donde se efectúe la entrega.

Procesamiento de pedido: Se agruparán múltiples solicitudes de clientes con el fin de disminuir los gastos de transporte (consolidación de envíos). Una vez que el pedido esté preparado para su entrega, si se trata de un lote pequeño, se combina con otros; en caso contrario, se procede con la entrega al cliente, quien firma la factura o boleta para indicar su conformidad total.

- **Finanzas y contabilidad (F)**

El Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026 incide en forma directa en la calidad de vida de las personas, esto se traduce en mejoras como la competitividad, la reducción de enfermedades, entre otros (Ministerio de vivienda, 2022).

Dentro de los resultados obtenidos de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (ENAPRES), se registró que un total de 33,72 millones de personas, tenían acceso a servicios de suministro de agua. Del conjunto, el 86% habitaba en zonas urbanas, dejando un porcentaje significativamente menor que residía en áreas rurales. Concretamente, esto indica que alrededor de 4,1 millones de individuos, correspondientes a un 65%, carecían de acceso a agua potable en el entorno rural (INEI, 2023).

Estos hechos muestran aspectos concretos que deben ser abordados y considerados como oportunidades dentro del proyecto carbón activado, que tiene como objetivo mejorar el impacto ambiental y como consecuencia la calidad de vida de las personas mediante la provisión de un adecuado sistema de saneamiento para aquellos que carecen de él.

Conforme a los datos proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (Riego, 2023), la situación actual en relación con la calidad del servicio de agua potable demuestra que el cloro residual supera el límite mínimo establecido por las normas (un 80% de las muestras posee un contenido de cloro mayor a 0,5 ppm). Además, en varios de los lugares examinados, se detecta la presencia de arsénico y nitratos en el agua. Estos compuestos son conocidos por ser altamente perjudiciales para la salud, lo cual resalta la insuficiencia de tratamientos adecuados para el agua potable destinada al uso diario. Esto, representa una oportunidad para intervención por medio del proyecto.

Dentro del marco del Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) han experimentado resultados negativos en el patrimonio, enfrentando una situación financiera poco alentadora (INEI, 2023). Además, el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) transfirió más de

S/.745 millones a 12 de estas 49 empresas EPS(Andina, 2017). Estos y otros desafíos limitan de manera considerable la capacidad de brindar servicios de saneamiento adecuado, y por ende limitan el uso de carbón activado como uno de los principales métodos de potabilización y purificación del agua.

- **Recursos humanos (H)**

La producción de carbón activado presenta oportunidades laborales en aumento debido a la alta demanda de este producto por el sector de saneamiento, salud y belleza. Trabajos manuales indirectos son vinculados al reciclaje, a pesar de ya estar conviviendo con tecnologías independientes como IOT (Internet de las cosas) e IA (Inteligencia artificial) que conllevan a una mayor automatización, el reciclaje en nuestro país es incipiente y requiere de mano de obra y sobre todo de políticas claras para generar planeamiento de sistemas de reciclaje por municipios. Actualmente las municipalidades de San Martín de Porres y Rímac aledañas a la Universidad Nacional de Ingeniería, no realiza reciclaje efectivo de sus descartes domésticos, mantienen la oficina Gerencia de Servicios públicos y mantenimiento como un ente de administración de recursos humanos, es decir ausencia de un sistema de gestión que permita un ahorro sostenible de recursos, y a la vez, reduzca significativamente la contaminación ambiental (Hurtado Antonio & Torre León, 2021).

Por otro lado, “Las Asociaciones de Recicladores formalizados” fueron formalizados como un Protocolo Sanitario para la operación ante el COVID 19 para realizar el servicio de reciclaje el 2020(Ministerio del Ambiente, 2020a). Pero nunca se implementó planes para acercarlos a trabajar de la mano con las Municipalidades de San Martín de Porres o Rímac.

La política de recursos humanos en la planta de carbón activado que hemos descrito se enfoca en la gestión sostenible dentro de las organizaciones, representando las interacciones entre la empresa y sus empleados como un ciclo cerrado. También promueve que cada trabajador asuma una responsabilidad individual en términos de colaboración con los otros, tanto en roles de liderazgo de equipos como en relaciones de compañerismo. Además, se fomenta la solución de disputas en el entorno laboral a través de métodos como negociación, arbitraje, mediación y conciliación (Policy, 2023). La cultura de la empresa promueve la evolución profesional, necesidad de mejorar permanentemente sus conocimientos y aptitudes(Policy, 2023).

En general, la producción de carbón activado se beneficia de personas que trabajan en reciclaje y viceversa generan más empleos y mayores ganancias e impulsa una economía circular para residuos plásticos de un solo uso.

- **Sistemas de información y comunicaciones (I)**

Solo un sistema de reciclaje planificado podría proporcionarnos cifras sobre la cantidad de plástico de un solo uso, actualmente se cuenta con un registro de Asociaciones de Recicladores formalizados. Hasta el momento, solo se han llevado a cabo algunos estudios o boletines sobre el tema, que pueden servir como referencia, Sin embargo, aún no alcanzan el nivel de un sistema de inteligencia empresarial, que sería extremadamente provechoso. Esta circunstancia subraya la escasez de información actualmente accesible en este dominio.

Desde el 2012 el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de cooperación Internacional del Japón (JICA) han apoyado la gestión de residuo sólidos, cuyo beneficio ha sido para departamentos. Actualmente el BID está financiando startup peruano centrada en préstamos a micro y pequeñas empresas (BID, 2022). Así también, Perú modernizará su gestión financiera pública con un crédito de US\$74 millones del BID para recolectar datos y difundir información que oriente las políticas públicas y sistemas de reciclaje (BID, 2021). Esto permitirá la implementación de Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) para integrar datos de la capacidad de reciclaje recopilados en el último censo agrícola y generen información estadística precisa (INEI, 2021). Actualmente, no existe calidad, confiabilidad ni disponibilidad de información en referencia al tema de carbón activado.

- **Tecnología e investigación y desarrollo (T)**

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022), el aspecto tecnológico en la industria de saneamiento está relacionado con los procesos industriales (Publicación de las Naciones Unidas, 2022), utilizando materiales porosos como el carbón activado, el tipo de materia prima utilizada frecuentemente es la biomasa. Se ha clasificado el carbón activado en dos categorías: los convencionales, que utilizan tecnologías actuales aplicadas a biomasa y las no convencionales que usan residuos sintéticos que están impactando negativamente al ecosistema como botellas de plástico (Malode et al., 2023). En la **Tabla 2** se presentan los nombres de los carbones activados



generados por diversos desperdicios, mientras que en la **Tabla 3** se listan las características del tipo de carbón activado obtenido. Se espera que estos últimos sean la guía para seguir en el futuro. El no hacer uso de residuos plásticos de un solo uso viene generando problemas ecológicos que están conllevando a extinciones de especies especialmente marinas.

Es importante destacar el progreso y adecuación de estas tecnologías en el sector privado, instituciones de investigación y universidades bajo el apoyo económico de fondos PROCENCIA (Antiguamente conocido como FONDECYT), en el campo de producción de carbón activado, empezando a mostrar un alto índice de innovación y adopción de tecnología (VRI, 2022).

3.7.3.2 Matriz Evaluación de Factores Internos (MEFI).

La **Tabla 38** muestra la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI), en la cual se utilizaron valores del 1 al 4 para representar el grado de respuesta basado en el análisis realizado. Para la industria peruana de carbón activado, el resultado obtenido fue de 3,09; lo que indica que este sector es fuerte, ya que se encuentra por encima del promedio. Esta tabla esta alineada al plan estratégico del desarrollo nacional al 2050 de Perú (Decreto Supremo No 095-2022-PCM., 2022).

Tabla 38

Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI)

Factores determinantes de éxito		Peso	Valor	Ponderación
Fortalezas				
1	Las entidades cumplen normas ambientales a través de certificación, evaluación, supervisión y fiscalización.	0,1	4	0,4
2	Empresas peruanas calificadas para establecer plantas de carbón activado.	0,09	3	0,27
3	Inversión incurrida, equipos que puedan escalar en magnitud sin adicionar mucha inversión.	0,1	4	0,21
4	Se disponen de instalaciones para reciclar botellas de un solo uso y tienen acceso a proveedores.	0,06	3	0,18
5	Procesos productivos simples en la producción de carbón activado.	0,15	4	0,6
6	Existencia de suficiente mano de obra para la producción de carbón activado.	0,09	4	0,36
7	Soluciones técnicas y tecnológicas para el uso de residuo de plástico de un solo uso.	0,09	4	0,36
		0,68		2,57
Debilidades				
1	Deterioro de los ecosistemas y una gestión inadecuada de los desechos.	0,08	1	0,08
2	Dificultad para encontrar áreas destinadas al reciclaje y almacenamiento de residuos plásticos de un solo uso.	0,04	2	0,08
3	Escaso avance a nivel nacional en el campo de la innovación y tecnología del carbón activado.	0,05	2	0,1
4	Deficiencias en el proceso productivo de las compañías que conforman la industria.	0,07	2	0,14
5	Elevados gastos asociados al uso de biomasa o residuos de plástico en buen estado.	0,04	1	0,04
6	Ausencia de sistemas de información y comunicación que generen estadísticas útiles para la industria de carbón activado	0,04	2	0,08
		0,32		0,52
Total		1		3,09

Si la nota es: 1= debilidad mayor, 2= debilidad menor, 3= fortaleza menor y 4= fortaleza mayor

3.7.4 Intereses de la Industria y Objetivos de Largo Plazo

3.7.4.1 Intereses de la Industria.

Para la industria de carbón activado en Perú, se han identificado los siguientes objetivos organizacionales (OO):



OO1: Mejorar los procesos de producción de la industria de carbón activado mediante el desarrollo de infraestructura y la investigación, con el propósito de disminuir la utilización de recursos naturales y minimizar la generación de residuos plásticos.

OO2: Establecer una colaboración efectiva con las entidades gubernamentales para trabajar conjuntamente en el avance de la industria, enfocándose en la optimización y reducción del manejo de residuos.

OO3: Investigar y evaluar la viabilidad de implementar tecnología avanzada empleada por líderes internacionales en la industria, adaptándola al contexto nacional.

OO4: Generar conciencia en la población de Perú acerca de la relevancia de consumir productos que incorporen carbón activado de manera directa e indirecta, producidos bajo los principios de la economía circular, informándoles sobre sus beneficios.

OO5: Alcanzar niveles elevados de productividad para reducir los costos de manufactura y aumentar la viabilidad económica del negocio.

En la **Tabla 39** se presenta la Matriz de Intereses de la Organización/Industria (MIO), que muestra diversos organismos tanto gubernamentales como privados relacionados con la industria de carbón activado. La tabla evalúa la intensidad de los intereses y si estos se alinean o se oponen a los intereses de la industria carbón activado.

Tabla 39

Intereses de la Organización/Industria (MIO)

	Interés organizacional	Intensidad de interés		
		Vital (peligroso)	Importante (Serio)	periférico (Molesto)
I01	Desarrollar infraestructura e investigación que mejoren los procesos productivos, reduciendo los residuos de plástico de un solo uso.	Ministerio de Energía y Minas Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente	Ministerio de Economía y Finanzas	Universidades nacionales y privadas
I02	Lograr una colaboración efectiva con las agencias gubernamentales para trabajar juntos en el desarrollo de la industria bajo el enfoque de las 3R.	Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente		Gobiernos regionales
I03	Realizar investigaciones sobre tecnología y procesos de punta empleados por líderes de la industria a nivel internacional y evaluar su implementación en la industria nacional.	Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente	Ministerio de Economía y Finanzas	Universidades nacionales y privadas
I04	Promover la sensibilización entre la población de Perú acerca del consumo de productos que involucran tanto directa como indirectamente el uso del carbón activado, siguiendo los principios de la economía circular.	Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente, Otras industrias de reciclaje		Gobiernos regionales
I05	Alcanzar altos niveles de productividad para reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad del negocio.	Ministerio de Trabajo y promoción de empleo, Ministerio de producción	Ministerio de Economía y Finanzas	Gobiernos regionales

3.7.4.2 Potencial de la Industria.

El análisis del potencial de la industria puede ser abordado desde la perspectiva de la economía circular, tomando en cuenta varios aspectos internos relacionados al Plan estratégico de desarrollo Nacional al 2050 de Perú (Decreto Supremo No 095-2022-PCM., 2022). Estos aspectos comprenden:

1. Demográfico: La industria de carbón activado en Perú podría verse beneficiada por los cambios demográficos en el país, los cuales resultarían en una mayor disponibilidad de mano de obra debido al incremento en la población en edad laboral.
2. Geográfico: Dada la extensión del país y su ubicación estratégica para el comercio, el desarrollo de la industria de carbón activado en Perú como una opción para la purificación de agua tendría el potencial de reducir significativamente la contaminación ambiental asociada con el sector saneamiento, salud y belleza.



3. Económico: El crecimiento económico que el país ha experimentado en los últimos años, así como su apertura a inversiones extranjeras, sugieren que la industria de carbón activado en Perú podría recibir un impulso adicional debido a la favorable posición de la nación en la región.
4. Tecnológico - Psicológico - Sociológico: Aunque el nivel tecnológico puede ser limitado en el país, se observan señales de cambios en los patrones de consumo y aspiraciones de la población, lo que podría favorecer la industria de carbón activado. Además, manifestaciones de mayor autonomía en el estilo de vida y una mayor participación de la mujer pueden tener un impacto positivo en el negocio.
5. Organizacional - Administrativo: La falta de una asociación que agrupe a las empresas de la industria de carbón activado en Perú resalta la importancia de centrarse en este aspecto para proteger los intereses del sector ante posibles situaciones desfavorables.

La consideración de estos cinco ámbitos proporciona una visión integral y una comprensión más completa del potencial de la industria peruana de carbón activado en el contexto de la economía circular.

3.7.4.3 Principios Cardinales de la Industria.

Son guías fundamentales que permiten examinar cuestiones externas relevantes para el negocio estudiado. En base a esto, se realiza la siguiente evaluación:

Influencia de terceras partes: Existen cuatro grupos que deben interactúan activamente con la industria peruana de carbón activado: los ministerios (MINAM y MINEM), los gobiernos regionales, los recicladores por sector o región y los mayoristas. Estos grupos tienen roles importantes en la regulación, fiscalización y comercialización de carbón activado. A medida que avance la economía circular, pueden experimentar cambios significativos.

Lazos pasados y presentes: La industria de carbón activado en Perú ha tenido un pasado marcado por el desinterés de las autoridades locales y la implementación obligatoria de normas ambientales. En la actualidad, la industria ha experimentado un crecimiento con varias fábricas produciendo aplicaciones, aunque también enfrenta desafíos debido a las acciones de los mayoristas que han optado por importar carbón activado con dumping, lo que afectó negativamente al mercado local. El uso de residuo y



biomasa es una oportunidad para la economía circular, pero también presenta competencia con otros sectores.

Contrabalance de intereses: Los intereses de la industria de carbón activado están alineados con los del Estado, que busca cuidar el medio ambiente, sin embargo, estos intereses están en oposición a industrias alimentarias y al sector de reuso de plásticos, considerándolo una amenaza para su propio desarrollo local.

Conservación de enemigos: Hasta el momento, no hay disposiciones legales relacionadas carbón activado. Sin embargo, con el impulso de la economía circular, existe la posibilidad de que la competencia se intensifique y que la industria de carbón activado se vea afectada si no avanza rápidamente para responder a estos cambios.

En resumen, los principios cardinales de la industria de carbón activado en Perú deben considerar el avance hacia la economía circular y la competencia con otras industrias que utilicen los residuos plásticos y biomásas, para garantizar un desarrollo sostenible y exitoso en el futuro.

3.7.4.4 Objetivos de Largo Plazo.

Los objetivos a largo plazo (OLP) están en consonancia con la visión establecida por el sector de carbón activado en Perú para el año 2030 (ver sección 3.7.1.1) así como del plan estratégico de desarrollo nacional al 2050 de Perú (CEPLAN). Esta visión busca posicionar a la UNI como uno de los principales referentes en el Perú en la producción de carbón activado con enfoque en economía circular.

OLP1: Incrementar la producción anual de carbón activado desde los niveles registrados en 2023 hasta alcanzar mayores exportaciones que las importaciones, para el año 2030. Este objetivo busca consolidar el sector local de carbón activado, contribuyendo al desarrollo de la economía circular y reduciendo la importación de carbón activado.

OLP2: Mitigar los gases de efecto invernadero derivadas de la producción de residuos plásticos, así como la quema de estas; a través de mejoras en la tecnología para la producción de carbón activado peruano (lavador de gases).

OLP3: Incrementar la rentabilidad anual de los inversionistas en la producción de carbón activado desde niveles negativos hasta alcanzar un 5% para carbón activado para el año 2034, buscando mejorar los aspectos financieros de la industria para atraer nuevos capitales y fomentar su desarrollo, con la implementación de la economía circular.

OLP4: Implementar un fondo de US\$ 2 millones (provenientes de la venta del producto) en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de la industria para el año 2033. Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en la industria, buscando mejorar los costos promedios de producción de carbón activado y aprovechando el incremento sostenido de la demanda interna y los precios de carbón activado.

3.7.5 El Proceso Estratégico

3.7.5.1 *Matriz Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas (MFODA).*

En la **Tabla 40** se presenta la Matriz FODA, que es una herramienta que utiliza la información recopilada para analizar y discutir de manera. Esta matriz contiene cuatro tipos de estrategias:

Estrategias FO (Fortalezas - Oportunidades):

E1: Establecer alianzas estratégicas con empresas del sector.

E2: Establecer alianzas con gobiernos regionales y municipales para la utilización de residuos plásticos de un solo uso.

E3: Desarrollar mercados internacionales.

E4: Penetrar en el mercado nacional.

Estrategias DO (Debilidades - Oportunidades):

E5: Invertir en investigación y desarrollo (I&D) en carbón activado.

E6: Incrementar la productividad.

E7: Reutilizar los residuos plásticos y biomasa.

E8: Utilizar terrenos por zonas o municipios para la recolección de plásticos de un solo uso

Estrategias FA (Fortalezas - Amenazas):

E9: Mitigar los impactos climáticos con un producto verde.

E10: Implementar programas de responsabilidad social con el ambiente.

E11: Gestionar los riesgos financieros.

Estrategias DA (Debilidades - Amenazas):

E12: Mantener información nacional actualizada sobre los procesamientos verdes del carbón activado.

E13: Gestionar estudios de impacto ambiental en zonas donde se elaborará carbón activado.

E14: Difundir los beneficios de la producción y aplicaciones del carbón activado.



E15: Contratar personal cercano a la planta de carbón activado.

Estas estrategias están diseñadas para abordar las combinaciones de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se han identificado previamente, con el objetivo de tomar decisiones informadas y eficientes en el desarrollo de la industria de carbón activado en Perú.

Tabla 40

Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (MFODA)

		Fortalezas	Debilidades
		<ol style="list-style-type: none"> 1 Las entidades cumplen normas ambientales a través de certificación, evaluación, supervisión y fiscalización. 2 Empresas peruanas calificadas para establecer plantas de carbón activado. 3 Inversión e implementación parcialmente reducidas. 4 Las empresas del sector disponen de instalaciones para reciclar botellas de un solo uso y tienen acceso a proveedores de biomasa. 5 La producción de carbón activado no requiere procesos productivos complejos. 6 Existencia de suficiente mano de obra adecuada para las actividades productivas del negocio 7 Soluciones técnicas y tecnológicas para el uso de residuo plástico de un solo uso 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Deterioro de los recursos naturales y una gestión inadecuada de los desechos. 2 Limitadas áreas destinadas al reciclaje y almacenamiento de biomasa. 3 Escaso avance a nivel nacional en el campo de la innovación y tecnología del carbón activado. 4 Deficiencias en el proceso productivo de las compañías que conforman la industria. 5 Elevados gastos asociados al uso de biomasa o residuos de plástico en buen estado. 6 Carencia de sistemas de información y comunicación que generen estadísticas útiles para la industria de carbón activado
Oportunidades		FO-EXPLOTE	DO-BUSQUE
1	El gobierno muestra interés en la producción de carbón activado a nivel nacional.	1 Establecer alianzas estratégicas con empresas del sector. (F1, F2, F3, F5, O1, O2, O3, O4, O5, O8).	1 Invertir en I&D en la producción de carbón activado. (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, O1, O3, O4, O5, O8).
2	Existe una Política Nacional del Ambiente que promueve la economía circular.	2 Establecer alianzas con gobiernos regionales, y municipales para la utilización de residuos plásticos de un solo uso. (F1, F3, O1, O3, O6, O8).	2 Incrementar la productividad. (D1, D4, D5, D6, D7, O1, O5, O6, O8).
3	Tratamiento insuficiente de residuos de plástico no utilizados en su totalidad.	3 Desarrollar mercados internacionales. (F1, F3, F4, O1, O4, O5, O7)	3 Reutilizar los residuos. (D1, D2, D3, D4, D5, O1, O2, O3, O4, O5, O6, O8)
4	Avances tecnológicos referentes al tratamiento de residuos no aprovechados.	4 Penetrar en el mercado nacional. (F1, O1, O2, O5, O6, O8)	4 Utilizar terrenos por zonas o municipios para la recolección de plásticos de un solo uso. (D3, D4, O1, O6, O7, O7, O8).
5	Mercado de carbón activado tiene un gran potencial de crecimiento.		
6	Precios de venta de carbón activado con tendencia al alza.		
7	Existencia de condiciones macroeconómicas estables.		
8	Sistemas de reciclaje por municipalidades de plástico de un solo uso.		
Amenazas		FA-CONFRONTE	DA-EVITE
1	Limitaciones debido a los impactos en el ecosistema nacional.	1 Mitigar los impactos climáticos con un producto verde (F1, F6, A5)	1 Mantener información nacional actualizada sobre los procesamientos verdes del carbón activado. (D4, A5)
2	Presencia de sustitutos en el sector de salud y belleza.	2 Implementar programas de responsabilidad social con el ambiente (F1, A2, A4)	2 Gestionar estudios de impacto ambiental en zonas donde se elaborará carbón activado. (D1, A1, A4)
3	Volatilidad en los precios internacionales del carbón activado.	3 Gestionar los riesgos financieros. (F1, A3)	3 Difundir los beneficios de la producción y aplicaciones del carbón activado. (D2, D3, D4, D6, A1, A4)
4	Escaso desconocimiento en las comunidades locales sobre el uso de nuevas tecnologías relacionadas con el carbón activado.		4 Contratar personal cercano a la planta de carbón activado. (D5, D6, A4)
5	Vulnerabilidad e intermitencia del sistema de reciclaje nacional.		

3.7.5.2 Matriz Boston Consulting Group (MBCG).

La **Figura 19** presenta la matriz BCG que muestra la relación entre la participación del mercado y la tasa de crecimiento de materiales utilizados en el tratamiento de agua. Esta matriz nos ayuda a formular estrategias en función del cuadrante en el que se encuentren los productos. El carbón activado se encuentra en el cuadrante de la estrella según la información recogida por la sección de amenaza por sustitutos **Tabla 41**, lo que significa que son productos que generan liquidez, pero necesitan una alta inversión para conseguir consolidar su posición en el mercado. Esto indica que existen oportunidades óptimas para un crecimiento a largo plazo en este segmento. Las resinas de intercambio iónico y zeolitas funcionalizadas se ubica en el cuadrante de interrogación, no se conoce cuál va a ser su evolución. Como producto “vaca” se tienen a los materiales cloro, bromo, etc. que generan liquidez y requieren pocas inversiones.

Las estrellas son productos que tienen una alta participación en el mercado y un alto crecimiento del mercado. Aquí hay algunas estrategias clave para mantener un producto como una estrella en la matriz BCG:

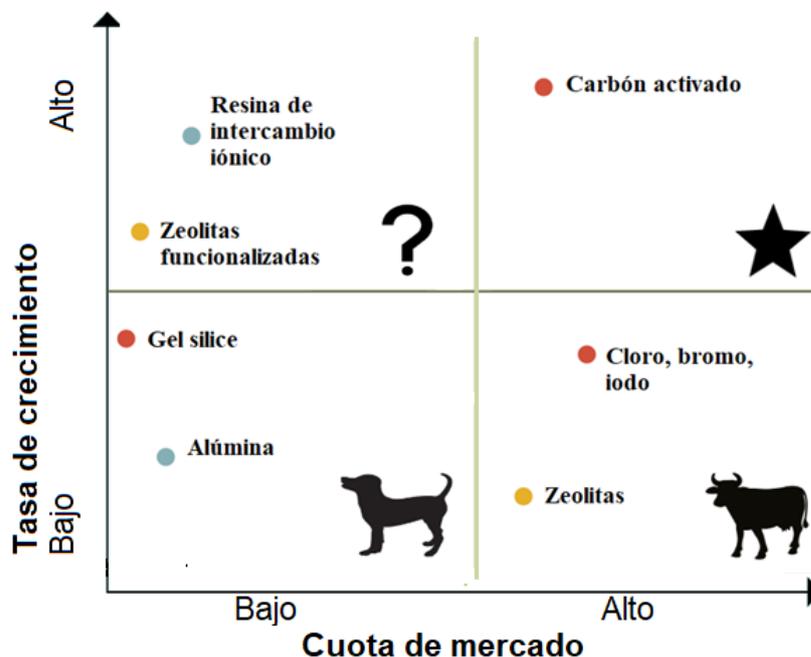
- Inversión continua: Dado que las estrellas tienen un alto potencial de crecimiento, es importante invertir en su desarrollo y expansión. Esto puede incluir la introducción de mejoras, nuevas características o versiones del producto para mantener su ventaja competitiva.
- Expandir la cuota de mercado: Las estrellas suelen tener una alta participación en el mercado, pero aún hay margen para aumentarla. Las estrategias de marketing y ventas deben centrarse en aumentar la cuota de mercado y la penetración de productos.
- Innovación constante: Para mantenerse como una estrella, es esencial seguir innovando y adaptándose a las cambiantes demandas del mercado. La investigación y el desarrollo continuos son cruciales para mantener la relevancia y la competitividad.
- Desarrollar alianzas estratégicas: Pueden establecerse alianzas con otras empresas o instituciones que tengan recursos complementarios para acelerar el crecimiento y la expansión del producto.

En resumen, mantener un producto como estrella en la matriz BCG requiere estrategias en fortalezas y oportunidades (FO) y debilidades y oportunidades (DO).

El carbón activado es el producto estrella y se refiere a inversiones que generan significativamente más efectivo, convirtiéndose así en una opción atractivas para que nuestra entidad destine sus recursos financieros. Generalmente, estos productos son líderes en el mercado y son excelentes impulsores de las ventas. Sin embargo, es crucial reconocer que la condición de Estrella no es permanente debido a la dinámica del mercado y las considerables inversiones que demandan. Las características distintivas de una Estrella incluyen un alto crecimiento, una participación destacada en el mercado, flujos de dinero estables y la necesidad de inversiones considerables, a menudo requiriendo una estrategia de posicionamiento eficaz. A pesar de su brillo intenso, existe el riesgo de que algunas Estrellas estén cerca del final de su ciclo de vida, por lo que es esencial identificar y gestionar adecuadamente las inversiones en esta situación, con un estudio y reacomodo de estrategias direccionadas a sus FO y DO.

Figura 19

Matriz Boston Consulting Group para materiales utilizados en el tratamiento de agua.



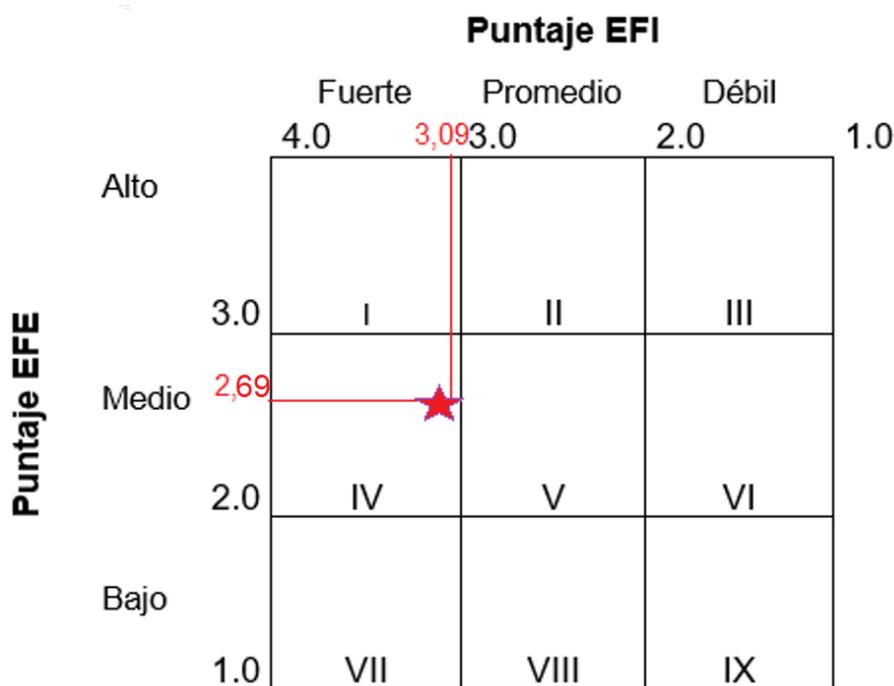
3.7.5.3 Matriz Interna Externa (MIE).

La **Figura 20** muestra la Matriz Interna Externa (MIE), donde se identifica que el sector se encuentra en la posición IV. Esto se debe a que el puntaje ponderado del análisis externo (EFE) es de 2,69 y el puntaje ponderado del análisis interno (EFI) es de 3,09. Si el

resultado se encuentra ubicados en el cuadrante I, II y IV, nos indica que hay crecimiento y construcción es decir existen estrategias FO de la matriz FODA, como: Establecer alianzas con gobiernos regionales y municipales para la utilización de residuos plásticos de un solo uso; desarrollar mercados internacionales y penetrar en el mercado nacional.

Figura 20

Matriz Interna Externa (MIE).



3.7.5.4 Matriz de Decisión Estratégica (MDE).

En la **Tabla 41** se muestra la Matriz de Decisión Estratégica (MDE), la cual recopila todas las estrategias generadas en las matrices anteriores. Posteriormente, se procede a evaluar cada estrategia de manera individual, considerando al menos tres repeticiones para que sea tomada en cuenta.

Se debe recordar que en esta matriz quedarán dos grupos de estrategias: (a) las retenidas, que fueron la E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 y E11, las cuales serán aceptadas, así como empleadas en primera instancia, y (b) las contingentes, que fueron la E8, E9, E10,

E12, E13 E14 y E15, las cuales serán aceptadas, así como empleadas de manera condicional.

Tabla 41

Matriz de Decisión Estratégica (MDE)

	Estrategias retenidas	FODA	BCG	MIE	TOTAL
E1	Establecer alianzas estratégicas con empresas del sector.	X	X	X	3
E2	Establecer alianzas con gobiernos regionales y municipales para la utilización de residuos plásticos de un solo uso.	X	X	X	3
E3	Desarrollar mercados internacionales.	X	X	X	3
E4	Penetrar en el mercado nacional.	X	X	X	3
E5	Invertir en investigación y desarrollo (I&D) en carbón activado.	X	X	X	3
E6	Incrementar la productividad.	X	X	X	3
E7	Reutilizar los residuos plásticos de un solo uso.	X	X	X	3
E8	Utilizar terrenos por zonas o municipios para la recolección de plásticos de un solo uso.	X	X		2
E9	Mitigar los impactos climáticos con un producto verde.	X	X		2
E10	Implementar programas de responsabilidad social con el ambiente.	X	X		2
E11	Gestionar los riesgos financieros.	X	X	X	3
E12	Mantener información nacional actualizada sobre los procesamientos verdes del carbón activado.	X		X	2
E13	Gestionar estudios de impacto ambiental en zonas donde se elaborará carbón activado.	X		X	2
E14	Difundir los beneficios de la producción y aplicaciones del carbón activado	X	X		2
E15	Contratar personal cercano a la planta de carbón activado.	X		X	2

3.7.5.5 Matriz de Estrategias vs. Objetivos de Largo Plazo.

La **Tabla 42** presenta la Matriz de Estrategias vs. Objetivos de Largo Plazo, la cual muestra el grado de alineación entre cada una de las estrategias retenidas y los Objetivos de Largo Plazo (OLP) establecidos, cabe señalar que las estrategias van de la mano con el Plan estratégico de desarrollo Nacional al 2050 de Perú ^(Decreto Supremo No 095-2022-PCM., 2022), ver **Tabla**

A9.

Tabla 42

Matriz de Estrategias vs. Objetivos de Largo Plazo

	Estrategias	OLP1	OLP2	OLP3	OLP4
E1	Establecer alianzas estratégicas con empresas del sector.	X	X	X	X
E2	Establecer alianzas con gobiernos regionales y municipales para la utilización de residuos plásticos disponibles.	X			X
E3	Desarrollar mercados internacionales.	X	X	X	X
E4	Penetrar en el mercado nacional.	X	X	X	X
E5	Invertir en investigación y desarrollo (I&D) en carbón activado.	X	X		X
E6	Incrementar la productividad.	X	X	X	X
E7	Reutilizar los residuos plásticos y biomasa.	X	X	X	X
E11	Gestionar los riesgos financieros.	X	X	X	X

3.7.6 Implementación Estratégica

3.7.6.1 Objetivos de corto Plazo.

Los objetivos de corto plazo (OCP) son una parte crucial en la fase de implementación estratégica y desempeñan un papel fundamental para alcanzar tanto la visión como los Objetivos de Largo Plazo (OLP) establecidos. La coincidencia entre OCP y OLP impulsa estrategias para el éxito en la industria en economía circular, ver **Tabla 1, Anexo 4**. Objetivos deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y limitados en tiempo.

OLP1: Incrementar la producción anual de carbón activado desde los niveles registrados en 2016 hasta alcanzar mayores exportaciones que las importaciones, para el año 2030. Este objetivo busca consolidar el sector local de carbón activado, contribuyendo al desarrollo de la economía circular y reduciendo la importación de carbón activado.

Objetivo Corto Plazo 1.1 (OCP1.1): Ampliar el área de terreno disponible dentro de la UNI, para el inventario de la materia prima y evitar posibles escases de residuos plásticos de un solo uso en el mercado o las asociaciones de recicladores.

Objetivo Corto Plazo 1.2 (OCP1.2): Lograr armar un plan de reciclaje en las municipalidades de San Martín de Porres y Rímac, así como el fortalecer la asociación de recicladores de estos dos distritos para contribuir con mayor eficacia el desarrollo de la economía circular.

OLP2: Mitigar los gases de efecto invernadero derivadas de la producción de residuos plásticos, así como la quema de estas; a través de mejoras en la tecnología para la producción de carbón activado peruano.

Objetivo Corto Plazo 2.1 (OCP2.1): Aumentar en un 10% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la asociación de recicladores formalizados de los distritos de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2033.

Objetivo Corto Plazo 2.2 (OCP2.2): Incrementar en un 5% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la municipalidad de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2033.

OLP3: Incrementar la rentabilidad anual de los inversionistas en la producción de carbón activado hasta alcanzar un 5% para carbón activado para el año 2033, buscando mejorar los aspectos financieros de la industria para atraer nuevos capitales y fomentar su desarrollo, con la implementación de la economía circular.

Objetivo Corto Plazo 3.1 (OCP3.1): Establecer 1 alianzas anual con empresas nacionales del sector de saneamiento, salud y/o belleza para invertir en la producción de carbón activado a partir de los residuos de plástico desde el año 2024 hasta el año 2028 y 3 alianzas anuales desde el año 2028 hasta el año 2033.

Objetivo Corto Plazo 3.2 (OCP3.2): Reducir las emisiones plástico de un solo uso y gases efecto invernadero a partir de la implementación de un sistema de tratamiento de aire y gases desde el año 2032 hasta el año 2033, y realizar tratamiento de las aguas de lavado del plástico a partir de sistema de tratamiento desde 2029 y mantenerlo hasta el año 2030.

OLP4: Implementar un fondo de US\$ 0.5 millones (provenientes de la venta del producto) en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de la industria para el año 2030. Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en la industria, buscando mejorar los costos promedios de producción de carbón activado y aprovechando el incremento sostenido de la demanda interna y los precios de carbón activado.

Objetivo Corto Plazo 4.1 (OCP4.1): Aumentar las ventas anuales del carbón activado en un 10% desde el año 2026 hasta el año 2028, y en un 20% desde el año 2027 hasta el año 2033.

Objetivo Corto Plazo 4.2 (OCP4.2): Reducir el costo de producción por la mejora de tecnologías empleadas en síntesis como en ingeniería obtenidas a partir de trabajos de investigación cristalizados en tesis y artículos científicos indexados.

Objetivo Corto Plazo 4.3 (OCP4.3): Disminuir el costo de producción de carbón activado desde el año 2024 hasta el año 2029, para luego mantener una reducción anual en un 2% hasta el año 2033.

3.7.6.2 Recursos asignados a los Objetivos de corto Plazo.

Los recursos son elementos clave que asegurarán la implementación y cumplimiento exitoso de las estrategias, y su asignación adecuada se basa en los Objetivos de Corto Plazo (OCP). Estos recursos pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Recursos financieros, que se refieren principalmente a la capacidad económica necesaria, capital propio.
- Recursos físicos, que están vinculados a la infraestructura requerida, como terrenos para el reciclaje, fábricas de carbón activado, maquinaria y oficinas administrativas.
- Recursos humanos, relacionados específicamente con el personal necesario, como directivos, químicos, ingenieros físicos, ingenieros industriales, autoridades gubernamentales competentes y otros gestores de intereses.
- Recursos tecnológicos, que incluyen la capacidad computacional y científica necesaria, como programas informáticos y telecomunicaciones.

La industria peruana de carbón activado experimentara un desarrollo significativo debido a la aplicación de la economía circular en el país.

3.7.6.3 Políticas de cada Estrategia.

Las políticas desempeñan un papel crucial al delinear y acotar las estrategias de la industria peruana de carbón activado, y deben estar en consonancia con los valores fundamentales de la organización. Las políticas brindan un marco orientador para que todos los colaboradores y trabajadores puedan realizar sus tareas dentro del contexto nacional que promueve la economía circular.

Es fundamental resaltar que la visión es el punto de partida, del cual se derivan los objetivos de largo plazo, la consecución de estos objetivos requiere de estrategias que actúen como medios para alcanzarlos. Las políticas, delimitan las estrategias, asegurando que sigan un curso ordenado y coherente. De esta manera, las estrategias están

enmarcadas dentro de un contexto bien definido y no se llevan a cabo de manera desorganizada. Evitando el mal uso de recursos que tiene la finalidad de cumplir con los objetivos de corto plazo.

Estrategias retenidas con las siguientes políticas:

P1: Mantener una comunicación fluida y constante con las principales autoridades del Ministerio de Economía y Ministerio del Ambiente. P2: Trabajar de forma sostenida en la reducción del impacto en la biodiversidad nacional. P3: Fomentar relaciones institucionales con empresas interesadas en reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. P4: Promover la investigación y desarrollo de tecnología para la producción de carbón activado a nivel nacional. P5: Impulsar la reforestación a nivel nacional. P6: Estimular la inversión en el sector de carbón activado mediante alianzas con las principales entidades financieras y gubernamentales.

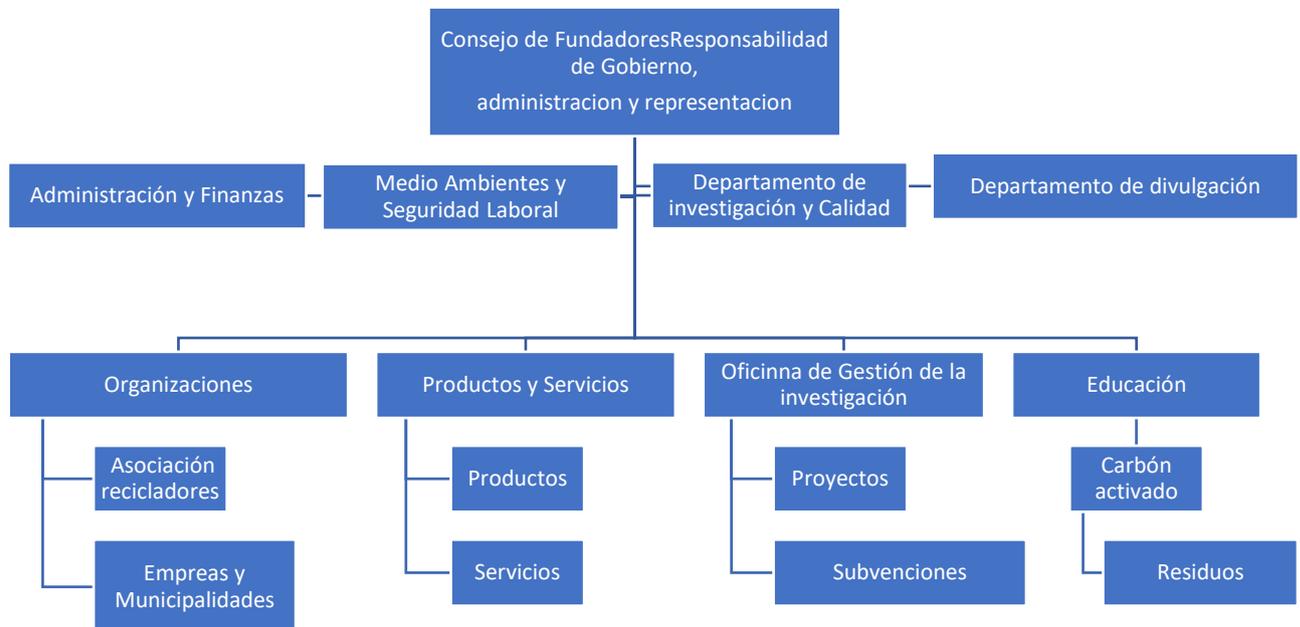
3.7.6.4 Estructura de la industria.

Se propone la creación de una asociación de empresas productoras de carbón activado con sede en el departamento de Lima. Esta asociación tiene como objetivo mejorar la competitividad de la industria y beneficiar a sus miembros al buscar conjuntamente soluciones a los problemas que afecten al sector. Para lograrlo, la asociación se involucrará en actividades como educación, investigación, divulgación, búsqueda de nuevas tecnologías y fomentando la colaboración con los stakeholders de nuestra cadena productiva.

En cuanto a las siete estrategias retenidas en la planta de producción de carbón activado, será necesario incorporar las mejores prácticas de otras realidades similares que han demostrado un desempeño favorable en el pasado. Países como Estados Unidos, Brasil o la Unión Europea pueden ser referentes relevantes, y se sugiere utilizar el benchmarking funcional como una herramienta valiosa para este propósito. En la **Figura 21** se presenta el organigrama propuesto para la producción de carbón activado.

Figura 21

Organigrama propuesto para la Asociación Nacional de Productores de Carbón activado.



3.7.6.5 Medio ambiente, Ecología y Responsabilidad Social.

En el ámbito ambiental y ecológico, la industria peruana de carbón activado debe cumplir con las disposiciones locales establecidas en la Ley 28611, conocida como Ley General del Ambiente. Esta ley tiene como objetivo proporcionar a los ciudadanos condiciones ambientales saludables, protegiendo la biodiversidad y garantizando el uso sostenible de los recursos naturales. Perú respeta lo establecido en el Protocolo de Kyoto, un acuerdo global que el Perú ha firmado y ratificado, y que busca reducir las emisiones de gases contaminantes relacionados con el calentamiento global. Es importante tener en cuenta que a medida que avanza el desarrollo de la economía circular, tanto en el país como en el mundo, las regulaciones ambientales serán más estrictas, con el fin de asegurar condiciones climáticas y ecológicas adecuadas para el funcionamiento de las industrias, sin que esto afecte el desarrollo económico de las naciones.

En el ámbito de la responsabilidad social, es crucial que el negocio en cuestión busque cumplir con algunas de las demandas de las comunidades cercanas a sus fábricas. Esto permitirá fomentar una relación armoniosa entre ambas partes y evitar conflictos que puedan afectar las actividades productivas, fortaleciendo indirectamente la economía circular en el país. Es decir, se podrán ampliar las iniciativas relacionadas con la responsabilidad social, lo que beneficiará tanto a la comunidad como a la industria.

3.7.6.6 Recursos humanos y Motivación.

Los recursos humanos y la motivación son aspectos fundamentales en cualquier empresa, incluyendo aquellas dedicadas a la producción de carbón activado. Estos elementos desempeñan un papel esencial en el logro de los objetivos organizativos y en el bienestar de los empleados.

Recursos Humanos: La gestión de recursos humanos involucra la adquisición, desarrollo y retención de talento en la empresa. Para una empresa de carbón activado, esto implica:

Selección y Contratación: Identificar y contratar a personas con habilidades y competencias adecuadas para operar en un entorno de producción especializado.

Formación y Desarrollo: Proporcionar capacitación para asegurarse de que los empleados estén al tanto de las últimas tecnologías y técnicas relacionadas con la producción de carbón activado.

Desarrollo de Carrera: Ofrecer oportunidades de crecimiento y avance profesional dentro de la empresa.

Clima Laboral: Fomentar un ambiente de trabajo positivo y colaborativo que motive a los empleados a dar lo mejor de sí.

Motivación: La motivación es clave para aumentar la satisfacción laboral y la productividad de los empleados. En una empresa de carbón activado, se pueden aplicar diversas estrategias motivacionales:

- **Reconocimiento y Recompensas:** Reconocer y premiar el desempeño excepcional y los logros de los empleados, ya sea con incentivos financieros o no financieros.
- **Participación en la Toma de Decisiones:** Involucrar a los empleados en la toma de decisiones relevantes para su trabajo, lo que les hace sentir valorados y parte importante del proceso.
- **Desarrollo Profesional:** Ofrecer oportunidades de formación y crecimiento que les permitan adquirir nuevas habilidades y avanzar en sus carreras.
- **Ambiente de Trabajo Agradable:** Crear un entorno laboral positivo que fomente el trabajo en equipo, la comunicación abierta y la colaboración.
- **Desafíos y Variedad:** Brindar tareas desafiantes y variadas para mantener el interés y la motivación de los empleados.

- Sentido de Propósito: Comunicar cómo el trabajo de cada empleado contribuye al éxito global de la empresa y a la sociedad en general.

En resumen, en una empresa de carbón activado, la gestión de recursos humanos y la motivación son cruciales para optimizar el rendimiento, la satisfacción y el bienestar de los empleados, lo que a su vez se traduce en un funcionamiento eficiente y exitoso de la organización. Los altos funcionarios de las organizaciones en este rubro deben involucrar a todos los trabajadores en el cumplimiento de los Objetivos de Corto Plazo (OCP) establecidos, fomentando la toma de decisiones y promoviendo la proactividad.

3.7.6.7 *Gestión del Cambio.*

El proceso de implementación estratégica conlleva cambios tanto en la estructura como en la cultura organizacional, para lo cual se sugiere seguir las siguientes acciones:

- Elaborar la estrategia de cambio: Diseñar un plan de acción con un calendario e indicadores específicos para la industria de carbón activado en Perú, considerando la implementación de la economía circular.
- Crear un sentido de urgencia: Identificar oportunidades, especialmente en el ámbito del transporte, y anticipar posibles escenarios de crisis para garantizar un suministro adecuado a los distribuidores.
- Formar un equipo directivo habilitado: Designar un grupo de ejecutivos y asesores para liderar las iniciativas de cambio y asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos.
- Desarrollar una visión de cambio: Buscar establecer una visión compartida que motive a todas las empresas involucradas en el sector.
- Comunicar la visión del cambio: Emplear diversos canales para comunicar de manera efectiva y oportuna la visión y las estrategias delineadas a los miembros internos de cada organización del sector.
- Habilitar a otros para lograr la visión del cambio: Empoderar a los empleados en cada compañía de biocombustibles para superar los desafíos diarios y contribuir al logro de la visión de la industria.

- Aprovechar ampliamente las tecnologías de la información y comunicación como facilitadoras: Dotar a los miembros de cada entidad de herramientas informáticas para impulsar el trabajo en equipo, y mejorar la tecnología utilizada en la producción de carbón activado.
- Aplicar constantemente el aprendizaje comparativo: Utilizar el benchmarking funcional para introducir prácticas internacionalmente reconocidas en la industria local.
- Externalizar cuando sea viable: Identificar los procesos estratégicos y clave del negocio, mientras que los procesos de apoyo, como la contratación de personal o el mantenimiento de sistemas, serán encomendados a proveedores externos.
- Planificar resultados y lograr éxitos tempranos: Establecer planes de incentivos relacionados con los Objetivos de Corto Plazo (OCP) para motivar a los trabajadores y mejorar su desempeño.
- Consolidar mejoras y fomentar más cambios: Ajustar de forma periódica la producción de carbón activado para reducir las emisiones contaminantes, manteniendo la seguridad alimentaria y la gestión responsable del agua.
- Institucionalizar los nuevos enfoques: Fomentar el desarrollo de líderes que contribuyan al éxito continuo del sector empresarial.

3.7.7 Evaluación Estratégica

3.7.7.1 *Perspectivas de Control.*

Utilizando el Tablero de Control Balanceado o *Balanced Scorecard* (BSC) en la industria peruana de carbón activado, y teniendo en cuenta el avance en la economía circular, se logrará integrar y medir el rendimiento de los Objetivos de Corto Plazo (OCP) desde las siguientes cuatro perspectivas: (i) aprendizaje y crecimiento (AC), (ii) procesos internos (PI), (iii) satisfacción del cliente (C) y (iv) desempeño financiero (F), como se muestra en la **figura 22**.

3.7.7.1.1 Aprendizaje interno. Según (Kaplan & Norton, 1997) la perspectiva del aprendizaje interno facilita el logro del desarrollo de capacidades y motivación de los empleados, así como en mejorar los sistemas de información. La industria peruana de carbón activado se enfocará en reducir el impacto ambiental en la biodiversidad y recursos

hídricos, y en coordinar con las autoridades para un adecuado ordenamiento territorial que no afecte negativamente sus operaciones.

3.7.7.1.2 Procesos. Esta perspectiva incorporar las demandas externas para traducirlas en acciones internas mediante medidas relacionadas principalmente con costos, calidad, producción y tiempo (Kaplan & Norton, 1997), cumpliendo expectativas de accionistas y clientes.

La industria peruana de carbón activado se enfocará en aumentar la productividad de los procesos de activación del carbón. Lo cual tendrá un impacto significativo en la alineación del proceso productivo con las especificaciones establecidas por la NTP para carbón activado.

3.7.7.1.3 Clientes. Esta perspectiva se vuelve valiosa para identificar los segmentos y clientes que generarán ingresos para alcanzar los objetivos financieros, y es crucial reconocer a los consumidores que valoran los productos ofrecidos dentro de los segmentos atendidos (Kaplan & Norton, 1997).

En el ámbito de los clientes, la industria peruana de carbón activado se esforzará en promover entre las autoridades competentes un aumento de las aplicaciones del carbón activado, como filtros, tratamiento de agua y sector belleza.

3.7.7.1.4 Finanzas. Los objetivos financieros son tomados en cuenta en esta perspectiva, que sirven como guía a largo plazo para el resto de los aspectos del BSC, destacando que toda organización busca principalmente resultados económicos, pero estos deben alinearse con consideraciones relacionadas con el sector, la competitividad y las estrategias (Kaplan & Norton, 1997).

En el ámbito financiero, la industria peruana de carbón activado se enfocará en establecer relaciones comerciales con un mayor número de mayoristas interesados en adquirir el carbón activado producido en el país. También buscará identificar nuevos segmentos de mercado interesados en utilizar alternativas energéticas no contaminantes para satisfacer sus necesidades de manera efectiva.

3.7.7.2 Tablero de control balanceado (*Balanced Scorecard*).

Tablero de Control Balanceado específico para la industria peruana de carbón activado ver la **Tabla 43**, teniendo en cuenta el avance en la economía circular. En esta

tabla, se presentan indicadores relacionados con cada Objetivo de Corto Plazo (OCP) establecido durante la etapa de implementación, y están agrupados según las cuatro perspectivas existentes.

En la **Tabla 44** se puede apreciar el plan de operaciones con descripción de las actividades y metas que se deben lograr en el año 2024, la actualización de metas debe ser anual. Entre las actividades más importantes a enfocarse se encuentra: Capacitar al personal para contar con personal especializado, medir la eficacia en el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo, mejorar la comunicación interna y compromiso de los trabajadores, implementar un modelo de gestión de lean manufacturing, optimizar la relación con los proveedores e implementar una estrategia de recojo de botellas de un solo uso.

En la **Tabla 45** se puede apreciar el plan de marketing con descripción de las actividades y metas que se deben en determinados periodos, la actualización de metas debe ser anual. Entre las actividades más importantes a enfocarse se encuentra: Sensibilización al cliente, visitas realizadas a los supermercados, realizar campañas publicitarias digitales frecuentes, promover el consumo de la marca ubicándolo en lugares estratégicos, desarrollar nuevas presentaciones de bolsas, asegurar la calidad de los productos, realizar encuesta a los consumidores finales frecuentemente.

La **Tabla 46 y 47** muestra el plan de acción económica financiera y plan de acción de administración de personal, las cuales presentan actividades y metas a cumplir.

La **Tabla 48** muestra la ruta estratégica que debe seguir nuestro plan estratégico, la cual esta alineada al plan estratégico de desarrollo nacional al 2050 de Perú (CEPLAN), la cual está relacionada a los objetivos de largo alcance, y los objetivos de corto alcance forman parte de las estrategias que debe aplicar nuestro plan estratégico y así alinearlas a los planes de acción en el área de operaciones, marketing, administración del personal y de economía – finanzas.

La **Figura 22** es la ruta estratégica planteada para mejorar el beneficio económico y financiero de la empresa.



Tabla 43
Tablero de control balanceado

Estrategias	Indicadores	Unidades	Medición	Responsables	Perspectiva de control
OCP1.1	Ampliar el área de terreno disponible dentro de la UNI, para el inventario de la materia prima y evitar posibles escases de residuos plásticos de un solo uso en el mercado o las asociaciones de recicladores.	Ratio de costos	US\$/ ha	Anual	Procesos Internos
OCP1.2	Lograr armar un plan de reciclaje en las municipalidades de San Martín de Porres y Rímac, así como el fortalecer la asociación de recicladores de estos dos distritos para contribuir con mayor eficacia el desarrollo de la economía circular.	Ratio de costos	US\$/ N° recicladores	Anual	Aprendizaje y Crecimiento
OCP2.1	Aumentar en un 10% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la asociación de recicladores formalizados de los distritos de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2034.	Volumen de ventas	US\$	Anual	Procesos Internos
OCP2.2	Incrementar en un 5% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la municipalidad de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2034.	Volumen de carbón activado/volumen materia prima	lt	Anual	Procesos Internos
OCP3.1	Establecer 1 alianzas anual con empresas nacionales del sector de saneamiento, salud y/o belleza para invertir en la producción de carbón activado a partir de los residuos de plástico desde el año 2024 hasta el año 2028 y 3 alianzas anuales desde el año 2028 hasta el año 2034.	Alianzas concretadas	N° alianzas	Anual	Financiero
OCP3.2	Reducir las emisiones plástico de un solo uso y gases efecto invernadero a partir de la implementación de un sistema de tratamiento de aire y gases desde el año 2032 hasta el año 2034, y realizar tratamiento de las aguas de lavado del plástico a partir de sistema de tratamiento desde 2029 y mantenerlo hasta el año 2030.	Volumen de emisiones reducidas	lt	Anual	*MINEM *MINAM
OCP4.1	Aumentar las ventas anuales del carbón activado en un 10% desde el año 2026 hasta el año 2028, y en un 20% desde el año 2027 hasta el año 2034.	Volumen de ventas	US\$	Anual	*MEF
OCP4.2	Reducir el costo de producción por la mejora de tecnologías empleadas en síntesis como en ingeniería obtenidas a partir de trabajos de investigación cristalizados en tesis y artículos científicos indexados.	Volumen de carbón activado/costo	US\$/	Anual	*Asociación de recicladores formalizado *Municipales de Lima
OCP4.3	Disminuir el costo de producción de carbón activado desde el año 2024 hasta el año 2029, para luego mantener una reducción anual en un 2% hasta el año 2034.	Volumen de carbón activado/costo	US\$/	Anual	Financiero



Tabla 44

Plan de acción de operaciones, descripción de las actividades y metas que se deben lograr en el año 2024

Objetivos & (Perspectiva de control)	Actividades	Indicador	Meta	Rango			Recursos	Tareas
				verde	amarillo	rojo		
Reducir en un 10 % los tiempos muertos en el proceso de producción en el 2024 (Aprendizaje y crecimiento)	Capacitar al personal para contar con personal especializado	<u>Nº trabajadores capacitados</u> Nº total de trabajadores	1	>0,9	<0,7-0,9>	<0,7	Equipo de RR.HH, presupuesto	Realizar evaluación de desempeño laboral. Dictar curso de talleres de adiestramiento para instruir al personal. Crear cursos de capacitación periódicos dirigidos al entrenamiento del personal que labora en la planta
	Medir la eficacia en el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo	<u>Nº mantenimientos ejecutados</u> Nº mantenimientos programados	0,9	>0,8	<0,6-0,8>	<0,6	Equipo de operaciones, Presupuesto	Realizar y/o actualizar los diferentes diagramas de flujo de los procesos. Realizar inventarios de los equipos existentes, cada uno en una ficha ERP. Revisar el último plan de mantenimiento, los KPIs y puntos en donde hay que mejorar
	Mejorar la comunicación interna y compromiso de los trabajadores	Nº trabajadores que conocen <u>los valores de la empresa</u> Nº total de trabajadores	1	>0,9	<0,7-0,9>	<0,7	Equipo de operaciones, Presupuesto	Crear cursos de capacitación periódicos dirigidos al entrenamiento del personal que labora en la planta
Disminuir la cantidad de desperdicios en el año 2024 (Cliente)	Implementar un modelo de gestión de lean manufacturing	<u>cantidad de requisitos cumplidos</u> cantidad de requisitos totales	1	>0,8	<0,5-0,8>	<0,5	Equipo de operaciones, Presupuesto	Diagnosticar el proceso productivo. Aplicar la mejora continua PDCA.
Reducir los costos de compra un 10 % en el año 2024 (Procesos internos)	Optimizar la relación con los proveedores	Nº pedidos recepcionados con las <u>condiciones negociadas</u> Nº total pedidos recepcionados	1	>0,9	<0,7-0,9>	<0,7	Equipo de operaciones, Presupuesto	Realizar una investigación del mercado. Negociar costos de adquisición. Establecer relaciones a largo plazo.
Aumentar en un 10% la eficiencia en los procesos de recojo al finalizar el año 2024 (Procesos internos)	Implementar una estrategia de recojo de botellas de un solo uso	<u>Nº items recogidos</u> Nº items por pedido	1	>0,8	<0,5-0,8>	<0,5	Equipo de operaciones, Presupuesto	Dividir el almacén en zonas múltiples. Acoplar el perfil SKUs la tecnología de almacenaje.

Tabla 45

Plan de acción de marketing, descripción de las actividades y metas que se deben lograr.

Objetivos (Perspectiva de control)	Actividades	Indicador	Meta	Rango			Tareas
				verde	amarillo	rojo	
Lograr reconocimiento de la marca en la industria eco amigable del 30 % del mercado meta en un año (Cliente)	Sensibilización al cliente	<u>Nº sensibilizaciones optimas</u> Nº total de sensibilizaciones	1	>0,9	<0,7-0,9>	<0,7	Realizar investigación de mercado para definir las tendencias de sensibilización.
	Visitas realizadas a los supermercados	<u>Nº visitas en el semestre</u> Nº total visitas en el semestre anterior	1	>0,9	<0,7-0,9>	<0,7	Definir la sensibilización a través de nuestros canales.
Lograr que el 50% de los clientes compren más de una vez al año (Cliente)	Realizar campañas publicitarias digitales frecuentes	<u>Nº visitas pag. web en el semestre</u> Nº total de visitas en el semestre anterior	1	>0,9	<0,6-0,9>	<0,6	Realizar investigación de mercado para definir las tendencias actuales de mercado meta.
	Promover el consumo de la marca ubicándolo en lugares estratégicos	<u>Nº tiendas que venden al semestre</u> Nº total de tiendas donde se colocó el producto en el semestre anterior	1	>1,1	<1,0-1,1>	<1	Planificar producción para temporadas de alta demanda.
Alcanzar el 20% de participación de mercado al quinto año de funcionamiento (Cliente)	Desarrollar nuevas presentaciones de bolsas	<u>Nº presentaciones al semestre</u> Nº nuevas presentaciones en el semestre anterior	1,5	>1,2	<1,0-01,2>	<1,0	Realizar investigación de mercado para definir las tendencias actuales de mercado meta. Evaluar la factibilidad de elaborar nuevas presentaciones. Analizar los resultados de la investigación.
Alcanzar nivel de satisfacción del 80% del cliente al finalizar el primer año de funcionamiento (Cliente)	Asegurar la calidad de los productos	<u>Estándares de calidad cumplidos</u> Estándares de calidad exigidos	1	>0,95	<0,85-0,95>	<0,85	Identificar la mayor cantidad de proveedores de botellas de un solo uso. Establecer un trato justo con los recicladores formalizados.
	Realizar encuesta a los consumidores finales frecuentemente	<u>Puntaje obtenido en la encuesta</u> Puntaje máximo de la encuesta	0,95	>0,8	<0,7-0,8>	<0,7	Elaborar encuestas, enviar encuestas a clientes. Analizar la data obtenida de las encuestas.

Tabla 46

Plan de acción económicas-financieras, descripción de las actividades y metas que se deben lograr.

Objetivos (perspectiva de control financiera)	Indicador	Meta	Rango		
			verde	amarillo	rojo
Aumentar la liquidez corriente en un 5% a partir del quinto año de operación.	Activo corriente/ pasivo corriente	5%	>5%	<3-5%>	<3%
Aumentar la capacidad de trabajo en 10% durante los 5 años de operaciones	Activo/pasivo	10%	>10%	<5-10>	<5%
Lograr una solvencia mayor a 1.2 a partir del séptimo año de operación	Activo/pasivo	1,2	>01,2	<1-1,2 >	<1

Tabla 47

Plan de acción de administración de personal, descripción de las actividades y metas que se deben lograr.

Objetivos (Aprendizaje y crecimiento)	Actividad	Indicador	Meta	Rango		
				verde	amarillo	rojo
Mantener número de accidentes laborales mensuales menor a 4 dentro de los 2 primeros años.	Generar condiciones para prevenir la ocurrencia de accidentes laborales	Nº accidentes semestrales/ Nº accidentes por falta de capacitación	0	0	<0-1>	>1
Mantener clima laboral positiva al menos del 90% de trabajadores dentro de los 2 primeros años.	Generar clima laboral optimo en toda la empresa	Nota de evaluación de encuesta	20	<16-20>	<10-16>	<10
Disminuir la rotación del personal en un 20% al finalizar el tercer año de funcionamiento	Fortalecer la retención del personal	Personal que renuncia/* personal total	0	>01,2	<1-1,2 >	<1
Lograr el 95 % de las capacitaciones programadas en los próximos 5 años	Asegurar el cumplimiento del plan de capacitación anual	Capacitaciones realizadas al año/ capacitaciones totales	1	>80%	<60-80% >	<60%
Contratar el 90% del personal capacitado proveniente de la UNI y zonas aledañas al finalizar el primer año	Realizar actividades para certificarse	Certificaciones aprobadas/certificaciones totales realizadas	1	1	1	0

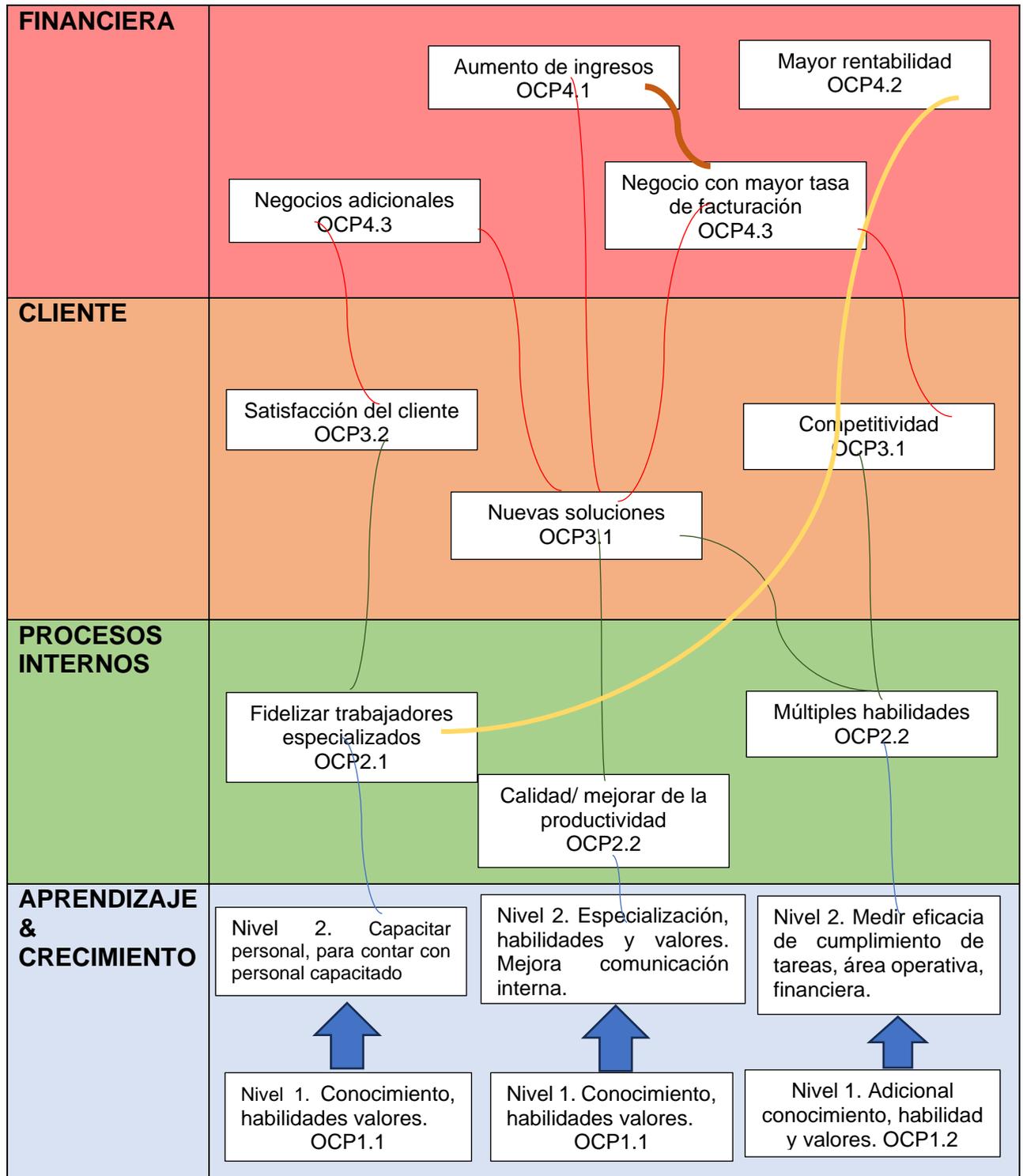


Tabla 48
Matriz de la ruta estratégica.

OBJETIVO a largo plazo	vinculación con Objetivos CEPLAN 2050	Objetivos a corto plazo			Estrategias	Plan de acción
OLP1	Objetivo 3. Ítem 3.5: Mejorar los niveles de articulación de los actores involucrados de los ámbitos públicos, privados y comunitarios en el territorio para una adecuada gestión de los servicios de saneamiento	Objetivo (OCP1.1)	Corto Plazo	1.1	E1, E3	Económica financiera y de Operaciones
	Objetivo 3. Ítem 3.1 y 3.2 Ampliar el acceso a servicios de saneamiento de calidad a la población del ámbito rural y urbano, con especial atención a las poblaciones vulnerables, y con la garantía de un acceso al agua segura y una adecuada disposición sanitaria de las excretas	Objetivo (OCP1.2)	Corto Plazo	1.2	E7	Operaciones
OLP2	objetivo 2. Ítem 4.2: Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos implementando acciones de conservación, protección y recuperación de los ecosistemas con el fin de recuperar su capacidad de producción de bienes y servicios para beneficio de la población	Objetivo (OCP2.1)	Corto Plazo	2.1	E2	Marketing y económica-financiera
	objetivo 2. Ítem 2.6: Recuperar oportunamente ante emergencias y desastres a la población afectada y damnificada, así como sus medios de vida	Objetivo (OCP2.2)	Corto Plazo	2.2	E7	Administración de personal y Operaciones
OLP3	objetivo 2. Ítem 6.1: Mejorar la gestión de los pasivos ambientales, eléctricos, mineros y de hidrocarburos, que afectan la calidad ambiental, en base a mecanismos de prevención y remediación efectivos	Objetivo (OCP3.1)	Corto Plazo	3.1	E5	Operaciones, económica-financiera
	objetivo 2. Ítem 2.1: Incrementar el conocimiento del riesgo de desastres en los tomadores de decisiones	Objetivo (OCP3.2)	Corto Plazo	3.2	E2, E5	Operaciones, marketing
OLP4	objetivo 3. Ítem 2.2: Ampliar la protección social de los trabajadores, con mecanismos y alternativas de aseguramiento en salud y cobertura de pensiones en base a la promoción, la difusión y la mejora de la regulación	Objetivo (OCP4.1)	Corto Plazo	4.1	E6	Administración de personal
	objetivo 3. Ítem 3.11: Alcanzar una producción industrial sostenible, bajo los principios de la economía verde y circular, en base al aprovechamiento del material de descarte y residuos industriales, prácticas ecoeficientes, la eliminación del uso de materiales tóxicos y emisión de	Objetivo (OCP4.2)	Corto Plazo	4.2	E6, E11, E4	Operaciones, económica-financiera
	objetivo 3. Ítem 3.1: Asegurar el manejo sostenible de los recursos hídricos para la agricultura, mediante el acceso a las tecnologías de riego tecnificado, el desarrollo de los proyectos de infraestructura agraria y el mejoramiento de la infraestructura de las juntas de usuarios	Objetivo (OCP4.3)	Corto Plazo	4.3	E7	Operaciones

Figura 22

El tablero de control balanceado vincula el aprendizaje con los resultados comerciales, siguiendo las cuatro perspectivas, aprendizaje y crecimiento, procesos internos, cliente y financiero.



CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

❖ Conclusiones

El problema de los residuos plásticos de un solo uso es evidente y preocupante, con su aumento constante y su impacto ambiental negativo. A pesar de los esfuerzos gubernamentales, la reducción en el consumo de estos plásticos ha sido mínima. Sin embargo, nuestra propuesta de convertir estos residuos en carbón activado, siguiendo principios de economía circular, parece una solución prometedora. Este enfoque no solo aborda la gestión de residuos, sino que también crea un producto valioso y rentable. Anualmente se producen toneladas de plástico en el país, un porcentaje termina en botaderos sin tratamiento alguno o en el mar, y solo un pequeño porcentaje se recicla. Adicionalmente, según las mediciones realizadas en el presente trabajo se estimó que aproximadamente se recolectan 66,7 kg semanales de las vías públicas de la UNI. Basada en esta problemática ambiental por el incremento en el consumo de residuos plásticos de un solo uso, se planteó aprovechar estos residuos en línea con la economía circular para producir carbón activado, producto de alto valor agregado. El análisis del estado del arte permitió determinar las mejores condiciones para la preparación de este material, para la cual se eligió el método de activación física con vapor de agua por ser más amigable con el medio ambiente. El análisis económico desarrollado estima que el proyecto es rentable bajo las características particulares propuestas en este trabajo. Según el análisis de sensibilidad se consideró un precio de venta del producto final terminado de 12,5 dólares por kg de carbón. Para los análisis financieros se consideró un horizonte de evaluación de 10 años, el valor positivo del VAN obtenido (203608) y una TIR (134%) mayor a la tasa de descuento (8,19%) indicaron que el proyecto es factible y se recomienda su ejecución, teniendo en cuenta que tiene un periodo de recuperación de la inversión inferior a un año si se considera un escenario pesimista en el cual se logre vender solo el 50% del producto terminado y se considera el precio del dólar en 3,78 soles.

La viabilidad económica del proyecto, respaldada por análisis financieros sólidos, indica que la producción de carbón activado es rentable y factible. Incluso en escenarios conservadores, el proyecto parece tener un rápido período de recuperación de la inversión. Además, el desarrollo de un plan estratégico con un enfoque en la economía circular demuestra una visión a largo plazo y una preparación para desafíos futuros.

Por otro lado, el plan estratégico con enfoque en economía circular desarrollado puede ofrecer una serie de beneficios que van más allá de la sostenibilidad ambiental y pueden impactar positivamente en la rentabilidad, la reputación y la competitividad de la organización. El diseño del plan estratégico ha sido estructurado y detallado para asegurarse de que sea efectivo y se pueda implementar con éxito. Para lo cual se definió la misión que refleja el compromiso con la economía circular. La visión describió el estado deseado a largo plazo y valores que guiaran la implementación de la estrategia, los cuales se basaron en la RR 0657-2017 de la Universidad Nacional de Ingeniería.

La evaluación externa (PESTEL) proporcionó información valiosa que se utilizó para ajustar y mejorar la estrategia y tomar decisiones informadas en la implementación del plan estratégico. Este análisis PESTEL proporcionó una visión general y actualizada de los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales, a pesar de que los factores políticos, legales y tecnológicos son desfavorables, tenemos más oportunidades que amenazas, con un puntaje de 2,69, el cual está por encima del promedio. Por otro lado, la industria y sus competidores muestra que, en las Cinco Fuerzas de Porter, el poder de negociación con los proveedores es una de las estrategias más fuertes que debe mantenerse en el tiempo. Adicionalmente, la Matriz de Perfil Competitivo (MPC), muestra que la industria de carbón activado está bien posicionada, siendo solo superada por la industria de gas natural. La Matriz de Perfil Referencial (MPR), comparó diferentes realidades en países que tienen una industria sólida de carbón activado, sin embargo, Perú está empezando y los factores de éxito serán indicadores de progreso los cuales están en armonía con los objetivos de CEPLAN 2050.

La evaluación interna ayudó a comprender la base interna de la organización y tomar decisiones a partir de los recursos y capacidades existentes, dando a conocer sus fortalezas y debilidades. El análisis interno AMOFHIT realizado, muestra que la sección la industria de carbón activado solo se basa en el área de Administración y gerencia es decir importación. Por otro lado, la matriz MEFI muestra un puntaje de 3,09 indicando un nivel de desempeño superior al promedio, esto quiere decir que se requiere un poco de claridad y enfoque con la misión.

Los intereses de la industria de carbón activado y los objetivos de largo plazo están alineados a los objetivos de Plan estratégico de desarrollo nacional al 2050 de Perú. El proceso estratégico fue desarrollado analizando las matrices MFODA, MBCG, MIE y MDE; para establecer una dirección clara, desarrollar estrategias efectivas, asignar recursos y



asegurarse de que la organización esté alineada y comprometida con el logro de sus objetivos a largo plazo. La implementación estratégica fue desarrollada analizando objetivos a corto plazo, políticas de cada estrategia, medio ambiente, recursos humanos y gestión del cambio. Finalmente se realizó una evaluación estratégica, para conocer cuál es la ruta estratégica por seguir, basándonos en el tablero de control balanceado, así como de planes de acción en cada área (operativa, marketing, administración de personal y económico-financiero). Lo cual se plasma en la **Figura 22**, que muestra que el aprendizaje y conocimiento del recurso humano es la base para el éxito para toda la entidad, gracias a ello los procesos internos se pueden desarrollar de manera eficiente, logrando la satisfacción del cliente, que significa desarrollo financiero positivo para la organización. El enfoque en el recurso humano y el aprendizaje continuo como base para el éxito empresarial destaca la importancia de la capacitación y el desarrollo del personal en este nuevo enfoque hacia la sostenibilidad y la economía circular.

En resumen, esta iniciativa no solo aborda la gestión de residuos, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental, ofrece oportunidades económicas y estratégicas, y demuestra un compromiso con la visión a largo plazo del desarrollo sostenible.

❖ **Recomendaciones.**

Se ha determinado que a nivel local poca atención se presta al reciclaje de residuos plásticos por parte del gobierno, situación alarmante debido al alto impacto ambiental que generan estos residuos. En línea con la Economía Circular se recomienda realizar un Plan de Gestión de Residuos Plásticos en Lima Metropolitana, que involucre la recolección, y generación de productos de alto valor agregado como carbón activado y algunos combustibles.

Aunque se han realizado investigaciones sobre la industria de carbón activado, falta una contribución sólida a su promoción en los sectores de saneamiento, salud y belleza. Se requiere la creación de un directorio actualizado de las Asociaciones de recicladores por distrito en Lima Metropolitana. Además de la capacitación y sensibilización a instituciones públicas y privadas, específicamente universidades, acerca de los residuos plásticos de un solo uso, sus usos, aplicaciones y aprovechamiento.

Es necesario realizar un análisis detallado del mercado para el carbón activado, incluyendo tendencias de consumo, competidores, demanda potencial y posibles nichos de mercado. Esto puede proporcionar información valiosa para ajustar la producción y estrategias de comercialización. Asimismo, explorar otras fuentes de residuos que puedan ser convertidos en productos de alto valor. Además del plástico, considerar otros desechos que puedan ser aprovechados dentro del concepto de economía circular. Que va de la mano de un análisis exhaustivo del ciclo de vida del proceso de conversión de residuos plásticos en carbón activado para comprender su impacto ambiental total y compararlo con otras alternativas. Esto puede ayudar a mejorar la sostenibilidad del proceso. Por lo tanto, se propone explorar nuevas tecnologías o métodos de conversión de residuos plásticos que puedan ser más eficientes, económicos y respetuosos con el medio ambiente, acompañado de colaboraciones y alianzas estratégicas en la búsqueda de oportunidades para colaborar con otras organizaciones, instituciones académicas o empresas en proyectos de investigación o desarrollo que promuevan la economía circular y la gestión sostenible de residuos.

Se recomienda establecer sistemas de seguimiento y evaluación para monitorear el progreso del proyecto y estar preparado para adaptarse a cambios en el entorno político, económico, tecnológico y ambiental. Implementar programas educativos y de sensibilización para involucrar a la comunidad, consumidores y partes interesadas en la importancia de reducir el uso de plásticos de un solo uso y fomentar prácticas sostenibles.



Estas recomendaciones pueden ayudar a fortalecer y expandir el enfoque hacia la economía circular, así como mejorar la gestión de residuos plásticos, generando un impacto más significativo y sostenible en el medio ambiente y en la sociedad en general.



REFERENCIAS

- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/J.EJPE.2018.07.003>
- Activos, P. del L. de. (2023). *Estadísticas UIF*. <https://www.sbs.gob.pe/prevencion-de-lavado-activos/Estadisticas-UIF>
- Adel, A., Jalali, R., & Khosravani, F. (2010). A hybrid approach to select business strategy. *Scientific Research Quarterly of Business Management Explorations*, 2(4), 124–143.
- Adsorption and Ion Exchange. (2005). *Chemical Process Equipment*, 523–554. <https://doi.org/10.1016/B978-075067510-9/50047-4>
- Alicia Cristina Martínez de Yuso Ariza. (2012). *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=77383>
- Allen, M. G. (1977). Diagramming GE's planning for What's Watt. *Planning Review*, 5(5), 3–9. <https://doi.org/10.1108/EB053813>
- Allio, R. J., & Pennington, M. W. (1979). *Corporate planning : techniques and applications*. https://archive.org/details/corporateplannin0000unse_q6h5
- Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2011). Material efficiency: A white paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 362–381. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2010.11.002>
- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2010). The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(1), 103–129. <https://doi.org/10.1016/J.PECS.2009.09.001>
- Analysis., M. report historical and forecast market. (2023). *Mercado de Carbón Activado, Tamaño, Cuota, 2023-2028*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-carbon-activado/toc>
- Andina, A. peruana de N. (2017). *Otass transfirió más de S/ 745 millones a 49 EPS para mejorar servicios de saneamiento | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-otass-transfirió-mas-s-745-millones-a-49-eps-para-mejorar-servicios-saneamiento-908330.aspx>
- Antonio, P. G. H., & Leon, T. F. T. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO*.
- Arabi, M. (2006). Manual of Strategic Planning. *Cultural Research Office, Tehran, Iran*.
- Bansal, R. C., & Goyal, M. (2005a). *Activated Carbon Adsorption*. <https://doi.org/10.1201/9781420028812>

- Bansal, R. C., & Goyal, M. (2005b). *Activated Carbon Adsorption*. <https://doi.org/10.1201/9781420028812>
- Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? *Libros de La CEPAL, N° 160*, 1–374. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45677>
- Bhattacharya, R. (2023). A review on production and application of activated carbon from discarded plastics in the context of 'waste treats waste.' *Journal of Environmental Management*, 325, 116613. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.116613>
- BID, B. interamericano de Desarrollo. (2021). *Perú modernizará su gestión financiera pública con un crédito de US\$74 millones del BID*. <https://www.iadb.org/es/noticias/peru-modernizara-su-gestion-financiera-publica-con-un-credito-de-us74-millones-del-bid>
- BID, B. interamericano de Desarrollo. (2022). *BID Lab financia startup peruana centrada en préstamos a micro y pequeñas empresas*. <https://www.iadb.org/es/noticias/bid-lab-financia-startup-peruana-centrada-en-prestamos-micro-y-pequenas-empresas>
- Bilitewski, B. (2012). The Circular Economy and its Risks. *Waste Management*, 32(1), 1–2. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2011.10.004>
- Bocken, N. M. P., Niessen, L., & Short, S. W. (2022). The Sufficiency-Based Circular Economy—An Analysis of 150 Companies. *Frontiers in Sustainability*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.899289>
- Bonett, D. C., Aguilar, A. S., Montoya Sánchez, L., Maza, M. C., & Salazar, G. G. (2022). *Variación de los indicadores de precios de la economía*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/10-informe-tecnico-variacion-de-precios-set-2022.pdf>
- Botello-Peñaloza, H. A., Guerrero-Rincón, I., Botello-Peñaloza, H. A., & Guerrero-Rincón, I. (2021). Modelo CAPM para valorar el riesgo de los inversionistas a partir de la información contable antes y después de las NIIF en los bancos de Colombia. *Entramado*, 17(1), 122–135. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/ENTRAMADO.1.7242>
- Broncano, H., Cornejo, P., Espinoza, W., & Ríos, P. (2015). *Plan Estratégico para la producción de biocombustibles en el Perú con enfoque de economía circular*.
- Capps, C. J., & Glissmeyer, M. D. (2012). Extending The Competitive Profile Matrix Using Internal Factor Evaluation And External Factor Evaluation Matrix Concepts. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 28(5), 1059–1062. <https://doi.org/10.19030/JABR.V28I5.7245>
- Carrillo Zamora, J. M., & Lembcke Berninzon, A. (2015a). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE CAFÉ*. Universidad de Lima.

- Carrillo Zamora, J. M., & Lembcke Berninzon, A. (2015b). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de elaboración de carbón activado a base de cáscara de café*.
- Carter, C. (2013). The Age of Strategy: Strategy, Organizations and Society. *Business History*, 55(7), 1047–1057. <https://doi.org/10.1080/00076791.2013.838030>
- Chaney, N. K., Ray, A. B., & John, A. S. (1923). The Properties of Activated Carbon Which Determine Its Industrial Applications. *Industrial and Engineering Chemistry*, 15(12), 1244–1255.
https://doi.org/10.1021/IE50168A013/ASSET/IE50168A013.FP.PNG_V03
- Chang, H. H., & Huang, W. C. (2006). Application of a quantification SWOT analytical method. *Mathematical and Computer Modelling*, 43(1–2), 158–169.
<https://doi.org/10.1016/J.MCM.2005.08.016>
- Chia, J. W. F., Sawai, O., & Nunoura, T. (2020). Reaction pathway of poly(ethylene) terephthalate carbonization: Decomposition behavior based on carbonized product. *Waste Management*, 108, 62–69. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.04.035>
- Chia, J. W. F., Sawai, O., & Nunoura, T. (2021). Production of carbon-based precursor from non-recyclable waste poly(ethylene) terephthalate: effect of multilayer structure on carbonized product. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(4), 1423–1430. <https://doi.org/10.1007/S10163-021-01223-6/METRICS>
- Chiavenato, I. (2017). *Comportamiento organizacional: la dinámica del éxito en las organizaciones*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.pe/books?id=nXQ1tAEACAAJ>
- Cifras del mundo y el Perú | Menos Plástico Más Vida. (n.d.). Retrieved July 26, 2023, from <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- CO2, sustain. (2022). *El problema del plástico en la industria de las bebidas | CO2Sustain*. <https://www.co2sustain.com/es/news/the-plastic-problem-in-the-beverage-industry/>
- Cocarbon | Compañía de Carbón Activado del Perú. (2023). <https://www.cocarbon.pe/>
- Congreso de la Republica del Peru. (1993). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ 1993*. <https://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>
- Corporación Perú Contable Tributaria. (2024). *¿Cuáles son las tasas de depreciación aceptadas por la Sunat? | Tributación*. <https://www.perucontable.com/tributaria/cuales-son-las-tasas-de-depreciacion-aceptadas-por-la-sunat/>
- Cossu, R. (2020). 'Closing the loop' of the circular economy and COVID19. Detritus.
- David, F. R. (1986). The strategic planning matrix—a quantitative approach. *Long Range Planning*, 19(5), 102–107. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(86\)90015-4](https://doi.org/10.1016/0024-6301(86)90015-4)
- De la Cruz, R., Dulanto, M., Encarnación, R., & Fernandez, J. (2015). *Planeamiento Estratégico de la Agricultura con Enfoque en Economía Circular*.

- de Sousa Santana, F. (2013). Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración por arbitraje (APT): Un test empírico en las empresas del sector eléctrico brasileño. *Cuadernos de Contabilidad*, 14(35), 731–746. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-14722013000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.-. (2017). In *Ministerio del Ambiente*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam/>
- Decreto Supremo N° 095-2022-PCM. (2022). *Plan estrategico desarrollo pais al 2050 Peru*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-estrategico-de-desarrollo-nacional-al-2050-de-peru>
- Den Hollander, M. C., & Bakker, C. A. (2012). *A business model framework for product life extension*.
- Desideriy, L., & Lanotte, M. (2022). Polymers and plastics: Types, properties, and manufacturing. *Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads*, 3–28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85789-5.00001-0>
- Dias, J. P. P., & Santos, M. A. (2022). Statistical modeling of diffusive CO₂ emissions before the creation of the SINOP hydroelectric reservoir, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e255268. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.255268>
- Doost Mohammadian, H. (2017). *Principles of Strategic Planning*.
- El reciclaje, factor clave para la transformación social*. (2021). *El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/122521-el-reciclaje-factor-clave-para-la-transformacion-social>
- EMR. (2023). *Análisis del Mercado de Carbón Activado*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-carbon-activado>
- Esther Gómez Cubillas, M., Renso Mendoza Carhuapuma Asistente Estadístico Tec Diego Medina Gonzáles, S., & Lic Rita Rocío Guzmán López, M. (n.d.). *CRÉDITOS DIRECCIÓN GENERAL*.
- Estructura Tarifaria - Informes y publicaciones - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Plataforma del Estado Peruano*. (n.d.). Retrieved August 5, 2023, from <https://www.gob.pe/institucion/sedapal/informes-publicaciones/3989288-estructura-tarifaria>
- Fadhil, A. B., Saeed, H. N., & Saeed, L. I. (2021). Polyethylene terephthalate waste-derived activated carbon for adsorptive desulfurization of dibenzothiophene from model gasoline: Kinetics and isotherms evaluation. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 16(2), e2594. <https://doi.org/10.1002/APJ.2594>
- Fernández, I., & Kekäle, T. (2005). The influence of modularity and industry clockspeed on reverse logistics strategy: Implications for the purchasing function. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 11(4), 193–205. <https://doi.org/10.1016/J.PURSUP.2006.01.005>

- Filtrshop. (2023). *Carbón activado mineral bituminoso, presentación de 25 kg.* - Filtrashop. <https://filtrashop.com/producto/carbon-activado-mineral-bituminoso-presentacion-de-25-kg/>
- Firth, J. B., & Watson, F. S. (1923). CXCVI.—The behaviour of activated sugar carbon in contact with hydrogen peroxide solution. *J. Chem. Soc., Trans.*, 123(0), 1750–1755. <https://doi.org/10.1039/CT9232301750>
- Flynn, A., & Hacking, N. (2019). Setting standards for a circular economy: A challenge too far for neoliberal environmental governance? *Journal of Cleaner Production*, 212, 1256–1267. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.11.257>
- Fuertes, G., Alfaro, M., Vargas, M., Gutierrez, S., Ternero, R., & Sabattin, J. (2020). Conceptual Framework for the Strategic Management: A Literature Review - Descriptive. *Journal of Engineering (United Kingdom)*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6253013>
- Galvis González, J. A. (2019). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región*, 22, 7–28. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>
- Ganjoo, R., Sharma, S., Kumar, A., Are[^]mouare[^], M. M., & Daouda, A. (2023). Activated Carbon: Fundamentals, Classification, and Properties. *Activated Carbon*, 1–22. <https://doi.org/10.1039/BK9781839169861-00001>
- García-Rodríguez, F. J., Castilla-Gutiérrez, C., & Bustos-Flores, C. (2013). Implementation of reverse logistics as a sustainable tool for raw material purchasing in developing countries: The case of Venezuela. *International Journal of Production Economics*, 141(2), 582–592. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2012.09.015>
- García-Rojas, L. M., Marquez-Montesino, F., Aguiar-Trujillo, L., Arauso-Perez, J., Carballo-Abreu, L. R., Orea Igarza, U., & Zanzi, R. (2009). Rendimiento de los productos de la descomposición térmica de la madera de Eucalyptus saligna Smith a diferentes alturas del fuste comercial. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(2), 147–154.
- Georgin, J., Netto, M. S., Franco, D. S. P., Piccilli, D. G. A., da Boit Martinello, K., Silva, L. F. O., Foletto, E. L., & Dotto, G. L. (2022). Woody residues of the grape production chain as an alternative precursor of high porous activated carbon with remarkable performance for naproxen uptake from water. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(12), 16988–17000. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16792-0>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.09.007>
- Global Plastics Outlook*. (2022). OECD. <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>
- Gob.pe. (2024). *Valor Remuneración Mínima Vital (sueldo mínimo)*. <https://www.gob.pe/476-valor-remuneracion-minima-vital-sueldo-minimo>

- Helena, C., & Sylvie, F. (2016). Strategy for SMEs in the area of primary agricultural production. *Agricultural Economics*, 62(9), 395–406.
- Henderson, B. (2012). The Experience Curve Reviewed. *Own the Future*, 211–214. <https://doi.org/10.1002/9781119204084.CH28>
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management. *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Hurtado Antonio, P. G., & Torre Leon, T. F. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de carbón activado a partir de cáscara de cacao. In *Repositorio Institucional - Ulima*. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/14321>
- Indecopi. (2023). *Dumping, subsidios y barreras al comercio*. <https://www.indecopi.gob.pe/cdb-que-hacemos>
- INEI, I. nacional de E. e I. (2021). *Estadísticas de las Tecnologías de información y comunicación en los hogares*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-tic-i-trimestre-2021.pdf>
- INEI, I. nacional de E. e I. (2023). *Encuesta Nacional de Programas presupuestales 2023 ENAPRES, Ficha técnica*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3530295/Ficha Técnica 2023.pdf?v=1676926235](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3530295/Ficha_Tecnica_2023.pdf?v=1676926235)
- Informe Regional América Latina y el Caribe Resumen ejecutivo 2018. (2018). *PROCESO REGIONAL DE LAS AMÉRICAS FORO MUNDIAL DEL AGUA 2018* (BID, Cepal). https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe_regional_america_latina_y_caribe.pdf
- IngenieríaOnline. (2023). *Código para análisis relacional. De Distribuciones de Muther*. <https://www.ingenieriaonline.com/distribuciones-de-muther/>
- Januszewicz, K., Cymann-Sachajdak, A., Kazimierski, P., Klein, M., Łuczak, J., & Wilamowska-Zawłocka, M. (n.d.). *materials Chestnut-Derived Activated Carbon as a Prospective Material for Energy Storage*. <https://doi.org/10.3390/ma13204658>
- Januszewicz, K., Cymann-Sachajdak, A., Kazimierski, P., Klein, M., Łuczak, J., & Wilamowska-Zawłocka, M. (2020). Chestnut-Derived Activated Carbon as a Prospective Material for Energy Storage. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 4658, 13(20), 4658. <https://doi.org/10.3390/MA13204658>
- Kajanus, M., Kangas, J., & Kurttila, M. (2004). The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism Management*, 25(4), 499–506. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(03\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(03)00120-1)
- Katsioloudes, M., & Abouhanian, A. K. (2016). *The strategic planning process: understanding strategy in global markets*. Routledge.

- Klaus, D. T., & Ronald, E. W. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineering. 5th International Edition McGraw Hill Book Company.*
- Kumari, M., Chaudhary, G. R., Chaudhary, S., & Umar, A. (2022). Transformation of solid plastic waste to activated carbon fibres for wastewater treatment. *Chemosphere*, 294, 133692. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.133692>
- Ley N.º 30884 - Normas y documentos legales - Congreso de la República - Plataforma del Estado Peruano. (n.d.). Retrieved July 26, 2023, from <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/1122664-30884>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.12.042>
- Lu, L.-T. (2017). Strategic planning for Xiaomi: smart phones, crisis, turning point. *International Business Research*, 10(8), 149.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23–44.
- Mackay, D., & Zundel, M. (2017). Recovering the Divide: A Review of Strategy and Tactics in Business and Management. *International Journal of Management Reviews*, 19(2), 175–194. <https://doi.org/10.1111/IJMR.12091>
- Malode, S. J., Shanbhag, M. M., Kumari, R., Dkhar, D. S., Chandra, P., & Shetti, N. P. (2023). Biomass-derived carbon nanomaterials for sensor applications. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 222(October 2022), 115102. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2022.115102>
- Manjakkal, L., Jain, A., Nandy, S., Goswami, S., Tiago Carvalho, J., Pereira, L., See, C. H., Pillai, S. C., & Hogg, R. A. (2023). Sustainable electrochemical energy storage devices using natural bast fibres. *Chemical Engineering Journal*, 465, 142845. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2023.142845>
- Mao, P., Li, S., Ye, K., & Cai, H. (2017). A Field Theory Based Model for Identifying the Effect of Organizational Structure on the Formation of Organizational Culture in Construction Projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-1233-7>
- Mason, R. O., Rowe, A. J., & Dickel, K. E. (1982). *Strategic Management and Business policy: A Methodological Approach*. Addison-Wesley.
- Masoud, E. Y. (2013). The Impact of Functional Competencies on Firm Performance of Pharmaceutical Industry in Jordan. *International Journal of Marketing Studies*, 5(3), p56. <https://doi.org/10.5539/IJMS.V5N3P56>
- Menéndez Díaz, J. Á., & Martín-Gullón, I. (2006). *Types of carbon adsorbents and their production*. 571. <https://digital.csic.es/handle/10261/95477>

- Menéndez-Díaz, J. A., & Martín-Gullón, I. (2006). Chapter 1 Types of carbon adsorbents and their production. *Interface Science and Technology*, 7, 1–47. [https://doi.org/10.1016/s1573-4285\(06\)80010-4](https://doi.org/10.1016/s1573-4285(06)80010-4)
- Mercado de Carbón Activado, Tamaño, Cuota, 2023-2028*. (n.d.). Retrieved August 10, 2023, from <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-carbon-activado>
- Miandad, R., Kumar, R., Barakat, M. A., Basheer, C., Aburizaiza, A. S., Nizami, A. S., & Rehan, M. (2018). Untapped conversion of plastic waste char into carbon-metal LDOs for the adsorption of Congo red. *Journal of Colloid and Interface Science*, 511, 402–410. <https://doi.org/10.1016/J.JCIS.2017.10.029>
- MINAM. (2017). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*, 85. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- Ministerio de energía y minas. (2020). *2020 Anuario Minero Reporte estadístico*.
- Ministerio de la Vivienda, C. y S. (MVCS). (2022). *Resolucion ministerial N°309- 2022- Vivienda*. file:///C:/Users/user/Downloads/RM%20309-2022-VIVIENDA.pdf.pdf
- Ministerio de vivienda, C. y Saneamiento. (2022). *Plan nacional de saniamiento de 2022 al 2026*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/2586312-399-2021-vivienda>
- Ministerio del Ambiente. (2019, July 31). *Ley N° 30884 regula consumo de bienes de plástico de un solo uso que generan riesgo para la salud pública y/o el ambiente*. <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ley-ndeg-30884-regula-consumo-bienes-plastico-un-solo-uso-que-generan>
- Ministerio del Ambiente. (2020a). *Asociaciones de Recicladores autorizadas para iniciar operaciones**. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1234953/Asociaciones_de_Reciclador es_formalizados_y_con_plan_operando_en_Lima_y_Callao.08.20.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1234953/Asociaciones_de_Reciclador_es_formalizados_y_con_plan_operando_en_Lima_y_Callao.08.20.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2020b). *Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-legislativo-que-modifica-decreto-legislativo-no-1278-que-aprueba>
- Mopoung, S., Moonsri, P., Palas, W., & Khumpai, S. (2015). Characterization and properties of activated carbon prepared from tamarind seeds by KOH activation for Fe (III) adsorption from aqueous solution. *The Scientific World Journal*, 2015.
- Morales-Paredes, C. A., Rodríguez-Díaz, J. M., & Boluda-Botella, N. (2022). Pharmaceutical compounds used in the COVID-19 pandemic: A review of their presence in water and treatment techniques for their elimination. In *Science of the Total Environment* (Vol. 814). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152691>

- Norma Técnica Peruana de Colores NTP 900.058.2019. (2019). In *Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos*. <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/norma-tecnica-peruana-de-colores-ntp-900-058-2019/>
- Nouri, J., Karbassi, A. R., & Mirkia, S. (2008). Environmental management of coastal regions in the Caspian Sea. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5, 43–52.
- Oh, H. T., Lim, S. J., Kim, J. H., & Lee, C. H. (2017). Adsorption Equilibria of Water Vapor on an Alumina/Zeolite 13X Composite and Silica Gel. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 62(2), 804–811. <https://doi.org/10.1021/acs.jced.6b00850>
- Oh, J., Kim, S. S., Lee, J., & Kang, C. (2021). Supercritical fluid flame-retardant processing of polyethylene terephthalate (PET) fiber treated with 9, 10-dihydro-9-oxa-10-phosphaphenanthrene-10-oxide (DOPO): Changes in physical properties and flame-retardant performance. *Journal of CO2 Utilization*, 54, 101761. <https://doi.org/10.1016/J.JCOU.2021.101761>
- Pazouki, M., Jozi, S. A., & Ziari, Y. A. (2017). Strategic management in urban environment using SWOT and QSPM model. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(2), 207–216.
- Pelin Ozpinar. (2022). *Activated carbons prepared from hazelnut shell waste by phosphoric acid activation for supercapacitor electrode applications and comprehensive electrochemical analysis*. https://www.researchgate.net/publication/358849428_Activated_carbons_prepared_from_hazelnut_shell_waste_by_phosphoric_acid_activation_for_supercapacitor_electrode_applications_and_comprehensive_electrochemical_analysis
- Perez Herrera, G. (2022). *Propuesta de instalación de una planta de carbón activado aprovechando drupa de aceituna para atender la demanda nacional*. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.
- Pérez-Huertas, S., Calero, M., Ligeró, A., Pérez, A., Terpiłowski, K., & Martín-Lara, M. A. (2023). On the use of plastic precursors for preparation of activated carbons and their evaluation in CO₂ capture for biogas upgrading: a review. *Waste Management*, 161, 116–141. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2023.02.022>
- Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. (2017). In *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- Policy, P. C. a W. C. R. (2023). *Organizational Conflict: A Review of the Literature*. <https://learn.saylor.org/mod/page/view.php?id=29749>
- Porter, M. (2008). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*: tr. from Eng. M.: *Alpina Biznes Buks*.
- Precio del Gas Natural en el Perú - Información Completa*. (n.d.). Retrieved August 1, 2023, from <https://www.preciocombustible.com/precio-del-gas-natural/>



- Presidente, J. V. (n.d.). *Reporte de Inflación Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2023-2024*.
- Prociencia. (2023). *Prociencia*. <https://prociencia.gob.pe/>
- Publicación de las Naciones Unidas. (2022). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). In *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48077/4/S2201058_es.pdf
- Quesada, L., Calero, M., Martín-Lara, M. A., Pérez, A., & Blázquez, G. (2019). Characterization of fuel produced by pyrolysis of plastic film obtained of municipal solid waste. *Energy*, 186, 115874. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2019.115874>
- Ramos, J. L., Monteiro, J. O. F., dos Santos, M. S., Labuto, G., & Carrilho, E. N. V. M. (2022). Sustainable alternative for removing pesticides in water: Nanommodified activated carbon produced from yeast residue biomass. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 29. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2022.100794>
- Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (2017). In *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-decreto-legislativo-ndeg-1278-decreto-legislativo-que-aprueba>
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.08.027>
- Rendimiento del Bono del gobierno peruano a 10 años (en S/)*. (n.d.). Retrieved August 12, 2023, from <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PD31895M/html>
- Riego, M. de D. A. y. (2023). *Autoridad Nacional del Agua 2023-2027*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4872312/ANEXO_01_PDGD_compressed.pdf?v=1689803634
- Rodríguez-reinoso, F. (1998). The role of carbon materials in heterogeneous catalysis. *Carbon*, 36(3), 159–175. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(97\)00173-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(97)00173-5)
- Rohit Tripathi, G. N. T. a, V. K. D. (2016). Overall energy, exergy and carbon credit analysis of N partially covered Photovoltaic Thermal (PVT) concentrating collector connected in series. *Solar Energy*, 136, 260–267.
- Rudolph, N., Kiesel, R., & Aumnate, C. (2020). *Understanding Plastics Recycling: Economic, Ecological, and Technical Aspects of Plastic Waste Handling*. Hanser Publishers. <https://books.google.com.pe/books?id=c759zQEACAAJ>
- Rufford, T. E., Zhu, J., & Hulicova-Jurcakova, D. (2014). *Green Carbon Materials: Advances and Applications*. Pan Stanford. <https://books.google.com.pe/books?id=nwMNAwAAQBAJ>

Ruiz-Montoya, J. G., Quispe-Garrido, Lady V., Calderón Gómez, J. C., Baena-Moncada, A. M., & Gonçalves, J. M. (2021). Recent progress in and prospects for supercapacitor materials based on metal oxide or hydroxide/biomass-derived carbon composites. *Sustainable Energy & Fuels*, 5(21), 5332–5365. <https://doi.org/10.1039/D1SE01170G>

Sadler, P. (2003). *Strategic management*. Kogan Page Publishers.

Sevillano, Á. S., & Torres, P. B. (2013). *Obtención de carbón activado a partir de madera - Estudio de prefactibilidad*. Universidad Nacional de Cuyo.

Sihvonen, S., & Ritola, T. (2015a). Conceptualizing ReX for Aggregating End-of-life Strategies in Product Development. *Procedia CIRP*, 29, 639–644. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2015.01.026>

Sihvonen, S., & Ritola, T. (2015b). Conceptualizing ReX for Aggregating End-of-life Strategies in Product Development. *Procedia CIRP*, 29, 639–644. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2015.01.026>

Singh, N., Hui, D., Singh, R., Ahuja, I. P. S., Feo, L., & Fraternali, F. (2017). Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications. *Composites Part B: Engineering*, 115, 409–422. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2016.09.013>

Sollenberger, P. Y., & Martin, R. B. (2010). Carbon-nitrogen and nitrogen-nitrogen double bond condensation reactions. In *The Amino Group (1968)* (pp. 349–406). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470771082.ch7>

Soria, J. F. (2011). *Costos y presupuestos: [teoría y práctica]*. Centro De Especialización En Contabilidad Y Finanzas PP - Lima.

Tarifas - enel.pe. (n.d.). Retrieved October 12, 2023, from <https://www.enel.pe/es/ayuda/tarifas.html>

Tehrani, M. M. E. (2017). Analyzing Strategic Factors Associated with Issuance of Environmental Liability Insurance Policy in Developing Countries using SWOT and QSPM. *International Journal of Environmental Science and Development*, 8(5), 359–365. <https://doi.org/10.18178/IJESD.2017.8.5.978>

Thahir, R., Altway, A., Juliastuti, S. R., & Susianto. (2019). Production of liquid fuel from plastic waste using integrated pyrolysis method with refinery distillation bubble cap plate column. *Energy Reports*, 5, 70–77. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2018.11.004>

The Chemical Engineering Plant Cost Index® - *Chemical Engineering*. (n.d.). Retrieved January 25, 2024, from <https://www.chemengonline.com/pci-home>

Torres, F. G., Gonzales, K. N., Troncoso, O. P., Chávez, J., & De-la-Torre, G. E. (2021). Sustainable applications of lignocellulosic residues from the production of Brazil nut in the Peruvian Amazon. *Environmental Quality Management*. <https://doi.org/10.1002/tqem.21812>

Ueno, K. (2001). Current status of home electric appliances recycling in Japan. *Nihon Enerugi Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Energy*, 80(12), 1100–1107.

- Universidad Nacional de Ingeniería. (2018). *Anexo-1-Plan-de-Gestión-Sostenible-del-Campus*. <https://www.rsu.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2018/10/Anexo-1-Plan-de-Gesti%C3%B3n-Sostenible-del-Campus.pdf>
- Useful Data Sets. (n.d.). Retrieved August 12, 2023, from https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html#discrate
- Veritrade. (2023). *Veritrade*. <https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones/carbon-activado/380210>.
- von Kodolitsch, Y., Bernhardt, A. M., Robinson, P. N., Kölbl, T., Reichenspurner, H., Debus, S., & Detter, C. (2015). Analysis of strengths, weaknesses, opportunities, and threats as a tool for translating evidence into individualized medical strategies (I-SWOT). *Aorta*, 3(03), 98–107.
- VRI, V. de I. de la U. N. de I. (2022). *UNI: Culminan proyecto de supercapacitores, que almacena gran energía en corto tiempo y es ecológico*. <https://vri.uni.edu.pe/uniculminan-proyecto-de-supercapacitores-que-almacena-amplia-energia-en-corto-tiempo-y-es-ecologico/>
- Wang, H. F., & Hsu, H. W. (2010). A closed-loop logistic model with a spanning-tree based genetic algorithm. *Computers & Operations Research*, 37(2), 376–389. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2009.06.001>
- Wei, S., & Kamali, A. R. (2020). Dual-step air-thermal treatment for facile conversion of PET into porous carbon particles with enhanced dye adsorption performance. *Diamond and Related Materials*, 107, 107914. <https://doi.org/10.1016/J.DIAMOND.2020.107914>
- What is a circular economy?* | *Ellen MacArthur Foundation*. (n.d.). Retrieved May 11, 2023, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Yan, J., & Feng, C. (2014). Sustainable design-oriented product modularity combined with 6R concept: A case study of rotor laboratory bench. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(1), 95–109. <https://doi.org/10.1007/S10098-013-0597-3/METRICS>
- Yuan, X., Cho, M. K., Lee, J. G., Choi, S. W., & Lee, K. B. (2020). Upcycling of waste polyethylene terephthalate plastic bottles into porous carbon for CF₄ adsorption. *Environmental Pollution*, 265, 114868. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2020.114868>
- Yuan, X., Kumar, N. M., Brigljević, B., Li, S., Deng, S., Byun, M., Lee, B., Lin, C. S. K., Tsang, D. C. W., Lee, K. B., Chopra, S. S., Lim, H., & Ok, Y. S. (2022). Sustainability-inspired upcycling of waste polyethylene terephthalate plastic into porous carbon for CO₂ capture. *Green Chemistry*, 24(4), 1494–1504. <https://doi.org/10.1039/D1GC03600A>
- Yuan, X., Li, S., Jeon, S., Deng, S., Zhao, L., & Lee, K. B. (2020). Valorization of waste polyethylene terephthalate plastic into N-doped microporous carbon for CO₂ capture through a one-pot synthesis. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 123010. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.123010>



Ziegler, R., Poirier, C., Lacasse, M., & Murray, E. (2023). Circular Economy and Cooperatives—
An Exploratory Survey. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3).
<https://doi.org/10.3390/su15032530>

Zorrilla, K. L. C. B. G. G. C. P. C. M. C. J. F. M. T. A. : J. T. (2013). *Planeamiento Estratégico del Limón*.



ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Plan estratégico para la producción de carbón activado con enfoque de economía circular a partir de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, en los años 2024-2033.

Problema de estudio	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Variables y Dimensiones	Metodología	
Manejo de residuos plásticos de un solo uso no adecuado y sin enfoque en economía circular en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima.	¿De qué manera un plan estratégico con enfoque de economía circular permitirá la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, en los años 2024-2033?	Proponer un plan estratégico con enfoque de economía circular para la producción de carbón activado a partir de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, en los años 2024-2033	El plan estratégico con enfoque de economía circular permite la producción de carbón activado a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, en los años 2024-2033	VI: Plan estratégico con enfoque de economía circular	Tipo de Investigación: Se empleará la investigación causal, pues se pretende reducir la contaminación causada por la acumulación de residuos plásticos de un solo uso mediante el desarrollo de un plan estratégico basado en Economía circular para la conversión de estos residuos en carbón activado Nivel de Investigación: cuantitativo Diseño de la Investigación: cuantitativa	
	PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO				
	¿Cuánta es la cantidad de residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI por semana?	Cuantificar los residuos plásticos de un solo generados en la UNI.			VD: Producción de carbón activado Dimensiones: -Materia Prima. -Agente activante -Condiciones de carbonización	Población: todos los residuos plásticos de un solo uso generados en la Universidad Nacional de Ingeniería y zonas aledañas. Muestra: Residuos plásticos de un solo uso en las vías públicas de la UNI y zonas aledañas Técnicas e instrumentos de recolección de datos La fuente de recolección primaria de datos se realizó mediante mediciones de campo en la UNI por un período
	¿Cuáles son los procesos de preparación de carbón activado y su activación a partir de los residuos plásticos de un solo generados en la UNI?	Establecer los procesos de preparación de carbón y su activación a partir de los residuos plásticos de un solo generados en la UNI			-Condiciones de activación	de 2 meses usando una balanza digital de bolsillo Fuentes secundarias de recolección de información: -Revisión documentaria en bases de datos, artículos científicos, tesis y páginas web. -Modelo de bloques donde se represente el flujo de elementos de la economía circular a aplicar en la estrategia. Técnicas e Instrumentos de Análisis y Procesamiento de Datos
	¿Cuáles son las estrategias enfocadas de economía circular para la producción de carbón activado a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI?	Elaborar el plan estratégico para la producción de carbón activado con enfoque de economía circular a partir del aprovechamiento de residuos plásticos de un solo uso generados en la UNI.			- Para el análisis económico se utilizó el software Excel - Para el diseño del plan estratégico se realizó un análisis de visión, misión. Se realizó la evaluación externa con el análisis PESTEL, matrices perfil competitivo y referencias (MPC y MPR, respectivamente). También la evolución interna se trabajó como AMOFHIT, MEFI e intereses de la industria y objetivos de largo plazo. El proceso estratégico se llevó a cabo con las matrices: FODA, MBCG, MIE, MDE. Evaluación estratégica a través de perspectivas de control y tablero de control balanceado	

ANEXO 2

Lista de referencias asociadas a las características de los equipos

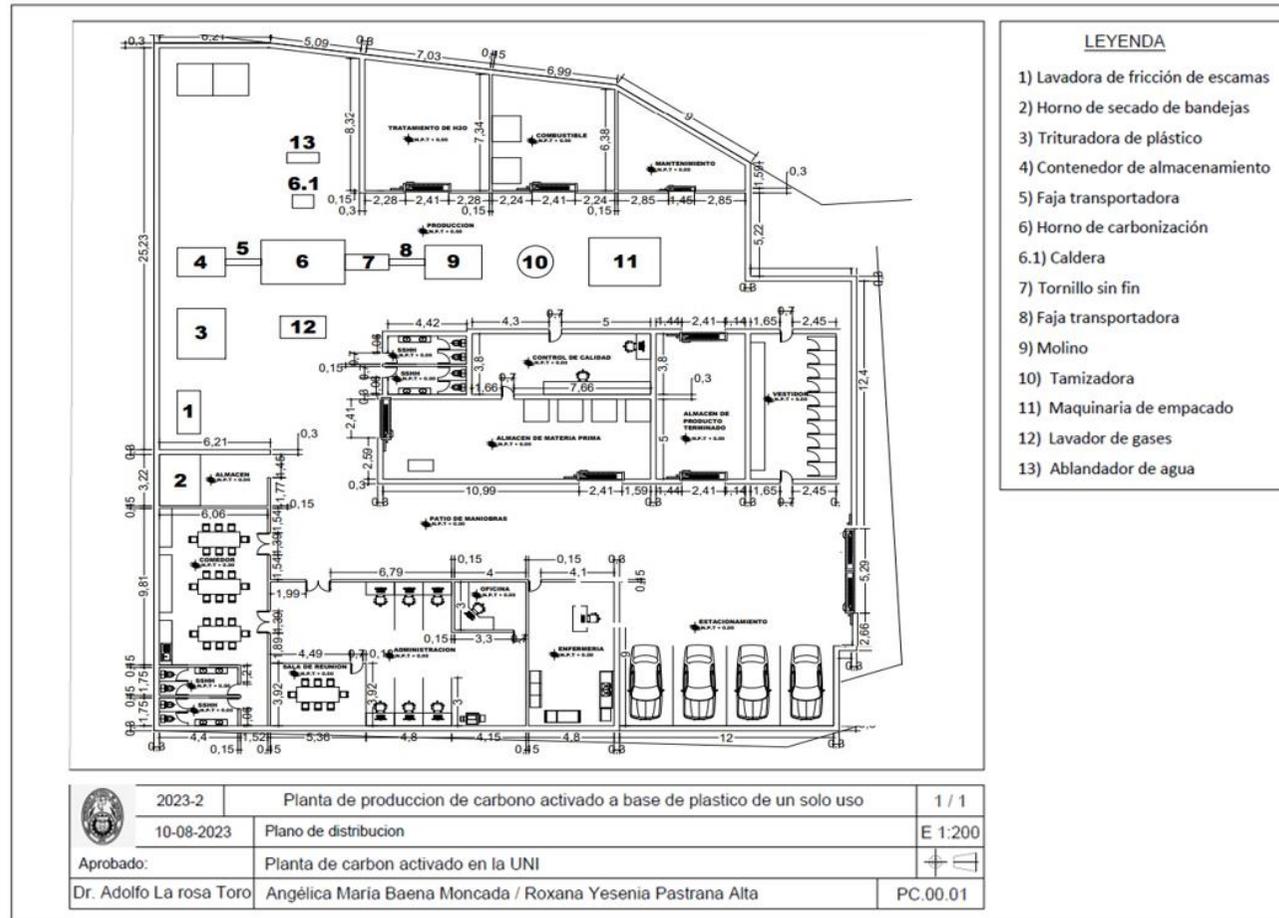
- a. Lavadora De Fricción De Plástico,Máquina De Secado De Reciclaje,Lavado De Película De Plástico - Buy Plastic Recycled Friction Washer,Pet Bottle Flakes Washer,Recycling Washing Line Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Aug 7]. Available from: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Plastic-1600547048477.html?spm=a2700.details.0.0.2e414cbeu8lnHq>
- b. Horno Seco De Frutas/máquina Secadora De Frutas Pequeñas/secador Industrial De Bandejas De Frutas - Buy Fruit Dryer,Fruit Dryer Machine,Fruit Dry Oven/small Fruit Drying Machine/industrial Fruit Tray Dryer Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Aug 7]. Available from: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Fruit-62119536210.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.1e725bc12DolPW
- c. Trituradora De Películas De Plástico De Desecho,Máquina Trituradora De Botellas De Hdpe Pet,Gf800/1600,Fábrica De China,En Venta - Buy Plastic Crusher,Pet Crusher Machine,Pet Bottle Crusher Machine Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 22]. Available from: https://spanish.alibaba.com/p-detail/China-1600775174405.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.2e8f49b4KAWRp&s=p
- d. Tanque De Almacenamiento De Gas Natural,Tanque Vertical De Líquido Criogénico De 3m3 A 1000m3 - Buy 10m3 Biogas Storage Tank Natural Gas Storage Tank Cryogenic Liquid Storage Tank With Pump And Vaporize,Liquid Oxygen Pressure Cryogenic Liquid Storage Tank With Vaporizer For Cylinder Filling,Stainless Steel 15 Cubic Meter 8bar Cryogenic Liquid Storage Tank Cryogenic Storage Tank Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 26]. Available from: https://spanish.alibaba.com/p-detail/3m3-1600382720986.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.479a6fa7BQxY2Z
- e. Dy-cinta Transportadora Móvil Industrial,Para Carbón/material A Granel/arena,Grava,Transporte De Piedras - Buy Belt Conveyor,Conveyor Belt,Mobile Belt Conveyor Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 27]. Available from: https://spanish.alibaba.com/p-detail/Material-62064818943.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_title.7334797eWLAzKE&s=p
- f. ▷ Transportador helicoidal enchaquetado - México - Bega Helicoidales [Internet]. [cited 2023 Jul 26]. Available from: <https://www.begahelicoidales.com/transportador-helicoidal-enchaqueta>
- g. Balanza industrial PCE-PS 150 MXL [Internet]. [cited 2023 Jul 22]. Available from: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/balanzas/balanza-industrial-PCE-PS-150MXL.htm>
- h. Factory Diameter 400~2000mm Powder Sifter Sieve Machine/rotary Circle Round Vibrating Screen - Buy Vibrating Sieve Machine,Automatic Sieving Machine,Vibrating Screen Machine Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 26]. Available from: https://ysjixie.en.alibaba.com/product/62142108090-812191596/Factory_cost_saving_mesh_sifter_with_sieve_diameter_400_2000mm.html?spm=a2700.details.0.0.4d801ea1ARmEnc



- i. Molino Para Molinillo De Calcita De Carbón, Máquina Trituradora De Roca De Fosfato, Raymond - Buy Grinding Mill, Ultrafine Grinding Mill, Trapezium Grinding Mill Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 22]. Available from: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Phosphate-1600056511487.html?spm=a2700.details.0.0.5e1b6c5cDK35hN>
- j. 15kg Empacadora Carbon Maquina De Envasado De Fertilizante 25kg 50kg Packing Machine - Buy 25kg Fertilizer Packing Machine, Maquina De Envasado De Carbon, Maquina De Embalaje De Fertilizantes Product on Alibaba.com [Internet]. [cited 2023 Jul 26]. Available from: https://www.alibaba.com/product-detail/15kg-empacadora-carbon-maquina-de-ensado_1600763224760.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.378e5f978rSluy

ANEXO 3

Plano de la planta





Anexo 4

Tabla 1

vinculación de objetivos de largo plazo con objetivos CEPLAN 2050, (Decreto Supremo No 095-2022-PCM., 2022).

OBJETIVO A LARGO PLAZO	VINCULACIÓN CON OBJETIVOS CEPLAN*	OBJETIVOS A CORTO PLAZO
OLP1: Incrementar la producción anual de carbón activado desde los niveles registrados en 2016 hasta alcanzar mayores exportaciones que las importaciones, para el año 2030. Este objetivo busca consolidar el sector local de carbón activado, contribuyendo al desarrollo de saneamiento y de la economía circular y reduciendo la importación de carbón activado.	Objetivo 3. Ítem 3.5: Mejorar los niveles de articulación de los actores involucrados de los ámbitos públicos, privados y comunitarios en el territorio para una adecuada gestión de los servicios de saneamiento	Objetivo Corto Plazo 1.1 (OCP1.1): Ampliar el área de terreno disponible dentro de la UNI, para el inventario de la materia prima y evitar posibles escases de residuos plásticos de un solo uso en el mercado o las asociaciones de recicladores.
	Objetivo 3. Ítem 3.1 y 3.2 Ampliar el acceso a servicios de saneamiento de calidad a la población del ámbito rural y urbano, con especial atención a las poblaciones vulnerables, y con la garantía de un acceso al agua segura y una adecuada disposición sanitaria de las excretas	OCP1.2: Lograr armar un plan de reciclaje en las municipalidades de San Martín de Porres y Rímac, así como el fortalecer la asociación de recicladores de estos dos distritos para contribuir con mayor eficacia el desarrollo de la economía circular.
OLP2: Mitigar los gases de efecto invernadero derivadas de la producción de residuos plásticos, así como la quema de estas; a través de mejoras en la tecnología para la producción de carbón activado peruano.	objetivo 2. Ítem 4.2: Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos implementando acciones de conservación, protección y recuperación de los ecosistemas con el fin de recuperar su capacidad de producción de bienes y servicios para beneficio de la población	OCP2.1: Aumentar en un 10% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la asociación de recicladores formalizados de los distritos de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2033.
	objetivo 2. Ítem 2.6: Recuperar oportunamente ante emergencias y desastres a la población afectada y damnificada, así como sus medios de vida	OCP2.2: Incrementar en un 5% la producción de carbón activado a partir de residuos de plástico provenientes de la municipalidad de San Martín de Porres y Rímac, y luego mantener un incremento anual del 1% en la proporción hasta el año 2033.
OLP3: Incrementar la rentabilidad anual de los inversionistas en la producción de carbón activado hasta alcanzar un 5% para carbón activado para el año 2033, buscando mejorar los aspectos financieros de la industria para atraer nuevos capitales y fomentar su desarrollo, con la implementación de la economía circular.	objetivo 2. Ítem 6.1: Mejorar la gestión de los pasivos ambientales, eléctricos, mineros y de hidrocarburos, que afectan la calidad ambiental, en base a mecanismos de prevención y remediación efectivos	OCP3.1: Establecer 1 alianzas anual con empresas nacionales del sector de saneamiento, salud y/o belleza para invertir en la producción de carbón activado a partir de los residuos de plástico desde el año 2024 hasta el año 2028 y 3 alianzas anuales desde el año 2028 hasta el año 2033.
	objetivo 2. Ítem 2.1: Incrementar el conocimiento del riesgo de desastres en los tomadores de decisiones	OCP3.2: Reducir las emisiones plástico de un solo uso y gases efecto invernadero a partir de la implementación de un sistema de tratamiento de aire y gases desde el año 2032 hasta el año 2033, y realizar tratamiento de las aguas de lavado del plástico a partir de sistema de tratamiento desde 2029 y mantenerlo hasta el año 2030.
OLP4: Implementar un fondo de US\$ 0.5 millones (provenientes de la venta del producto) en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de la industria para el año 2030. Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en la industria, buscando mejorar los costos promedios de producción de carbón activado y aprovechando el incremento sostenido de la demanda interna y los precios de carbón activado.	objetivo 3. Ítem 2.2: Ampliar la protección social de los trabajadores, con mecanismos y alternativas de aseguramiento en salud y cobertura de pensiones en base a la promoción, la difusión y la mejora de la regulación	OCP4.): Aumentar las ventas anuales del carbón activado en un 10% desde el año 2026 hasta el año 2028, y en un 20% desde el año 2027 hasta el año 2033.
	objetivo 3. Ítem 3.11: Alcanzar una producción industrial sostenible, bajo los principios de la economía verde y circular, en base al aprovechamiento del material de descarte y residuos industriales, prácticas ecoeficientes, la eliminación del uso de materiales tóxicos y emisión de residuos contaminantes, con énfasis en la promoción de un consumo sostenible e incentivos a las industrias verdes	OCP4.2: Reducir el costo de producción por la mejora de tecnologías empleadas en síntesis como en ingeniería obtenidas a partir de trabajos de investigación cristalizados en tesis y artículos científicos indexados.
	objetivo 3. Ítem 3.1: Asegurar el manejo sostenible de los recursos hídricos para la agricultura, mediante el acceso a las tecnologías de riego tecnificado, el desarrollo de los proyectos de infraestructura agraria y el mejoramiento de la infraestructura de las juntas de usuarios	OCP4.3: Disminuir el costo de producción de carbón activado desde el año 2024 hasta el año 2029, para luego mantener una reducción anual en un 2% hasta el año 2033.