

EL PODER DEL MERCADO PÚBLICO

HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA UNA
CONTRATACIÓN DE TRIPLE IMPACTO



MANUEL MESIAS PABÓN CHALÁ

ISBN: 978-9907-818-44-4



9 789907 818444



El Poder del Mercado Público

Herramienta Estratégica para una Contratación de Triple Impacto

Autores:

Manuel Mesías Pabón Chalá

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1433-0406>

Correo electrónico institucional: manuel.chala@upec.edu.ec

Filiación institucional: Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Editorial “ACACFESA SAS”

La presente obra fue revisada por 2 pares académicos externos ciegos conforme al proceso editorial de ACACFESA SAS.

Los rigurosos procedimientos editoriales de ACACFESA SAS garantizan la selección de manuscritos por sus aportes significativos al conocimiento y cualidades científicas.

Editorial: ACACFESA SAS.

Sello editorial: 978-9907-818

Teléfono: (+593) 998955446

Web: <https://acacfesa.com/editorial/index.php/1>

ISBN: 978-9907-818-44-4

Doi: <https://doi.org/10.70577/r7sx5w84/ACACFESA.EDITORIAL>

Año: Septiembre 2026

Aviso Legal

El contenido de esta obra, que incluye ilustraciones, textos, tablas, gráficos, cuadros y referencias bibliográficas, es responsabilidad única del autor o autores. Lo que se ha dicho, los criterios y los datos no reflejan necesariamente la posición institucional ni el pensamiento de la Editorial ACACFESA SAS.

Derechos de Autor ©

Este documento se publica conforme los términos y condiciones de la EDITORIAL ACACFESA SAS

Esta obra está bajo una licencia internacional



Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0

La "Editorial ACACFESA SAS " y todos sus autores tienen la propiedad única de los derechos de autor y de propiedad intelectual e industrial relacionados con el contenido de esta publicación. La reproducción total o parcial de esta obra, su almacenamiento en sistemas informáticos, su tratamiento digital y cualquier tipo de distribución, transmisión o comunicación pública por medios electrónicos, ópticos, mecánicos, químicos, fotográficos o de grabación están prohibidos. Esto se encuentra bajo las sanciones que establece la legislación vigente a menos que se cuente con la autorización previa y por escrito de los titulares del copyright.

Queda excluido únicamente el uso con fines académicos o de investigación científica, siempre que no busque objetivos comerciales y se ejecute sin remuneración, debiendo mencionarse en todo momento a la fuente editorial correspondiente. Los autores son los únicos responsables de las opiniones expresadas en los diferentes capítulos, las cuales no necesariamente representan el punto de vista institucional de la editorial.

Constancia de Arbitraje

La Editorial ACACFESA SAS, certifica que este libro es el resultado de un estudio llevado a cabo por los autores, el cual fue evaluado por jurados expertos bajo el sistema de Revisión de Pares Externos, tanto en contenido como en forma. Asimismo, se llevó a cabo un análisis del método de investigación, paradigma y enfoque; a partir de la matriz epistémica adoptada por los autores, utilizando las normas APA, Séptima Edición y el proceso de antiplagio en línea turniting edu para asegurar que la obra fuera científica.

Nombre del revisor/a 1

Macias Loor Felix Ignacio

Nombre del revisor/a 2

Morejón Santistevan Maryury Elizabeth

Prólogo

Hay libros que surgen con el propósito de esclarecer una regla, otros se centran en organizar una técnica y unos pocos, más raros, tienen la misión de recordarnos que detrás de cada decisión gubernamental hay una responsabilidad humana. Este libro se incluye en esa última categoría. El Poder del Mercado Público: Herramienta Estratégica para una Contratación de Triple Impacto no se limita a discutir sobre adquisiciones, documentos, proveedores, presupuestos o trámites administrativos. Su intención es más profunda: nos urge a ver la contratación pública como una de las maneras más específicas a través de las cuales el Estado define qué tipo de desarrollo desea fomentar, qué sectores quiere apoyar y qué futuro está dispuesto a financiar.

Por mucho tiempo, la contratación pública se interpretó como un procedimiento casi automático: detectar una necesidad, publicar un procedimiento, recibir propuestas, elegir la opción más económica y ejecutar el contrato. Esta lógica, que parece eficiente, deja sin respuesta una cuestión crucial: ¿barato para quién y a qué precio? Una compra puede ser económica en teoría, pero perjudicial para el medio ambiente; puede verse conveniente en el presupuesto actual, pero transformarse en una carga para los años venideros; puede cumplir formalmente con la norma, pero perpetuar desigualdades, precariedad laboral o modos de producción que afectan los territorios. Este libro nace precisamente para desafiar esa visión limitada y para sugerir una perspectiva más madura, ética e inteligente del gasto público.

La idea principal que atraviesa este texto es contundente: cada compra pública es una decisión de política pública. Al adquirir bienes, contratar servicios o realizar obras, el Estado no solo responde a necesidades institucionales; también envía señales al mercado, influencia comportamientos empresariales, fomenta ciertos modelos de producción y puede crear oportunidades para actores que tradicionalmente han estado excluidos. Comprar, en este sentido, va más allá de simplemente gastar. Comprar es tomar decisiones. Y decidir, cuando se manejan recursos públicos, significa rendir cuentas a la ciudadanía, a las generaciones futuras y a la vida en general.

El texto sugiere una transición esencial: dejar de obsesionarse por el precio más bajo para adoptar una comprensión holística del valor. Este cambio no es trivial. Implica entender que la eficiencia pública no se puede evaluar solo por el ahorro inmediato, sino por la capacidad de una contratación para generar beneficios que se mantengan a lo largo del tiempo. Un bien

de menor costo inicial podría resultar más caro si consume más energía, requiere más mantenimiento, se deteriora rápidamente o genera residuos difíciles de manejar. De igual manera, una oferta que parece más cara puede ser la decisión más adecuada si reduce emisiones, promueve empleo de calidad, apoya a proveedores locales, incorpora innovación o disminuye riesgos a futuro. En donde la distinción entre precio y valor se define gran parte de la calidad de la gestión pública contemporánea.

Uno de los aspectos más significativos de este texto es su énfasis en el impacto triple. La adquisición pública sostenible no se limita a hacer compras ecológicas, aunque la cuestión ambiental sea crucial e inaplazable. También es esencial considerar el efecto social y económico de cada procedimiento. En cuanto al medio ambiente, se nos recuerda que los recursos naturales son limitados y que el gobierno no puede seguir contratando como si la Tierra fuera un recurso inagotable. En el ámbito social, debemos cuestionarnos si el gasto estatal promueve la inclusión, un trabajo digno, la equidad y el fortalecimiento de las comunidades. En el aspecto económico, es necesario superar la falsa dicotomía entre sostenibilidad y eficiencia, ya que una compra bien planificada protege el presupuesto, disminuye riesgos y fomenta la resiliencia.

El libro también merece reconocimiento por revalorizar el papel del comprador público. A menudo, quienes se dedican a la contratación son considerados solo como tramitadores, encargados de seguir procedimientos y evitar críticas. Sin embargo, la contratación con triple impacto requiere un enfoque diferente: funcionarios capaces de analizar el mercado, entender criterios ambientales, evaluar costos de ciclo de vida, dialogar con proveedores, anticipar riesgos y defender técnicamente decisiones enfocadas en el valor público. La obra también subraya que cambiar las normativas no será suficiente si no se produce un cambio en la cultura institucional. No puede haber contratación sostenible sin habilidades humanas, sin un enfoque técnico adecuado y sin determinación administrativa.

La economía circular tiene un papel destacado en esta discusión. En lugar del viejo patrón de extraer, producir, usar y desechar, el libro sugiere un enfoque alternativo: reducir, reutilizar, reparar, manufacturar y recuperar valor. Esta visión es especialmente relevante para el sector público, donde muchas adquisiciones se realizan por costumbre, debido a un reemplazo automático o por la presión de ejecutar el presupuesto. La obra presenta una idea muy provocativa y necesaria: en ocasiones, la mejor compra es la que no se lleva a cabo. La “no compra”, cuando surge de una evaluación rigurosa de la necesidad, puede ser una decisión

responsable, eficiente y más respetuosa con el medio ambiente. No se pretende ignorar las necesidades, sino abordarlas de manera inteligente.

Otra gran cosa que hace este documento es conectar la contratación pública con los grandes retos fiscales y climáticos actuales. La crisis climática ya no puede ser solo un tema de los ministerios de medio ambiente. Sus repercusiones afectan las infraestructuras, la deuda, la inversión pública, los sistemas de salud, la seguridad alimentaria y la estabilidad macroeconómica. Por lo tanto, la contratación pública debe interactuar con la gestión financiera pública ecológica, con la planificación presupuestaria en términos climáticos, con la prevención de activos en riesgo y con las estrategias de descarbonización a largo plazo. En términos simples: no es suficiente contratar adecuadamente hoy; es crucial hacerlo pensando en el país que tendremos que sostener en el futuro.

La obra también resulta altamente relevante para América Latina y, en particular, para el contexto de Ecuador. En comunidades donde persisten las desigualdades sociales, donde los recursos del estado son escasos y donde la ciudadanía demanda transparencia, la adquisición pública puede transformarse en una herramienta para la justicia distributiva. Instrumentos como el SERCOP, el SOCE, los catálogos en línea, los convenios marco y los métodos de inclusión de proveedores locales no deberían ser considerados únicamente como herramientas administrativas. Si se diseñan adecuadamente, podrían funcionar como vías para democratizar las oportunidades, apoyar a las MIPYMES, fortalecer la economía popular y solidaria, fomentar la producción sostenible y disminuir la arbitrariedad en la gestión de los recursos públicos.

Sin embargo, el texto no se muestra ingenuo. Reconoce que la contratación sostenible enfrenta desafíos reales: regulaciones estrictas, el temor de los funcionarios a la supervisión, la falta de habilidades técnicas, mercados en desarrollo, inexistencia de información confiable, riesgos de greenwashing y una resistencia cultural. La sinceridad le otorga fuerza al contenido. La sostenibilidad no se presenta como un lema fácil, sino como un proceso complicado que demanda planificación, evidencia, coordinación institucional y voluntad política. Por esta razón, el libro hace hincapié en la etapa previa al contrato: en ese momento, antes de emitir un pliego, se establece gran parte del impacto futuro. Una necesidad mal planteada puede arruinar todo el procedimiento; mientras que una planificación cuidadosa puede dar paso a la innovación.

Quien se adentre en donde libro encontrará conceptos técnicos, normativas y herramientas analíticas; pero también hallará una invitación ética. La contratación pública no es un campo imparcial. Cada contrato representa una manera de concebir el desarrollo. Puede reforzar prácticas dañinas, contaminantes y excluyentes, o puede fomentar mercados más responsables, empresas más creativas y comunidades más resistentes. Puede limitarse a cumplir con los requisitos o puede transformarse en un motor de cambio. Tal vez esa sea la mayor fortaleza de esta obra: recordarnos que la administración pública no solo gestiona lo que existe; también contribuye a construir lo que es posible.

En el prólogo, busca abrir una ventana al lector con una idea sencilla: hablar de contratación pública sostenible es hablar del futuro, pero también del presente. Es hablar del aire que respiramos, de los empleos que se generan, de los recursos que se preservan, de las oportunidades que se distribuyen y de la confianza que la ciudadanía otorga a sus instituciones. Cuando el Estado realiza buenas compras, no solo adquiere bienes o servicios; defiende derechos, orienta mercados y respeta el significado profundo de lo público.

Por eso, este libro debe ser visto no solo como un documento técnico, sino como una propuesta de transformación. En donde la destinado a funcionarios públicos, educadores, estudiantes, investigadores, autoridades, proveedores y ciudadanos interesados en entender que la contratación pública puede ser mucho más que un trámite. Puede ser una herramienta estratégica para alinear la economía con la sostenibilidad, la eficiencia con la justicia y la legalidad con la responsabilidad hacia futuras generaciones.

En un contexto de crisis climática, presión fiscal y crecientes demandas sociales, el mercado público posee un grandísimo poder. La cuestión ya no es si el Estado debe aprovechar ese poder, sino de qué manera lo hará. En donde el libro brinda una respuesta clara: debe hacerlo con sabiduría, con transparencia, con empatía y con una perspectiva a largo plazo. Porque cada dólar público invertido puede repetir los errores del pasado o establecer las bases para un desarrollo más justo. Y esa decisión, aunque se plasme en un contrato, termina impactando en la vida de las personas.

Índice de contenido

Prólogo.....	v
Índice de contenido	ix
CAPÍTULO I.	1
Los Pilares de la Transformación: Fundamentos de la Compra Sostenible.....	1
1.1. Evolución del concepto: De la eficiencia administrativa a la responsabilidad social y ambiental.....	1
1.1.1. El contexto histórico: El ascenso de la "Compra Ética"	1
1.1.2. El Nuevo Paradigma: La Calidad-Precio en el Siglo XXI.....	3
1.1.3. El Impacto de Triple Entrada: Una Visión Sistémica	5
1.1.4. El Mandato Constitucional y el Marco Jurídico Moderno.....	7
1.1.5. El Comprador Público como Agente de Cambio e Innovación	8
1.2. Principios rectores: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), consumo sostenible y necesidad justificada.....	9
1.2.1. El Valor por Dinero (VfM) como eje de la eficiencia moderna.....	11
1.2.2. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV): La métrica de la verdad	12
1.2.3. Consumo Sostenible: El Estado como consumidor responsable	16
1.2.4. La Necesidad Justificada y la "No-Compra"	17
1.2.5. Desafíos Técnicos y la Brecha de Capacitación	18
1.3. La Economía Circular como motor: Sistemas de producción que cierran el ciclo de materiales	21
1.3.1. El cambio de la linealidad a la circularidad en el sector público	22
1.3.2. Estrategias clave para la implementación de la circularidad	23
1.3.3. Métricas y KPIs de Circularidad en Contratos Públicos.....	29
1.3.4. El Rol de la Innovación y el Diálogo Competitivo.....	30
1.3.5. Barreras y Facilitadores: La Perspectiva hacia 2026	32
1.3.6. Impacto en la Resiliencia Económica	34

1.4. Diferencias con el modelo convencional: El coste total de propiedad (TCO) frente al coste inicial	35
1.4.1. La falacia del precio de adquisición.....	37
1.4.2. Desglosando el TCO: Componentes de una compra inteligente	38
1.4.3. Externalidades: El coste oculto para la sociedad	40
1.4.4. Gestión de Riesgos: Activos Varados y Resiliencia.....	42
1.4.5. Transparencia y Prevención de la Corrupción	44
1.4.6. El Impacto en la Innovación y la Competitividad Nacional	45
CAPÍTULO II.	47
Gobernanza y Resiliencia: La Política Fiscal frente a la Crisis Climática	47
2.1. Impactos fiscales de la transición: Riesgos y oportunidades hacia economías netas cero para 2050.....	48
2.1.1. La erosión de los ingresos fiscales y la incertidumbre de la demanda	49
2.1.2. Activos Varados (Stranded Assets) y el riesgo de capital	50
2.1.3. Oportunidades: La Nueva Fiscalidad Verde.....	52
2.2. Gestión del riesgo de desastres: Metodologías para cuantificar riesgos climáticos en el presupuesto público	53
2.2.1. El nexo macrofiscal de los desastres naturales	54
2.2.2. Metodologías de cuantificación: Del Valor en Riesgo (VaR) a la Modelización Estocástica.....	55
2.2.3. Instrumentos de protección financiera y la "Estrategia de Capas"	57
2.2.4. Infraestructura resiliente y Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP)	58
2.2.5. Hacia una política fiscal proactiva: El rol de la transparencia.....	60
2.3. Gestión Financiera Pública (GFP) Verde: Integración del clima en todo el ciclo presupuestario	61
2.3.1. El cambio hacia una presupuestación multidimensional	62
2.3.2. Clasificadores presupuestarios y Marcadores Climáticos (Climate Tagging)	64

2.3.3. Auditoría y rendición de cuentas: El rol de las Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS)	65
2.3.4. Herramientas de diagnóstico: El marco PEFA-Clima	66
2.3.5. Estados Contables Verdes y el balance del sector público	68
2.4. Estrategias de descarbonización a largo plazo (LTS): Reformas fiscales e incentivos para la inversión verde	69
2.4.1. Alineación Estratégica y Programación de Inversiones	71
2.4.2. Taxonomías Verdes: El lenguaje de la inversión sostenible.....	72
2.4.3. Reforma de Subsidios a los Combustibles Fósiles	73
2.4.4. Impuestos al Carbono y Reciclaje de Ingresos (Revenue Recycling)	75
2.4.5. Incentivos Fiscales para Tecnologías Disruptivas	76
CAPÍTULO III.....	79
El Diseño del Proceso: Planificación Estratégica y Fase Precontractual.....	79
3.1. Identificación de la necesidad con enfoque sostenible: Cómo evitar compras innecesarias	79
3.1.1. Evaluación de la necesidad real: La "No Compra" como estrategia de sostenibilidad	81
3.1.2. Análisis de alternativas y la jerarquía de la circularidad.....	82
3.1.3. Visión de Ciclo de Vida (ACV) y el Principio de Valor por Dinero	84
3.1.4. Herramientas de reflexión: Fichas de Identificación Sostenible.....	85
3.2. Consulta del mercado y caracterización de proveedores: Identificación de oferta verde y PYMES inclusivas	89
3.2.1. Investigación de la oferta y mapeo de actores de la Economía Circular	91
3.2.2. Fomento de la innovación a través del Diálogo Técnico	92
3.2.3. Eliminación de barreras y fomento de la inclusión de MIPYMES.....	93
3.3. Elaboración de especificaciones técnicas diferenciales: Requisitos mínimos de desempeño ambiental y social	94
3.3.1. Criterios Ambientales: Eficiencia, Materialidad y Descarbonización	96

3.3.2. Criterios Sociales: Inclusión, Equidad y Justicia en la Cadena de Suministro	98
3.3.3. Estándares, Certificaciones y el Uso de Etiquetas Ecológicas	99
3.3.4. La Verificabilidad y el Control de los Criterios Diferenciales	100
3.4. El Catálogo Electrónico Sostenible: Estandarización de bienes y servicios con criterios de triple impacto	102
3.4.1. Acuerdos Marco de Precios como aceleradores de la Economía Circular.....	103
3.4.2. Catálogos Verdes y la Gestión de la Información Técnica	106
3.4.3. Optimización de costos y eficiencia operativa mediante la agregación de demanda	108
3.4.4. El Monitoreo y la Mejora Continua en los Catálogos Electrónicos.....	111
CAPÍTULO IV.	113
La Brújula de la Calidad: 100 Criterios para una Evaluación Integral	113
4.1. Criterios Ambientales: Eficiencia, Circularidad y Protección del Entorno	114
4.1.1. Eficiencia Energética y Desempeño Operativo	115
4.1.2. Emisiones y Gestión de la Huella de Carbono.....	116
4.1.3. Gestión del Agua y Protección del Recurso Hídrico	118
4.1.4. Materiales Sostenibles y Economía Circular	119
4.1.5. Conservación de la Biodiversidad y Valorización de Residuos	120
4.2. Criterios Sociales: Inclusión, Equidad y Trabajo Decente.....	121
4.2.1. Igualdad de Género y Diversidad: Hacia una Paridad Estructural	123
4.2.2. Inclusión de Grupos Vulnerables y Víctimas del Conflicto.....	125
4.2.3. Seguridad y Salud Ocupacional: Más allá del Código de Trabajo.....	128
4.2.4. Comercio Justo, Empleo Local y Encadenamientos con la EPS	130
4.3. Criterios de Gobernanza y Ética Corporativa	133
4.3.1. Devida Diligencia en Derechos Humanos y Transparencia Radical	134
4.3.2. Programas de Compliance y Prevención de la Corrupción	137
4.3.3. Ciberseguridad y Protección de Datos: El Nuevo Estándar Ético	140
4.3.4. Costo Total de Propiedad (TCO) y Análisis Prospectivo de Gobernanza.....	142

4.4. Metodologías de Ponderación Científica para la Adjudicación de Triple Impacto	145
4.4.1. El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP): Estructuración del Juicio Experto	146
4.4.2. Metodologías de Ordenación: TOPSIS y PROMETHEE.....	149
4.4.3. Validación de Resultados y Sensibilidad del Modelo	152
CAPÍTULO V.	154
Infraestructura y Movilidad: Construyendo el Futuro Sostenible.....	154
5.1. Inversión pública resiliente: Alineación de proyectos de infraestructura con los ODS	155
5.1.1. Gestión del Riesgo y Reconstrucción Resiliente	157
5.1.2. Taxonomías Verdes y Finanzas Sostenibles	159
5.1.3. Marco Legal, Planeación y Viabilidad Integral	160
5.2. Materiales de construcción sostenibles	162
5.2.1. Descarbonización del Cemento y el Acero: El Desafío del Carbono Embebido .	162
5.2.2. Priorización de lo Local y Optimización de la Cadena de Suministro	164
5.2.3. Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y Economía Circular	166
5.2.4. Madera Estructural y Certificaciones de Origen Sostenible	167
5.2.5. Pavimentos Permeables y Gestión Hídrica Urbana: Infraestructura Esponja.....	169
5.3. Movilidad Sostenible: Electromovilidad, infraestructuras para transporte público y flotas eléctricas.....	171
5.3.1. Transformación de Flotas Públicas y Paridad de Costos (TCO).....	171
5.3.2. Infraestructura de Soporte y Carga Bidireccional (V2G)	173
5.3.3. Movilidad No Motorizada e Intermodalidad Sostenible.....	175
5.3.4. Logística Verde y Descarbonización del Transporte de Carga	176
5.4. Tecnologías Limpias e Innovación: Digitalización, Ecodiseño y Energías Renovables	178
5.4.1. Building Information Modeling (BIM) y Gemelos Digitales para la Descarbonización.....	179

5.4.2. Edificios Inteligentes (BMS) y el Concepto de Net-Zero Energy Buildings (NZEB)	180
5.4.3. Integración de Energías Renovables en la Obra Pública	182
5.4.4. Ecodiseño Urbano y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)	184
CAPÍTULO VI.....	186
Gestión del Impacto: Indicadores, Seguimiento y Transparencia.....	186
6.1. Herramientas Digitales de Control: El rol del SECOP y el SOCE en la visibilidad de la compra verde.....	186
6.1.1. La Transformación Digital como Habilitadora de la Sostenibilidad	187
6.1.2. El SECOP II (Colombia): Datos Estructurados y Visibilidad.....	189
6.1.3. El SOCE y la Estandarización en Ecuador	191
6.1.4. El Expediente Electrónico y la Auditoría Algorítmica	193
6.2. Diseño de Indicadores de Triple Impacto: Medición del ahorro de recursos y beneficios sociales.....	195
6.2.1. Indicadores Ambientales: Cuantificación de la Huella y Economía Circular.....	195
6.2.2. Indicadores Sociales: Justicia Distributiva y Valor Social.....	197
6.2.3. Indicadores Económicos: El Análisis de Valor por Dinero (VfM)	200
6.3. Auditoría y Rendición de Cuentas: Verificación del cumplimiento de cláusulas ambientales	204
6.3.1. El Rol de la Supervisión e Interventoría en la Validación del Triple Impacto.....	205
6.3.2. Rendición de Cuentas: Análisis de Ciclo de Vida y Transparencia en la Cadena de Suministro	207
6.3.3. Balance Final y Liquidación: Documentación de Lecciones Aprendidas	208
6.4. Formación y Cambio Cultural: El Factor Humano en la Compra Sostenible.....	209
6.4.1. Profesionalización bajo el Estándar ISO 20400 y Marcos de Competencias	209
6.4.2. Cambio Cultural: Superando la Resistencia al Cambio y la Aversión al Riesgo.	211
6.4.3. El Rol de la Academia y la Cooperación Internacional en el Fortalecimiento de Capacidades	213

Referencias bibliográficas.....	216
---------------------------------	-----

Índice de figura

Figura 1. <i>Evolución de la contratación publica</i>	3
Figura 2. <i>Los criterios de adjudicación garantizado en una gestión pública más eficientes y sostenible</i>	5
Figura 3. <i>Impacto de la Contratación Pública Sostenible</i>	7
Figura 4. <i>Equilibrado costos y valor de contratación publica</i>	15
Figura 5. <i>Principios de adquisición sostenible</i>	19

CAPÍTULO I.

Los Pilares de la Transformación: Fundamentos de la Compra Sostenible

La contratación pública ha dejado de ser un mero trámite administrativo para convertirse en una herramienta estratégica de política pública. Este capítulo explora cómo el mercado público, que representa entre el 10% y el 20% del PIB en muchas naciones, tiene el poder de liderar la transición hacia un modelo de desarrollo que armonice el crecimiento económico con la justicia social y la preservación ambiental.

1.1. Evolución del concepto: De la eficiencia administrativa a la responsabilidad social y ambiental

1.1.1. El contexto histórico: El ascenso de la "Compra Ética"

Históricamente, la contratación pública fue concebida bajo la doctrina del Fiduciary Duty (deber fiduciario), un marco normativo donde la responsabilidad del funcionario se limitaba estrictamente a la custodia de los fondos públicos bajo una lógica de minimización de costos nominales. Durante las décadas de 1980 y 1990, bajo la influencia de la Nueva Gestión Pública (New Public Management), el éxito de una oficina de compras se cuantificaba mediante el ahorro presupuestario inmediato, es decir, la brecha positiva entre el presupuesto base y el precio de adjudicación final.

En el enfoque, si bien facilitaba la rendición de cuentas contable y la transparencia procedimental, adolecía de una miopía estructural al ignorar las consecuencias sistémicas de la producción, tales como la degradación del capital natural y la erosión de los estándares laborales en las cadenas de suministro globales. Al priorizar el precio sobre el valor, el Estado actuaba como un consumidor pasivo que, en la búsqueda de austeridad, terminaba por externalizar costos sociales y ambientales que, a largo plazo, debían ser remediados con otros rubros del mismo tesoro público.

De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), este modelo tradicional ha sido superado por la necesidad de abordar la "insostenibilidad sistémica" del mercado global. La literatura contemporánea sostiene que el deber fiduciario debe ahora reinterpretarse no solo como la salvaguarda del dinero, sino como la protección de los intereses a largo plazo de la ciudadanía, lo que incluye la estabilidad climática y la cohesión social. El autor Adjei et al. (2023) argumentan que la persistencia en el criterio del precio más bajo constituye, en la

actualidad, una negligencia administrativa, dado que ignora los riesgos de transición y los costos operativos derivados de activos ineficientes o "varados" (*stranded assets*) que no cumplen con los estándares de una economía descarbonizada.

A partir de hitos vinculantes como la firma de los Acuerdos de París y la adopción de la Agenda 2030, el concepto de "valor" en la gestión pública ha experimentado un desplazamiento ontológico hacia el Valor Público. Este cambio implica que la administración no solo debe ser eficiente, sino también un agente transformador de la realidad económica. Según Grandia & Von Deetzen (2021), la contratación pública sostenible (CPS) ha dejado de ser una técnica de compra marginal para convertirse en un proceso central de gobernanza estratégica.

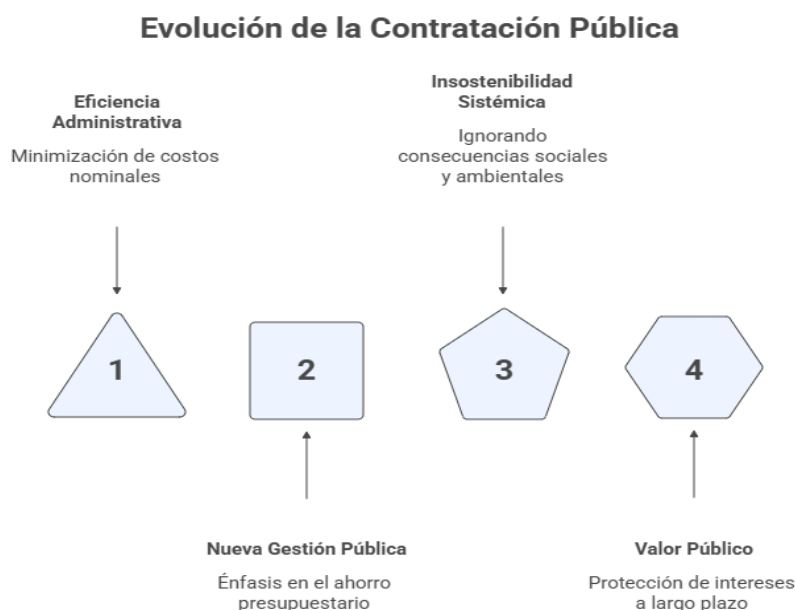
En el nuevo paradigma, el Estado ejerce su inmenso poder de mercado que en promedio representa el 12% del PIB en los países de la OCDE para corregir fallos sistémicos como la contaminación desenfrenada, la pérdida de biodiversidad y la precariedad laboral. Esta evolución representa el tránsito de una visión reactiva, confinada al cumplimiento burocrático de la ley, hacia una postura proactiva y disruptiva donde el sector público actúa como un *market-maker* o creador de mercado, señalizando la demanda de soluciones innovadoras y circulares.

La capacidad tractora es validada por Vuković et al. (2024), quienes demuestran que la implementación de criterios de sostenibilidad en la compra pública genera un "efecto cascada" que obliga a los proveedores privados a modernizar sus procesos productivos, mejorando la competitividad nacional en mercados internacionales cada vez más regulados.

La CPS, bajo esta óptica, no es un costo adicional, sino una inversión en resiliencia nacional. Como sostienen Montalbán et al. (2021), la integración de cláusulas sociales y ambientales en los pliegos de condiciones permite que el gasto público funcione como una herramienta de política industrial verde, asegurando que cada dólar invertido genere retornos medibles en términos de bienestar social, equidad de género y regeneración ecosistémica, alineándose finalmente con el mandato ético y constitucional de desarrollo sostenible.

Figura 1.

Evolución de la contratación pública



Nota: la evolución de la contratación pública, desde un enfoque tradicional centrado principalmente en la eficiencia económica hacia una visión orientada a la generación de valor público y sostenibilidad

1.1.2. El Nuevo Paradigma: La Calidad-Precio en el Siglo XXI

El paradigma de la Contratación Pública Sostenible (CPS) se fundamenta en la premisa de que el "precio más bajo" constituye, en la mayoría de los casos, una ilusión financiera que distorsiona la realidad del gasto público. Bajo una óptica de contabilidad tradicional de corto plazo, una luminaria pública que presenta un coste de adquisición un 20% inferior puede parecer una decisión fiscalmente responsable; sin embargo, si dicho activo consume el doble de energía y posee una vida útil reducida a la mitad, se transforma en una pérdida patrimonial neta para el Estado. Esta ineficiencia se debe a que el precio de compra no captura los costes operativos, de mantenimiento ni los pasivos ambientales asociados a la disposición final.

Según Sader et al. (2022), la persistencia en el criterio de adjudicación basado únicamente en el precio inicial ignora la "tasa de retorno social" y perpetúa la adquisición de activos ineficientes que comprometen los presupuestos futuros. La literatura reciente sobre gestión de infraestructuras sugiere que el Estado debe transitar hacia modelos de Coste Total de Propiedad (\$TCO\$), donde se monetizan las ineficiencias energéticas y los fallos técnicos. En este sentido, Vuković et al. (2024) argumentan que la sostenibilidad no debe verse como un sobrecoste, sino como una estrategia de mitigación de riesgos financieros, dado que los activos

de baja calidad incrementan la vulnerabilidad del erario público ante el aumento de los precios de la energía y las nuevas regulaciones de carbono.

El Criterio MEAT como Nivelador del Mercado y Motor de la Economía Verde

Las investigaciones de Adjei et al. (2023) destacan que las administraciones públicas modernas están sustituyendo el determinismo del precio por el Criterio de la Oferta Económicamente Más Ventajosa (MEAT - *Most Economically Advantageous Tender*). Este enfoque metodológico permite que la sostenibilidad ambiental y social no sea un elemento periférico, sino un factor ponderable y vinculante en la evaluación de ofertas. Al integrar métricas de desempeño climático, circularidad y justicia social en la fórmula de adjudicación, el criterio MEAT permite que las empresas que internalizan sus costes ambientales y garantizan salarios dignos puedan competir en igualdad de condiciones frente a modelos de producción extractivos o de bajo valor añadido.

De acuerdo con Gelderman et al. (2021), la aplicación del MEAT actúa como un mecanismo de corrección de externalidades, permitiendo que el Estado actúe como un consumidor sofisticado que premia la innovación y la responsabilidad corporativa. La CPS, por tanto, se convierte en la infraestructura normativa que nivela el campo de juego para la economía verde, desincentivando el *dumping* ambiental y fomentando una competitividad basada en el valor real.

El autor Tortorella et al. (2021), la implementación rigurosa de estos criterios no solo asegura una gestión eficaz del gasto público, sino que tracciona a toda la cadena de suministro hacia estándares de la Industria 4.0, donde la eficiencia en el uso de recursos y la transparencia social son los principales predictores de la resiliencia económica a largo plazo. En última instancia, el criterio MEAT transforma la licitación pública de un proceso administrativo transaccional en una herramienta de política pública estratégica capaz de descarbonizar la economía nacional.

Figura 2.

Los criterios de adjudicación garantizado en una gestión pública más eficientes y sostenible

¿Qué criterio de adjudicación garantiza una gestión pública más eficiente y sostenible?



Nota: El criterio MEAT (Most Economically Advantageous Tender) permite realizar una evaluación más integral de las ofertas, considerando la mejor relación entre costo, calidad, desempeño y sostenibilidad.

1.1.3. El Impacto de Triple Entrada: Una Visión Sistémica

El enfoque de sostenibilidad en la contratación pública ha evolucionado de ser una iniciativa voluntaria a una estructura operativa obligatoria fundamentada en tres pilares interconectados, conocidos como el "Triple Bottom Line" (TBL). Este marco, adaptado al sector público, exige que la eficiencia del gasto se evalúe no solo en términos de solvencia financiera, sino por su capacidad para generar valor neto en las esferas ambiental, social y económica de manera simultánea y sinérgica.

- **Impacto Ambiental: El Pilar Biofísico y la Descarbonización Sistémica:** El sector público, debido a su escala operativa, es responsable de una huella de carbono masiva, derivada principalmente de la construcción de infraestructura pesada, la gestión de flotas de transporte y el consumo intensivo de energía en edificios gubernamentales. En este contexto, la Compra Pública Verde (GPP) se posiciona como el motor principal de descarbonización industrial. Como señalan Alizeh et al. (2022), al integrar criterios ambientales rigurosos y exigir certificaciones internacionales tales como la Etiqueta

Ecológica de la UE, la norma ISO 14001 o la ISO 50001 de gestión energética, los gobiernos ejercen una presión técnica que fuerza a toda la cadena de suministro a modernizar sus activos y procesos. Este fenómeno genera un "efecto cascada" o externalidad positiva hacia el sector privado: los proveedores, para mantener su elegibilidad en el mercado público, estandarizan soluciones sostenibles que luego permean el mercado comercial, reduciendo los costos de las tecnologías limpias mediante economías de escala. Investigaciones de Vuković et al. (2024) confirman que las naciones que han adoptado marcos de GPP han logrado una reducción medible en sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), transformando la licitación en una herramienta de mitigación climática más efectiva que la regulación pasiva.

- **Impacto Social (El Pilar Humano):** La Contratación Pública Sostenible (CPS) incorpora cláusulas sociales vinculantes que trascienden el mero cumplimiento legal, exigiendo el respeto activo a los derechos humanos, la promoción de la equidad de género y la inclusión efectiva de colectivos vulnerables o en riesgo de exclusión. En el escenario global post-2021, la resiliencia social se ha consolidado como un factor crítico de estabilidad económica. Stritch & Christensen (2021) argumentan que la contratación pública que favorece estratégicamente a empresas de la economía social y solidaria no constituye un acto de caridad, sino una maniobra financiera inteligente: reduce la dependencia del Estado de los subsidios de desempleo y de los servicios de asistencia social, al tiempo que fortalece el tejido productivo comunitario. Al utilizar el gasto público para cerrar brechas de desigualdad, se crea un ciclo de retroalimentación positiva donde el bienestar local incrementa la base impositiva y la paz social, elementos que Adjei et al. (2023) identifican como prerequisites para un crecimiento económico sostenido y una gobernanza legítima en el siglo XXI.
- **Impacto Económico (El Pilar de la Eficiencia Real):** Contrario al mito persistente de que "lo sostenible es inherentemente más caro", la CPS busca la eficiencia financiera a largo plazo mediante la optimización de los recursos y la reducción de la exposición al riesgo. Al fomentar la competencia basada en criterios de innovación y rendimiento, el Estado incentiva la aparición de nuevas industrias y modelos de negocio. La integración de la economía circular en la contratación es fundamental en este pilar; al priorizar productos remanufacturados, servicios de *leasing* o materiales con alto contenido reciclado, se reduce drásticamente la dependencia de materias primas vírgenes. Según Sönnichsen & Clement (2021), esta estrategia protege el presupuesto nacional frente a

la volatilidad extrema de los precios de los *commodities* y las crisis de suministros globales. La eficiencia real se alcanza cuando el Estado deja de pagar por la propiedad de activos que se deprecian rápidamente y comienza a pagar por el valor retenido y el rendimiento funcional, asegurando que cada dólar invertido contribuya a la resiliencia macroeconómica y a la autonomía industrial del país, tal como lo sugieren Tortorella et al. (2021) en sus análisis sobre la cadena de suministro 4.0.

Figura 3.

Impacto de la Contratación Pública Sostenible



Nota: La contratación pública sostenible constituye una herramienta estratégica para que las decisiones de compra del Estado generen beneficios que trasciendan el cumplimiento de una necesidad inmediata.

1.1.4. El Mandato Constitucional y el Marco Jurídico Moderno

En América Latina, la evolución de la Contratación Pública Sostenible (CPS) ha encontrado un terreno fértil y un sustento dogmático en el denominado constitucionalismo transformador. A diferencia de los modelos de contratación de corte liberal clásico, en países como Colombia (Constitución de 1991) y Ecuador (Constitución de 2008), el gasto público no se concibe como un ejercicio discrecional o puramente administrativo, sino como una función social vinculada indisolublemente a la eficacia de los derechos fundamentales. Bajo este paradigma, el contrato estatal se transmuta en un instrumento de ejecución constitucional; por ende, toda erogación de recursos públicos debe estar alineada con los fines esenciales del Estado, particularmente la promoción de la prosperidad general y la garantía de un orden político, económico y social justo. La jurisprudencia y la doctrina regional han enfatizado que el administrador público no solo tiene la facultad, sino el deber de dirigir el poder de compra

hacia proveedores que demuestren un compromiso con la equidad y la preservación ambiental, transformando la licitación en un acto de justicia distributiva.

Este imperativo jurídico obliga a que cada unidad monetaria invertida por el Estado deba contribuir a la "función social y ecológica de la propiedad" y de la empresa. Este concepto, que subyace en las cartas magnas de la región, implica que la actividad económica no es un fin en sí mismo, sino que está supeditada al interés social y a la integridad de los ecosistemas. Según Gelderman et al. (2021), la omisión de criterios sostenibles en un proceso de licitación pública no es una simple deficiencia técnica, sino que, en el marco jurídico contemporáneo, podría interpretarse como una vulneración por omisión del derecho a un ambiente sano y del principio de precaución. Esta "judicialización de la sostenibilidad" ha generado un entorno de riesgo legal para las entidades que persisten en el modelo de compra lineal, impulsando una transición forzosa hacia la adopción de manuales, catálogos verdes y guías técnicas especializadas por parte de las agencias de contratación nacional, tales como Colombia Compra Eficiente o el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) en Ecuador.

Investigaciones recientes de Adjei et al. (2023) refuerzan esta tesis al señalar que la integración de criterios ambientales y sociales en las compras del Estado es la vía más expedita para operacionalizar los compromisos internacionales, como los derivados del Acuerdo de Escazú y la Agenda 2030, dentro de la esfera administrativa doméstica. Asimismo, Vuković et al. (2024) argumentan que en economías con una fuerte presencia estatal, la CPS actúa como un mecanismo de "regulación por contrato", donde el Estado establece estándares de desempeño que el mercado privado se ve compelido a adoptar para mantener su viabilidad como contratista. En consecuencia, el marco normativo de la contratación pública en América Latina ha dejado de ser un conjunto de reglas procedimentales para convertirse en un subsistema del derecho constitucional ambiental y social, donde la legalidad de un proceso de compra se mide por su capacidad de generar externalidades positivas y garantizar la sostenibilidad intergeneracional, tal como lo demandan los marcos de gobernanza climática analizados por Sönnichsen & Clement (2021).

1.1.5. El Comprador Público como Agente de Cambio e Innovación

La evolución del concepto de sostenibilidad ha provocado una metamorfosis irreversible en el perfil competencial del funcionario encargado de las adquisiciones estatales. En el paradigma actual, la figura del "tramitador de expedientes" centrada exclusivamente en

la verificación formal y el cumplimiento de pasos burocráticos ha quedado obsoleta, siendo desplazada por la del gestor de valor público. Este nuevo perfil de comprador estratégico debe poseer una visión transdisciplinaria que le permita navegar en la complejidad de los mercados tecnológicos, interpretar el rigor de las certificaciones ambientales internacionales (como las etiquetas tipo I, II y III de la norma ISO 14020) y aplicar métricas de impacto social que trasciendan la mera narrativa política. Según Sader et al. (2022), la efectividad de la Contratación Pública Sostenible (CPS) depende críticamente de la capacidad del funcionario para actuar como un "bróker de conocimiento", capaz de traducir las necesidades de la política pública en especificaciones técnicas de alto rendimiento que incentiven a la industria a elevar sus estándares de producción.

De acuerdo con las investigaciones de Vuković et al. (2024), existe una correlación directa entre el éxito de la transición hacia la CPS y la inversión institucional en capacitación técnica avanzada. Las entidades que logran resultados disruptivos no son aquellas que simplemente añaden cláusulas "verdes" a pliegos obsoletos, sino las que realizan estudios de mercado profundos para identificar la madurez tecnológica de la oferta. Esta profesionalización es fundamental para mitigar riesgos como el *greenwashing* o el direccionamiento de contratos. La literatura de Adjei et al. (2023) destaca que el comprador moderno debe dominar herramientas de análisis de datos y prospectiva tecnológica para entender cómo las decisiones de compra de hoy afectarán la resiliencia de la infraestructura pública en las próximas décadas. Por tanto, la gestión de adquisiciones se reconfigura como una función de inteligencia estratégica donde el ahorro no se mide en el momento de la firma, sino en la utilidad social y ambiental generada a lo largo del tiempo.

1.2. Principios rectores: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), consumo sostenible y necesidad justificada

La implementación efectiva de la Contratación Pública Sostenible (CPS) exige una ruptura definitiva con la "intuición administrativa" caracterizada por la adopción superficial de criterios ambientales para transitar hacia una metodología científica de compra fundamentada en la evidencia y el rigor técnico. Este cambio de paradigma implica que el éxito de una adquisición ya no puede validarse mediante la mera declaración de intenciones ecológicas por parte de los licitantes, sino que requiere la aplicación de principios científicos que permitan auditar, medir y verificar el impacto real de cada bien o servicio a lo largo de su ciclo de vida. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), la falta de una base metodológica sólida ha

derivado históricamente en fenómenos de *greenwashing* institucional, donde se adquieren productos con etiquetas ambiguas que no representan un beneficio neto para el ecosistema. Por ello, la CPS moderna se apoya en marcos de decisión multicriterio y en el análisis de datos masivos (*Big Data*) para garantizar que los criterios de sostenibilidad sean específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un marco temporal definido (SMART).

Para que esta metodología sea operacional, es imperativo que las entidades contratantes integren el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como la métrica de verdad técnica. El ACV permite cuantificar las cargas ambientales asociadas a un producto desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final, proporcionando una base empírica para la comparación de ofertas. Investigaciones de Adjei et al. (2023) subrayan que la transición hacia una "compra científica" requiere que las agencias gubernamentales desarrollen capacidades internas para interpretar Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) y certificaciones de Tipo I (ISO 14024). Sin esta capacidad técnica, el sistema de gestión de calidad de la contratación pública se vuelve inoperante frente a la complejidad de las cadenas de suministro globales. Como sostienen Vuković et al. (2024), la verificación del impacto real no es un proceso administrativo ex-post, sino un requisito de diseño ex-ante que debe quedar blindado en los pliegos de condiciones mediante indicadores de desempeño predictivos, asegurando que la sostenibilidad sea una característica intrínseca de la oferta ganadora y no un atributo puramente narrativo.

Asimismo, el rigor científico en la contratación pública se extiende a la dimensión social y económica a través del Costo Total de Propiedad (TCO) y el análisis de externalidades. La metodología científica permite monetizar impactos que la contabilidad tradicional ignora, como el costo social del carbono o los ahorros derivados de la eficiencia energética y la reducción de residuos. Según Gelderman et al. (2021), la adopción de estos principios técnicos es lo que permite al Estado justificar legal y económicamente la selección de ofertas que, teniendo un precio nominal más alto, representan un costo sistémico inferior para el erario público y la sociedad. La literatura de Tortorella et al. (2021) refuerza que la integración de tecnologías de la Industria 4.0, como el *blockchain* para la trazabilidad de materiales, es el siguiente paso en esta evolución metodológica, proporcionando una infraestructura de datos inmutable que facilita la auditoría externa y refuerza la transparencia en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En última instancia, la metodología científica

transforma la contratación pública en una disciplina de ingeniería financiera y ambiental dirigida a la creación de valor público resiliente.

1.2.1. El Valor por Dinero (VfM) como eje de la eficiencia moderna

El principio de Valor por Dinero (Value for Money - VfM) ha trascendido la simplista comparación de precios nominales para consolidarse como una métrica multidimensional de eficiencia en la gobernanza pública. En el marco de la contratación moderna, el VfM ya no se limita a la minimización del gasto inmediato, sino que se define como la consecución de la combinación óptima entre costes totales, calidad técnica, desempeño funcional y sostenibilidad integral. De acuerdo con Gelderman et al. (2021), el VfM en la era de la sostenibilidad incorpora la "economía del bienestar", un paradigma donde el valor se mide por la capacidad de la compra estatal para generar beneficios sociales y reducir pasivos ambientales a largo plazo. Bajo esta óptica, una oferta que presente un precio nominal más elevado en la fase de adquisición puede representar, en términos reales, un VfM superior si su implementación mitiga externalidades negativas como los costes derivados de la degradación de la salud pública por emisiones contaminantes o si garantiza una vida útil significativamente mayor, amortizando la inversión inicial a través de la durabilidad y la reducción de ciclos de reemplazo.

En la redefinición del valor exige que la administración pública asuma una perspectiva de Gestión de Activos y Ciclo de Vida. Como sostienen Adjei et al. (2023), la persistencia en el criterio del precio más bajo suele derivar en una "ineficiencia diferida", donde el ahorro aparente se ve neutralizado por elevados costes de mantenimiento, consumos energéticos ineficientes y costes de disposición final. La literatura técnica subraya que la sostenibilidad es un componente intrínseco de la calidad; por lo tanto, un bien que no cumple con estándares de eco-eficiencia no puede considerarse que ofrece un buen VfM, independientemente de su bajo coste de entrada. En consecuencia, el VfM actúa como el puente conceptual que permite al Estado justificar la inversión en tecnologías limpias y modelos circulares como la decisión fiscalmente más responsable para la protección del patrimonio público intergeneracional.

El principio de VfM sea efectivamente vinculante en los procesos de licitación, es imperativo traducir la "economía del bienestar" en algoritmos de ponderación cuantitativa dentro de los pliegos de condiciones. La literatura reciente de Vuković et al. (2024) sugiere que las entidades contratantes deben alejarse de las ponderaciones marginales y asignar entre un 20% y un 40% del puntaje total a criterios de desempeño ambiental y social. Este rango de

ponderación es el umbral necesario para que las ofertas sostenibles sean competitivas frente a aquellas que basan su estrategia exclusivamente en el bajo precio a costa de externalidades no internalizadas. Según Sönnichsen & Clement (2021), la asignación de puntajes significativos a la reducción de emisiones de CO_2 , la circularidad de los materiales y la inclusión de colectivos vulnerables permite que el sistema de contratación funcione como un mecanismo de corrección de mercado, premiando a los proveedores que invierten en innovación y responsabilidad corporativa.

La implementación de estas fórmulas requiere, sin embargo, un alto rigor en la fase de Estudio de Mercado y Definición de Indicadores. Como advierten Tortorella et al. (2021), para que el VfM no se vea comprometido por la ambigüedad, los criterios de sostenibilidad deben ser verificables mediante certificaciones de tercera parte o métricas de desempeño cuantificables bajo estándares internacionales (como las normas ISO 14040/44). La integración de la Inteligencia Artificial y la analítica predictiva en el análisis de las ofertas permite hoy a los compradores públicos simular escenarios de TCO (\$Total Cost of Ownership\$) y validar si la ponderación asignada efectivamente garantiza la selección de la oferta económicamente más ventajosa desde una perspectiva holística. De este modo, la contratación pública deja de ser un proceso administrativo de cumplimiento para transformarse en una herramienta de política industrial estratégica que asegura la coherencia entre el gasto estatal y los compromisos climáticos globales.

1.2.2. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV): La métrica de la verdad

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se consolida como la herramienta técnica y metodológica más robusta para la evaluación integral de las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. A diferencia de los modelos de evaluación tradicionales, que suelen restringirse a la fase de manufactura o al cumplimiento de normativas de emisión en el punto de salida de fábrica, el ACV adopta una visión holística y multidimensional denominada "de la cuna a la tumba" (cradle-to-grave). Este enfoque, estandarizado internacionalmente por las normas ISO 14040 e ISO 14044, exige la evaluación sistemática de cada etapa del sistema-producto: desde la extracción y procesamiento de materias primas, pasando por el diseño, la producción y la distribución logística, hasta la fase de uso, mantenimiento y, finalmente, su disposición final o reintegración en nuevos ciclos productivos. Según Sönnichsen & Clement (2021), la implementación del ACV en la gestión pública permite trascender el análisis superficial de "productos verdes" para identificar las transferencias de impactos ambientales

entre etapas, evitando que una mejora en la fase de uso resulte en una carga desproporcionada durante la extracción de materiales o el desmantelamiento.

La operatividad del ACV en la contratación pública sostenible se fundamenta en su capacidad para proporcionar datos empíricos que permiten una comparación objetiva entre ofertas técnicamente disímiles. En la fase de Inventario de Ciclo de Vida (ICV), se cuantifican las entradas (recursos y energía) y salidas (emisiones y residuos), las cuales son transformadas posteriormente en categorías de impacto, como el potencial de calentamiento global, la eutrofización hídrica o la toxicidad humana. De acuerdo con Adjei et al. (2023),

El uso del ACV es imperativo para evitar el sesgo del precio inicial, ya que permite a las entidades gubernamentales monetizar las externalidades negativas que ocurrirán años después de la compra. Investigaciones de Vuković et al. (2024) subrayan que el ACV está evolucionando hacia modelos de "la cuna a la cuna" (cradle-to-cradle), donde la circularidad se mide por la capacidad de los materiales para ser recuperados sin pérdida de calidad, transformando el residuo en un recurso estratégico y eliminando el concepto de "tumba" en el metabolismo industrial.

Asimismo, la integración del ACV en los pliegos de condiciones facilita la adopción del Life Cycle Costing (LCC), vinculando el desempeño biofísico con la sostenibilidad financiera. La literatura reciente de Sader et al. (2022) destaca que el rigor científico del ACV protege al Estado contra el greenwashing, al exigir que las afirmaciones ambientales de los proveedores estén respaldadas por Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) verificadas por terceras partes. Esta metodología científica no solo optimiza el uso de los recursos naturales, sino que también actúa como un motor de innovación para la industria, al obligar a los fabricantes a rediseñar sus procesos bajo principios de ecodiseño para mejorar su puntuación en los procesos licitatorios. Como sostienen Tortorella et al. (2021), en el contexto de la Industria 4.0, la automatización en la captura de datos mediante sensores IoT permite hoy realizar ACV dinámicos y en tiempo real, proporcionando una trazabilidad sin precedentes que asegura la coherencia entre los objetivos de descarbonización nacional y la ejecución del gasto público.

- 1. Extracción de recursos:** Consumo de materias primas y energía.
- 2. Producción:** Emisiones durante la manufactura y generación de residuos industriales.
- 3. Distribución:** Huella de carbono logística y eficiencia del empaquetado.

4. **Uso y mantenimiento:** Consumo de agua/energía y necesidad de repuestos.
5. **Fin de vida:** Costos y viabilidad del reciclaje o disposición final.

Los estudios de Antony & Snee (2022) demuestran de manera fehaciente que la integración del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en los pliegos de condiciones de la contratación pública constituye un mecanismo crítico para que los compradores estatales identifiquen y mitiguen los denominados "costos ambientales ocultos". Esta metodología permite desarticular la miopía financiera del ahorro inmediato al revelar que las decisiones basadas exclusivamente en el precio de adquisición suelen ignorar pasivos económicos masivos que se manifiestan en las fases de operación y post-uso.

En el análisis de adquisiciones de flotas de vehículos, la aplicación del ACV evidencia que la agregación de los costos de combustible, el mantenimiento preventivo y correctivo, y el impacto punitivo de las emisiones de carbono durante un horizonte temporal de 10 años, supera con creces el ahorro nominal inicial derivado de optar por vehículos de combustión interna frente a las alternativas eléctricas.

Como sostienen Tortorella et al. (2021), la falta de este análisis integral no solo compromete los objetivos de descarbonización nacional, sino que expone al erario público a una volatilidad de costos operativos que el ACV, como herramienta predictiva, es capaz de neutralizar mediante una planificación basada en datos empíricos. La aplicación matemática y financiera de este enfoque se formaliza a través del Life Cycle Costing (LCC) o Costeo del Ciclo de Vida, el cual actúa como el brazo económico del ACV al permitir la monetización directa de los impactos ambientales y sociales. Bajo el marco del LCC, factores inmateriales o biofísicos se transforman en variables contables, como ocurre con la internalización del costo por tonelada calculada mediante el Costo Social del Carbono. De acuerdo con investigaciones de Vuković et al. (2024), esta práctica permite a las entidades públicas realizar una comparación estandarizada entre ofertas, donde la "oferta más barata" se redefine como aquella que presenta el valor presente neto más bajo a largo plazo, incluyendo las externalidades negativas.

En este sentido, Adjei et al. (2023) argumentan que el LCC proporciona el rigor técnico necesario para justificar legalmente la adjudicación a propuestas de mayor inversión inicial, blindando la decisión administrativa frente a posibles impugnaciones basadas en el criterio de precio nominal. La convergencia del ACV y el LCC, por tanto, transforma la contratación

pública en un ejercicio de ingeniería financiera y ambiental, donde la eficiencia se mide por la capacidad del activo para retener valor y minimizar el daño sistémico.

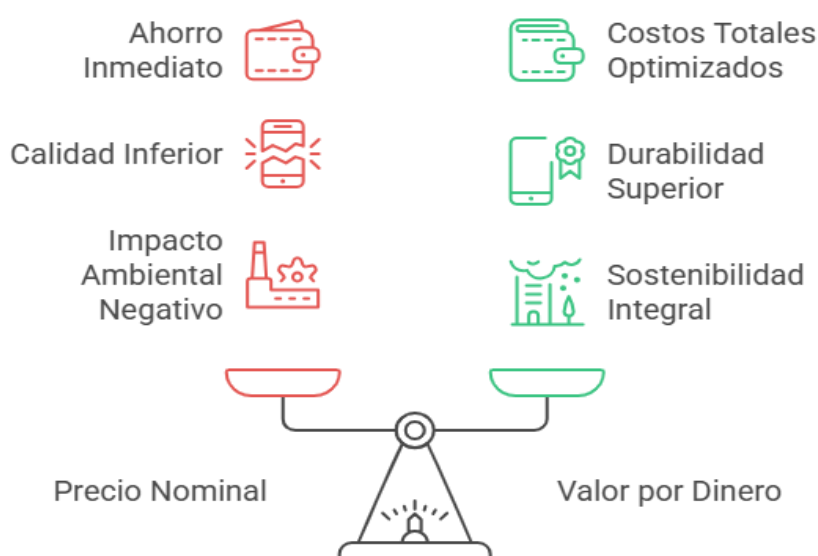
Asimismo, la literatura de Sönnichsen & Clement (2021) subraya que el LCC es fundamental para la transición hacia modelos de Economía Circular, ya que facilita la evaluación del valor residual de los materiales al final de su vida útil. Al integrar el valor de recuperación o los costos de disposición final dentro de la ecuación de compra, el Estado incentiva a los fabricantes a adoptar principios de ecodiseño y responsabilidad extendida del productor.

Según Gelderman et al. (2021), esta sofisticación metodológica es lo que permite que el sector público actúe como un consumidor inteligente que no solo satisface una necesidad inmediata, sino que gestiona proactivamente los riesgos de transición climática y protege la solvencia fiscal ante futuros impuestos al carbono o regulaciones ambientales más restrictivas. En última instancia, el binomio ACV-LCC representa la transición de una contabilidad pública de caja hacia una contabilidad de valor total, indispensable para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Figura 4.

Equilibrado costos y valor de contratación pública

Equilibrando Costo y Valor en la Contratación Pública



Nota La imagen representa la necesidad de equilibrar el costo y el valor en la contratación pública, superando la visión tradicional basada únicamente en el precio nominal.

1.2.3. Consumo Sostenible: El Estado como consumidor responsable

El principio de Consumo Sostenible en el ámbito gubernamental trasciende la mera gestión de suministros para constituirse como un mandato de ética institucional y sobriedad operativa. Este concepto se fundamenta en la premisa de que las adquisiciones del Estado no solo cumplen la función de satisfacer necesidades administrativas, sino que actúan como potentes mecanismos de señalización hacia el mercado global, capaces de moldear la oferta industrial y redefinir los estándares de aceptabilidad comercial. De acuerdo con Gelderman et al. (2021), cuando el sector público que representa una proporción masiva del Producto Interno Bruto (PIB) adopta criterios de sostenibilidad, reduce la incertidumbre para los inversores en tecnologías verdes, proporcionando la demanda crítica necesaria para alcanzar economías de escala que, de otro modo, serían inalcanzables para el sector privado de forma aislada. En este sentido, la ejemplaridad del Estado no es una opción retórica, sino una herramienta de política pública estratégica que fomenta la transparencia y la responsabilidad extendida del productor, obligando a los licitantes a internalizar sus externalidades ambientales para mantener su competitividad en el mercado público.

Según las investigaciones de Sader et al. (2022), el consumo sostenible en el sector público debe priorizar la desmaterialización, un proceso que implica el desplazamiento del valor desde la propiedad física hacia la utilidad del servicio. Este paradigma se materializa a través de la Servitización (o *Product-Service Systems* - PSS), donde la administración pública transita de la compra de bienes tangibles a la adquisición de funcionalidades específicas. Un ejemplo crítico de esta transición es el paso de la compra tradicional de hardware informático a la contratación de servicios de computación gestionados. Bajo este esquema, el proveedor mantiene la propiedad legal y técnica del hardware, asumiendo la responsabilidad total de su mantenimiento, actualización tecnológica y, fundamentalmente, de su reciclaje y disposición final al término de su vida útil. Como señalan Adjei et al. (2023), la servitización desvincula el crecimiento económico del consumo de recursos vírgenes, incentivando al proveedor a diseñar productos más duraderos, reparables y eficientes, ya que cualquier fallo o ineficiencia operativa se traduce ahora en un costo directo para el fabricante y no para el Estado.

Esta estrategia no solo mitiga el riesgo de obsolescencia tecnológica, sino que reduce drásticamente el desperdicio electrónico (*e-waste*), uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento y mayor toxicidad a nivel mundial. Al asegurar que los equipos operen siempre en sus niveles máximos de eficiencia energética mediante el control centralizado del proveedor,

la servitización contribuye de manera directa a la reducción de la huella de carbono de las instituciones públicas. De acuerdo con Vuković et al. (2024), la integración de estos modelos en la contratación pública requiere una reingeniería de los marcos jurídicos y presupuestarios, pasando de inversiones en bienes de capital (CAPEX) a gastos operativos de servicios (OPEX). Investigaciones de Tortorella et al. (2021) en el marco de la Industria 4.0 destacan que la servitización, apoyada en el monitoreo remoto de activos, garantiza una trazabilidad total de los materiales, cerrando efectivamente el ciclo de vida del producto y alineando la gestión gubernamental con los principios de la economía circular y los compromisos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

1.2.4. La Necesidad Justificada y la "No-Compra"

El principio de Necesidad Justificada se erige como el componente más disruptivo de la Contratación Pública Sostenible (CPS), al desplazar el foco de atención desde la eficiencia del proceso de compra hacia la legitimidad de la adquisición misma. Este principio exige que, con anterioridad al inicio de cualquier expediente administrativo, la entidad realice un análisis crítico y exhaustivo sobre la utilidad marginal y la pertinencia existencial del bien o servicio solicitado. Operativamente, este enfoque se alinea de manera estricta con la jerarquía de la gestión de recursos Rechazar, Reducir, Reutilizar, anteponiendo la prevención del consumo a la adquisición por inercia. De acuerdo con las investigaciones de Tortorella et al. (2021), la sostenibilidad en el sector público alcanza su cénit cuando se comprende que la compra más responsable es, paradójicamente, aquella que no ocurre. Esta premisa obliga a las organizaciones a implementar estrategias de "gestión de la demanda", donde el primer paso no es la prospección del mercado externo, sino la identificación y optimización de recursos infrautilizados o redundantes dentro de la propia arquitectura institucional.

La implementación de la Necesidad Justificada permite que las entidades gubernamentales transiten de una visión basada en la propiedad a una basada en la utilidad compartida. Por ejemplo, ante el requerimiento de renovación de mobiliario de oficina o infraestructura tecnológica, una gestión pública alineada con los estándares de Adjei et al. (2023) priorizaría servicios de remanufactura, actualización de componentes o la implementación de sistemas de inventario compartido entre departamentos. Este enfoque evita la acumulación de activos varados y mitiga el impacto ambiental derivado de la extracción de materias primas vírgenes y la gestión de residuos. Sin embargo, como sostiene la literatura de Gelderman et al. (2021), este paradigma requiere un cambio cultural profundo en la

administración del Estado: es imperativo abandonar la cultura de "ejecución presupuestaria por agotamiento" donde el éxito se mide por el gasto total de la partida anual para adoptar una cultura de optimización de activos. En esta nueva visión, la eficiencia administrativa se valida mediante la capacidad del funcionario para extender el ciclo de vida de los recursos existentes, garantizando que el gasto público se dirija exclusivamente a necesidades insatisfechas que no puedan resolverse mediante la economía circular interna.

Asimismo, el principio de Necesidad Justificada actúa como una salvaguarda contra la obsolescencia programada y la hipertrofia administrativa. Según Sader et al. (2022), en el contexto de la Calidad 4.0, la digitalización de los inventarios estatales y el uso de analítica de datos permiten una trazabilidad en tiempo real de la tasa de uso de cada bien, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia científica. Esta "sobriedad administrativa" se complementa con el análisis de alternativas funcionales; es decir, evaluar si el problema del usuario puede resolverse mediante una innovación en el proceso en lugar de la compra de un producto físico. De acuerdo con Vuković et al. (2024), las organizaciones que han integrado exitosamente la Necesidad Justificada han reportado no solo una reducción drástica en su huella de carbono institucional, sino también una mayor resiliencia financiera, al liberar recursos presupuestarios para áreas críticas de política social. En última instancia, este principio transforma la contratación pública en un ejercicio de responsabilidad intergeneracional, asegurando que el consumo actual del Estado no comprometa la disponibilidad de recursos para el futuro, consolidando así la legitimidad del gasto público en el marco de la Agenda 2030.

1.2.5. Desafíos Técnicos y la Brecha de Capacitación

A pesar de la robustez teórica que sustenta los principios de la Contratación Pública Sostenible (CPS), su implementación efectiva en el ecosistema administrativo enfrenta barreras estructurales significativas que comprometen su escalabilidad. La investigación fundamental de Grandia & Von Deetzen (2021), identifica que la debilidad crítica reside en la "falta de competencia técnica" y la fragmentación del conocimiento dentro de los equipos de contratación. La transición hacia una compra basada en el valor exige que el funcionario público trascienda el rol de verificador jurídico para asumir competencias en disciplinas altamente especializadas: la evaluación rigurosa de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) requiere conocimientos sólidos en ingeniería ambiental; la definición de criterios de Valor por Dinero (VfM) demanda habilidades en análisis financiero avanzado y prospectiva económica;

y la integración de cláusulas sociales y ambientales necesita una interpretación sofisticada del derecho administrativo para evitar vicios de nulidad o falta de concurrencia.

Según Adjei et al. (2023), esta brecha de capacidades genera una "resistencia por inseguridad técnica", donde los compradores públicos optan por retornar al criterio del precio más bajo para evitar riesgos de impugnación o auditorías negativas, perpetuando así la ineficiencia sistémica a pesar de la existencia de marcos normativos favorables. Esta carencia de especialización se ve agravada por la falta de herramientas de soporte de decisión que permitan procesar la complejidad de los datos ambientales de manera estandarizada. Investigaciones de Vuković et al. (2024) sugieren que, sin una capacitación continua y la creación de unidades de apoyo técnico multidisciplinario, la CPS corre el riesgo de convertirse en un ejercicio de cumplimiento formal *box-ticking* en lugar de una herramienta de transformación real. La literatura reciente subraya que el desafío no es solo la adquisición de nuevos conocimientos, sino el cambio de una cultura organizacional burocrática hacia una orientada a la gestión del desempeño, donde el impacto ambiental y social se valore con el mismo rigor que la ejecución presupuestaria. En este sentido, Gelderman et al. (2021) enfatizan que el apoyo político de alto nivel es una condición necesaria pero insuficiente si no se acompaña de una inversión masiva en el capital humano que debe operacionalizar los pliegos de condiciones y supervisar la ejecución de los contratos sostenibles.

Figura 5.

Principios de adquisición sostenible



Nota. Los principios de adquisición sostenible permiten orientar la contratación pública hacia decisiones que integren criterios económicos, ambientales y sociales, evitando que el proceso se limite únicamente a seleccionar la alternativa de menor precio.

Para mitigar esta brecha competencial, las organizaciones líderes están recurriendo a la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data como mecanismos de asistencia técnica y automatización de la complejidad. Como proponen Nayak & Yue (2023), el uso de algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) para analizar vastas bases de datos de proveedores y catálogos de productos permite predecir el impacto ambiental potencial con un alto grado de precisión, basándose en patrones de compras históricas, comparativas globales y declaraciones ambientales de producto (EPD) digitalizadas. Este enfoque tecnológico actúa como un "ecualizador de capacidades", democratizando el acceso a evaluaciones de impacto complejas como el ACV para entidades gubernamentales de menor escala o gobiernos locales que carecen de especialistas dedicados. La integración de la IA permite procesar variables que serían inabarcables para un analista humano, facilitando la identificación de riesgos de greenwashing mediante la validación cruzada de certificaciones y el monitoreo de la reputación socio-ambiental de la cadena de suministro en tiempo real.

De acuerdo con Tortorella et al. (2021), la implementación de estas herramientas en el marco de la Industria 4.0 no solo simplifica la labor del comprador, sino que dota al proceso de una transparencia y objetividad sin precedentes. Al automatizar la ponderación de los criterios del Criterio de la Oferta Económicamente Más Ventajosa (MEAT), se reduce la discrecionalidad y se incrementa la seguridad jurídica, factores esenciales para incentivar la participación de empresas innovadoras en las licitaciones públicas. Asimismo, Sader et al. (2022) destacan que el uso de analítica predictiva permite a las agencias de contratación nacional diseñar políticas de compra proactivas, anticipando las necesidades del Estado y alineándolas con la capacidad de respuesta del mercado verde. En última instancia, la convergencia entre la tecnología de datos y la CPS permite que la "metodología científica de compra" sea accesible para todo el sector público, asegurando que el gasto estatal cumpla de manera efectiva y auditable con los compromisos de la Agenda 2030 y la descarbonización de la economía.

1.3. La Economía Circular como motor: Sistemas de producción que cierran el ciclo de materiales

La Economía Circular (EC) ha trascendido su concepción original como una propuesta estrictamente ambientalista para consolidarse en el marco de la gobernanza pública como un imperativo de soberanía económica y eficiencia operativa sistémica. En el escenario contemporáneo de volatilidad geopolítica y fragilidad de las cadenas de suministro globales, la EC se redefine en la contratación pública como un modelo de gestión estratégica donde el valor intrínseco de los productos, materiales y recursos se preserva dentro del ciclo económico durante el mayor tiempo posible. Este enfoque no busca únicamente mitigar la generación de residuos en la etapa de disposición final, sino optimizar la productividad del capital natural y técnico. De acuerdo con Alizeh et al. (2022), la contratación pública circular (CPC) actúa como un mecanismo de defensa macroeconómica, permitiendo a los Estados reducir su dependencia de la importación de materias primas críticas y minimizar la exposición a la inflación de costos mediante la creación de bucles locales de recuperación y remanufactura.

Este cambio de paradigma exige una metamorfosis en la identidad institucional del sector público: el Estado debe abandonar su rol tradicional de "comprador de objetos" centrado en la adquisición de la propiedad física y el cumplimiento de anualidades presupuestarias para convertirse en un sofisticado "gestor de flujos de valor". Según Sönnichsen & Clement (2021), esta transición implica que la administración pública asuma la responsabilidad sobre el ciclo de vida completo de los recursos que moviliza a través de su poder de compra. Como gestor de flujos, el Estado prioriza la funcionalidad sobre la posesión, incentivando modelos de negocio basados en el rendimiento y la servitización. Investigaciones de Adjei et al. (2023) subrayan que esta gestión estratégica permite internalizar el valor residual de los activos, transformando lo que anteriormente se consideraba un gasto de disposición en un capital recuperable, alineando así el presupuesto estatal con la resiliencia industrial y los objetivos de descarbonización de la Agenda 2030.

La operatividad de este modelo como motor de eficiencia se sustenta en la capacidad del Estado para traccionar la innovación en el mercado. De acuerdo con Vuković et al. (2024), las entidades que han tenido éxito en la implementación de la CPC son aquellas que han integrado criterios de ecodiseño y logística inversa en sus pliegos de condiciones, forzando a los proveedores a adoptar una mentalidad de ciclo cerrado. Este enfoque no solo optimiza el Gasto Público Total (OPEX y CAPEX), sino que fomenta el desarrollo de un ecosistema de

pymes locales especializadas en servicios de mantenimiento, reparación y actualización tecnológica. Como sostienen Tortorella et al. (2021), en el contexto de la Industria 4.0, la gestión de flujos de valor se ve potenciada por el uso de gemelos digitales y trazabilidad mediante *blockchain*, permitiendo que el comprador público audite en tiempo real la circularidad de los materiales y garantice que la inversión estatal fortalezca la autonomía económica nacional frente a los desafíos del siglo XXI.

1.3.1. El cambio de la linealidad a la circularidad en el sector público

Tradicionalmente, las entidades públicas han operado bajo un paradigma de gestión de recursos estrictamente lineal, sintetizado en la secuencia Extraer, Fabricar, Usar, Eliminar. Este modelo se revela hoy como intrínsecamente ineficiente y económicamente insostenible, dado que su viabilidad financiera depende de la externalización sistemática de los costos de disposición final y de la presunción falaz de una disponibilidad infinita de recursos naturales. En la contratación lineal, el sector público agota su responsabilidad en el momento de la adquisición, ignorando los pasivos ambientales y económicos que se generan cuando los productos alcanzan su fin de vida útil. Según Sönnichsen & Clement (2021), esta estructura no solo exacerba la crisis climática, sino que genera una "fuga de valor" masiva, donde materiales procesados con altos insumos energéticos terminan en vertederos, obligando al Estado a financiar procesos de remediación que podrían haberse evitado mediante un diseño contractual circular.

La persistencia en la linealidad, por tanto, representa una forma de ineficiencia administrativa que compromete la solvencia fiscal ante el encarecimiento de las materias primas y las tasas de gestión de residuos. Investigaciones fundamentales de Alizeh et al. (2022) subrayan que la Contratación Pública Circular (CPC) no es meramente una política de mitigación ambiental, sino que actúa como el catalizador macroeconómico necesario para escalar soluciones tecnológicas que el mercado privado, operando bajo lógicas de beneficio a corto plazo, no logra consolidar por sí solo. Al integrar criterios de circularidad en los pliegos de condiciones tales como la exigencia de modularidad, la disponibilidad de repuestos y la facilidad de desmontaje, el Estado utiliza su poder de compra para reducir las barreras de entrada de las innovaciones regenerativas. Como sostienen Adjei et al. (2023), este enfoque permite al Estado reducir drásticamente su vulnerabilidad ante la interrupción de las cadenas de suministro globales, las cuales han demostrado una fragilidad crítica en el contexto geopolítico actual.

Al transitar hacia la CPC, el sector público incentiva la creación de bucles locales de reparación, remanufactura y reciclaje, fortaleciendo la soberanía industrial y asegurando que los recursos críticos permanezcan dentro de la economía nacional, minimizando así la exposición a la inflación externa y los choques de oferta. La efectividad de la CPC como motor de resiliencia se fundamenta en la capacidad de la administración para redefinir el concepto de "suministro". De acuerdo con Vuković et al. (2024), las entidades que adoptan la circularidad pasan de comprar bienes perecederos a gestionar activos de larga duración, lo que requiere una reingeniería de las relaciones con los proveedores hacia modelos de asociación a largo plazo. Este cambio es respaldado por Tortorella et al. (2021), quienes destacan que en el marco de la Industria 4.0, la CPC se beneficia de la digitalización para monitorear el estado de los activos en tiempo real, facilitando la logística inversa y la recuperación de componentes antes de que pierdan su valor técnico.

En última instancia, la transición de la linealidad a la circularidad representa el paso de una gestión pública reactiva y extractiva a una gobernanza de recursos prospectiva, donde cada dólar invertido en contratación contribuye a la regeneración del capital natural y al blindaje de la economía local frente a las incertidumbres del siglo XXI.

1.3.2. Estrategias clave para la implementación de la circularidad

En la economía circular (EC) trascienda la retórica institucional y se convierta en una realidad operativa dentro de los pliegos de contratación pública, es imperativo que su implementación se articule a través de estrategias técnicas que redefinan la relación entre el Estado, el proveedor y el ciclo de vida del activo. Según Alizeh et al. (2022), la efectividad de la contratación pública circular (CPC) reside en la capacidad de la administración para integrar criterios de circularidad que no solo se limiten a la fase de adquisición, sino que garanticen la retención del valor material y funcional en el tiempo. Estas estrategias permiten mitigar el riesgo de obsolescencia y reducen la huella de carbono sistémica del Estado al desvincular la prestación de servicios del consumo ininterrumpido de recursos vírgenes.

A continuación, se expanden las cuatro estrategias fundamentales sustentadas en literatura científica contemporánea:

A. Extensión de la vida útil: Más allá de la garantía técnica

La obsolescencia programada definida como la planificación deliberada del fin de la vida útil de un producto para incentivar el reemplazo prematuro se erige como el enemigo natural de la eficiencia pública y la sostenibilidad fiscal. En un modelo de Contratación Pública Circular (CPC), la prioridad se desplaza de la adquisición de bienes de bajo costo inicial hacia la selección de productos diseñados bajo criterios estrictos de durabilidad extrema y resiliencia técnica. Según las investigaciones de Sader et al. (2022), las entidades contratantes deben evolucionar sus metodologías de evaluación para trascender el análisis del periodo de garantía técnica comercial, integrando en su lugar el índice de "reparabilidad" como un factor de adjudicación vinculante. Esto implica la exigencia contractual de un "ecosistema de mantenimiento" que garantice el acceso irrestricto a manuales de reparación originales, la disponibilidad de repuestos críticos por un periodo mínimo estandarizado (frecuentemente fijado en 10 años para infraestructura y bienes de capital) y, fundamentalmente, el uso de componentes modulares que permitan actualizaciones de hardware sin necesidad de descartar el equipo completo.

Este enfoque no solo mitiga el desperdicio electrónico y material, sino que protege al Estado contra el "secuestro tecnológico" por parte de proveedores que utilizan arquitecturas cerradas para forzar ciclos de recompra. De acuerdo con Vuković et al. (2024), el fortalecimiento del derecho a la reparación dentro de los pliegos de condiciones fomenta la creación de mercados locales de servicios técnicos, dinamizando la economía regional y reduciendo la huella de carbono asociada a la logística de devolución y fabricación de nuevos componentes. La durabilidad, por tanto, deja de ser un atributo deseable para convertirse en una métrica de Valor por Dinero (VfM), donde la inversión inicial se amortiza mediante la extensión de la vida operativa del activo, asegurando una gestión responsable del erario público frente a la volatilidad de los precios de las materias primas globales y los desafíos de la crisis climática.

Bajo esta nueva lógica de gobernanza, se consolida la premisa de que "la verdadera economía circular en el sector público comienza con el diseño del contrato, no con el tratamiento del residuo". Esta adaptación de los principios propuestos por Tortorella et al. (2021) subraya que la sostenibilidad no debe ser una medida reactiva de gestión de desechos, sino una característica intrínseca del objeto contractual. El diseño del contrato debe funcionar como un manual de instrucciones para el ciclo de vida del recurso, estableciendo desde el inicio las obligaciones de logística inversa, la gestión de la propiedad de los materiales y los

estándares de ecodiseño que faciliten el desmontaje y la reutilización. Al configurar el contrato como un instrumento de economía circular, el Estado ejerce su poder de compra para obligar a la industria a transitar hacia modelos de producción de circuito cerrado, donde el proveedor asume la responsabilidad extendida del producto.

Como sostienen Adjei et al. (2023), la integración de criterios de circularidad en la etapa de pre-licitación permite que el Estado actúe como un catalizador de la innovación sistémica, señalizando al mercado la demanda de soluciones que prioricen la retención de valor material. Esta visión es reforzada por Gelderman et al. (2021), quienes argumentan que el contrato circular es la herramienta legal que permite alinear los objetivos presupuestarios con los compromisos internacionales de la Agenda 2030. En última instancia, el diseño contractual proactivo elimina la ineficiencia de intentar "gestionar" un residuo que nunca debió existir, promoviendo en su lugar un metabolismo industrial donde cada componente adquirido por el sector público sea visto como un recurso estratégico que debe ser mantenido, reparado y finalmente reintegrado en el ciclo económico, garantizando así la resiliencia y la soberanía de los recursos nacionales.

B. Modelos de Producto como Servicio (Paas) y Servitización

Uno de los avances más disruptivos y significativos en la gestión estratégica de activos públicos es la transición desde la adquisición de propiedad hacia modelos de "Pago por Uso" o "Producto como Servicio" (PaaS). Bajo este paradigma, el Estado deja de actuar como un acumulador de bienes físicos que conllevan riesgos de obsolescencia, depreciación y altos costos de mantenimiento para transformarse en un contratante de servicios funcionales específicos. Este cambio se manifiesta en conceptos innovadores como la "Luz como Servicio" (Lighting as a Service - LaaS), la "Movilidad como Servicio" (Mobility as a Service - Maas) o la gestión de mobiliario circular. Según Gelderman et al. (2021), la servitización permite al sector público desvincular la satisfacción de sus necesidades operativas del consumo intensivo de capital, trasladando la responsabilidad de la eficiencia del activo directamente al proveedor, quien mantiene la propiedad legal y técnica del bien durante todo su ciclo de vida.

Esta reconfiguración de la compra pública genera un alineamiento de incentivos económicos y ambientales sin precedentes. En un contrato de compra tradicional, el proveedor maximiza su beneficio vendiendo el mayor número de unidades posible, a menudo con durabilidad limitada; en cambio, en un modelo PaaS, el beneficio del contratista depende de la

durabilidad y la eficiencia del activo. De acuerdo con las investigaciones de Sader et al. (2022), al contratar un servicio (ej. lúmenes en lugar de bombillas), el proveedor asume los costos de energía y mantenimiento, lo que le obliga a implementar tecnologías de punta y sistemas de diseño modular para minimizar sus propios costos operativos. Como sostiene Adjei et al. (2023), este enfoque no solo garantiza que el Estado opere siempre con la tecnología más eficiente y sostenible disponible en el mercado, sino que elimina la carga administrativa y financiera de la disposición final de residuos, ya que la logística inversa está integrada intrínsecamente en el modelo de negocio del prestador.

La implementación de modelos de Pago por Uso también fortalece la resiliencia fiscal y la transparencia en la ejecución del gasto público. Al convertir gastos de capital (CAPEX) en gastos operativos (OPEX), las entidades gubernamentales pueden gestionar sus presupuestos con mayor flexibilidad y predictibilidad. Según Vuković et al. (2024), la servitización facilita la adopción de la economía circular al asegurar que los materiales críticos se mantengan bajo control profesional, permitiendo su remanufactura o reciclaje de alta calidad una vez concluido el contrato. Además, en el contexto de la Industria 4.0, estos modelos se ven potenciados por el uso de sensores IoT y analítica de datos, que permiten un monitoreo en tiempo real del rendimiento del servicio, asegurando que el Estado pague estrictamente por el valor recibido y no por la mera tenencia de equipos inactivos o ineficientes, tal como lo proponen Tortorella et al. (2021) en sus estudios sobre cadenas de suministro inteligentes.

- **Ventaja para el Estado:** Elimina costos de mantenimiento y desactualización tecnológica.
- **Incentivo para el Proveedor:** Al mantener la propiedad del bien, el proveedor tiene un incentivo directo para fabricar productos duraderos, de bajo consumo energético y fáciles de reciclar al final de su contrato.

C. Cierre de ciclos y Logística Inversa

La Contratación Pública Circular (CPC) exige que los instrumentos contractuales trasciendan la fase de entrega del bien para incorporar mecanismos jurídicos de responsabilidad extendida, tales como las cláusulas de "Take-Back" (recogida y retorno). Bajo este esquema, al finalizar la vida útil operativa de un equipo o sistema, el proveedor original asume la obligación vinculante de reintegrar dicho activo a su ciclo productivo o canalizarlo hacia procesos de valorización de alta calidad. Esta estrategia desplaza la carga de la gestión de

residuos desde la entidad pública hacia el contratista, quien posee la competencia técnica necesaria para el desmantelamiento y la recuperación de componentes. Como señalan Alizeh et al. (2022), la efectividad de estas cláusulas reside en su capacidad para internalizar los costos de fin de vida en la oferta inicial, incentivando a los fabricantes a diseñar productos bajo principios de ecodiseño que faciliten la separación de materiales y minimicen la presencia de sustancias peligrosas que dificultarían su posterior tratamiento.

Investigaciones de Adjei et al. (2023) indican que la implementación sistemática de cláusulas de logística inversa, especialmente en contratos de infraestructura tecnológica y electrónica, ha transformado radicalmente el panorama de la gestión de activos en el sector público. En el contexto europeo, estas prácticas han permitido reducir el desperdicio electrónico en más de un 35% en el trienio reciente, convirtiendo lo que históricamente se gestionaba como un "gasto de disposición" con sus respectivos riesgos ambientales y costos de vertido en una oportunidad estratégica de recuperación de materiales críticos (como tierras raras, litio y cobalto). Esta transición es fundamental en un escenario de escasez de recursos, donde el Estado utiliza su poder de compra para asegurar que los componentes de alto valor tecnológico no se pierdan en el flujo de residuos convencionales, sino que sirvan de insumo para la remanufactura nacional, fortaleciendo así la resiliencia de la base industrial frente a choques externos en las cadenas de suministro globales.

La operatividad de estos sistemas de retorno se ve reforzada por la integración de indicadores de desempeño específicos en la fase de ejecución contractual. De acuerdo con Vuković et al. (2024), el éxito de las políticas de *Take-Back* depende de que los pliegos definan con precisión los niveles de recuperación esperados y los estándares de certificación de los procesos de reciclaje aplicados por el proveedor. Asimismo, Tortorella et al. (2021) resaltan que la digitalización de la cadena de suministro mediante el uso de pasaportes digitales de productos y trazabilidad *blockchain* permite a los compradores públicos auditar de manera inmutable el destino final de los bienes retirados. Esta transparencia no solo previene el tráfico ilegal de residuos electrónicos hacia países en desarrollo, sino que proporciona al Estado datos precisos sobre su ahorro de emisiones de CO2 evitadas, permitiendo una rendición de cuentas alineada con los compromisos climáticos internacionales y la meta de neutralidad de carbono para el año 2050.

D. Ecodiseño y Selección de Materiales

El ecodiseño constituye la piedra angular de la contratación pública circular, al garantizar que la integridad de los materiales y la arquitectura del producto faciliten la recuperación de valor al término de su vida operativa. En términos técnicos, esto exige que el diseño del activo sea intrínsecamente desmontable, priorizando la pureza de los materiales y evitando el uso de compuestos tóxicos o aleaciones inseparables que actúan como contaminantes en los flujos de reciclaje. Según Sader et al. (2022), la implementación de principios de ecodiseño permite transitar hacia un modelo de "edificios como bancos de materiales", donde cada componente de la infraestructura pública es catalogado y diseñado para su futura desconstrucción en lugar de su demolición. Este enfoque reduce drásticamente la generación de escombros y desperdicios inertes, asegurando que los recursos invertidos por el Estado mantengan su utilidad técnica para ciclos productivos subsecuentes, mitigando así el riesgo de activos varados y la degradación ambiental sistémica.

En el ámbito específico de la construcción de obra pública, el uso de materiales de base biológica, biopolímeros y áridos reciclados está siendo impulsado agresivamente por marcos normativos de contratación que han evolucionado hacia una evaluación multicriterio. Como señalan Vuković et al. (2024), las agencias de contratación nacional están implementando pliegos de condiciones que otorgan puntajes adicionales significativos a los licitantes que demuestren un menor impacto ambiental en la etapa de pre-producción. Esta evaluación se formaliza mediante la presentación de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD), que permiten cuantificar objetivamente la energía embebida y las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a la extracción y procesamiento de los materiales. La literatura reciente de Adjei et al. (2023) destaca que incentivar el uso de biopolímeros y hormigones de baja huella de carbono no solo cumple con las metas climáticas nacionales, sino que actúa como un motor de innovación para la industria química y de materiales local, forzando una modernización de la cadena de suministro hacia la descarbonización.

Asimismo, la integración del ecodiseño en la obra pública se ve reforzada por el uso de metodologías de Modelado de Información de Construcción (BIM) acopladas a la sostenibilidad. De acuerdo con Tortorella et al. (2021), la digitalización permite simular la fase de desmantelamiento desde la etapa de anteproyecto, optimizando la selección de materiales según su potencial de reciclabilidad y toxicidad. La normativa europea, por ejemplo, ha comenzado a normalizar el uso de "Pasaportes de Materiales", una herramienta digital que detalla la composición química y la pureza de cada elemento constructivo, facilitando la

logística inversa y la remanufactura. Según Sönnichsen & Clement (2021), este nivel de rigor técnico en los procesos de licitación es lo que permite al Estado asegurar que las inversiones en infraestructura no se conviertan en pasivos ambientales futuros, transformando la contratación en una política industrial activa que premia la eficiencia termodinámica y la soberanía de los recursos materiales del país.

1.3.3. Métricas y KPIs de Circularidad en Contratos Públicos

Bajo la premisa fundamental de que "la gestión de lo que no se mide es imposible", la Contratación Pública Sostenible (CPS) ha evolucionado hacia una fase de madurez técnica donde la verificación del impacto exige el uso de sistemas de medición cuantitativos y auditables. La literatura reciente de Antony & Snee (2022) propone el uso de Indicadores de Circularidad (IC) diseñados específicamente para el sector público, los cuales permiten desplazar el foco desde el cumplimiento normativo hacia la eficiencia termodinámica y el valor retenido en la economía. Estos indicadores actúan como herramientas de control de calidad bajo la metodología Lean Six Sigma, permitiendo a los compradores públicos identificar cuellos de botella en el ciclo de vida de los materiales y cuantificar la brecha entre la circularidad teórica de un pliego y el rendimiento real del contrato. Según Sader et al. (2022), la integración de estos indicadores en los sistemas de gestión de calidad gubernamentales es el único mecanismo capaz de neutralizar la subjetividad y proporcionar una base científica para la rendición de cuentas en el marco de la Agenda 2030.

La implementación de los IC se estructura sobre dimensiones críticas que evalúan la resiliencia del recurso y la eficacia del servicio. De acuerdo con Vuković et al. (2024), los indicadores más robustos incluyen la Tasa de Contenido Reciclado, que mide la pureza de los insumos en la etapa de preproducción, y el Índice de Durabilidad Extendida, que correlaciona la inversión inicial con la vida útil proyectada del activo frente a los estándares de obsolescencia del mercado. Estos datos, cuando se integran mediante tecnologías de la Industria 4.0 como el Big Data y la analítica predictiva, permiten a las agencias de contratación nacional realizar comparativas globales de desempeño. Como señalan Tortorella et al. (2021), la métrica de circularidad debe ser dinámica; no basta con medir el potencial de reciclaje al inicio, sino que es imperativo auditar el Retorno Real de Materiales al finalizar el contrato. Este rigor métrico asegura que el sector público actúe como un consumidor inteligente que no solo optimiza el gasto presupuestario, sino que gestiona proactivamente la soberanía de los recursos materiales del país.

Asimismo, la literatura de Adjei et al. (2023) enfatiza que los IC deben ser multidimensionales, incorporando métricas de Evitación de Carbono Embebido y de Intensidad de Uso. Esta última es particularmente crítica en modelos de servitización, donde el éxito no se mide por la cantidad de bienes adquiridos, sino por la eficiencia con la que un solo activo satisface las necesidades de múltiples usuarios. La adopción de indicadores estandarizados, alineados con marcos internacionales como la ISO 59020 (actualmente en desarrollo para la medición de la circularidad), permite que el Estado justifique legalmente la selección de ofertas con mayor inversión inicial pero mejor desempeño sistémico. En última instancia, como argumentan Sönnichsen & Clement (2021), la "metodología científica de compra" encuentra en estos indicadores su validación empírica, transformando la contratación pública en un ejercicio de ingeniería financiera y ambiental dirigida a la creación de valor público resiliente y auditable.

La literatura reciente de Antony & Snee (2022) propone el uso de Indicadores de Circularidad (IC) específicos para el sector público:

1. **Índice de Contenido Reciclado:** Porcentaje de materiales posconsumo en el bien adquirido.
2. **Tasa de Recuperación:** Porcentaje del producto que puede ser efectivamente reciclado o compostado.
3. **Factor de Intensidad de Uso:** Relación entre las horas de uso efectivo del bien y su capacidad total, fomentando el uso compartido de activos entre entidades.

1.3.4. El Rol de la Innovación y el Diálogo Competitivo

La transición hacia la circularidad a menudo se enfrenta a una barrera de mercado crítica: la inexistencia de soluciones comerciales maduras o de escala masiva para retos ambientales complejos. En este escenario, la Compra Pública de Innovación (CPI) emerge como un instrumento de política industrial activa donde el Estado, en lugar de actuar como un consumidor pasivo de tecnologías existentes, asume el rol de lead customer o cliente de lanzamiento. Al plantear una necesidad funcional definida por objetivos de sostenibilidad disruptivos por ejemplo, la demanda de pavimentos urbanos con capacidad de captura de CO2 que sean íntegramente reciclables al final de su vida útil, el sector público mitiga el riesgo financiero para las pymes y los centros de investigación, incentivando la inversión en I+D+i. Como sostienen Tortorella et al. (2021), la CPI permite que el Estado oriente la trayectoria tecnológica de la industria nacional, fomentando la creación de soluciones que no solo

satisfacen una necesidad pública, sino que generan patentes y capacidades exportables en el ámbito de la economía verde.

El éxito de estos modelos de adquisición disruptivos depende fundamentalmente de una fase de Consultas Preliminares al Mercado y la implementación de un "Diálogo Competitivo" antes de la formalización de la licitación. Según señalan Nayak & Yue (2023), este procedimiento permite superar la asimetría de información entre el comprador público y el ecosistema innovador. Durante el diálogo competitivo, el Estado y los potenciales proveedores cocrean las especificaciones técnicas en un entorno de transparencia y concurrencia, lo que asegura que los requisitos de circularidad sean lo suficientemente ambiciosos para generar un cambio sistémico, pero técnicamente factibles de ejecutar dentro de los plazos y presupuestos asignados. Investigaciones de Adjei et al. (2023) destacan que este proceso de cocreación reduce la probabilidad de licitaciones desiertas o de adjudicaciones a tecnologías inmaduras, blindando la eficiencia del gasto público mediante una validación técnica previa de las soluciones propuestas.

Asimismo, la CPI bajo un enfoque circular exige un cambio en la métrica de adjudicación, pasando de la verificación de cumplimiento de normas estándar a la evaluación de indicadores de desempeño dinámicos. De acuerdo con Vuković et al. (2024), el diálogo competitivo permite integrar en el contrato cláusulas de riesgo compartido y de propiedad intelectual, factores determinantes para que las empresas de base tecnológica participen en procesos públicos. Esta colaboración público-privada es esencial para escalar tecnologías de economía circular que requieren una validación en condiciones reales, como los sistemas de construcción modular o la servitización de infraestructuras críticas. En última instancia, como argumentan Sönnichsen & Clement (2021), la CPI transforma la contratación en un laboratorio de sostenibilidad, donde cada proceso licitatorio contribuye a la maduración de un metabolismo industrial nacional más resiliente, menos dependiente de insumos externos y plenamente alineado con los objetivos de neutralidad climática para 2050.

Tabla 1.
Comparación de modelos de coche

Característica	Modelo Lineal	Modelo Circular
Objetivo	Adquisición de la propiedad	Acceso a la función o servicio

Visión de Materiales	Residuos tras el uso	Recursos para el próximo ciclo
Relación Proveedor	Transaccional y puntual	Colaborativa y de largo plazo
Criterio de Éxito	Bajo precio de compra	Valor retenido y utilidad máxima
Mantenimiento	Responsabilidad del Estado	Responsabilidad del proveedor (PaaS)

Nota. Elaboración propia

1.3.5. Barreras y Facilitadores: La Perspectiva hacia 2026

La barrera más persistente es el arraigo cultural y legal al criterio de adjudicación basado exclusivamente en el precio de adquisición nominal. Este enfoque, derivado de una interpretación restrictiva del principio de economía, ignora el Costo Total de Propiedad (TCO) y las externalidades ambientales. Según Grandia & Von Deetzen (2021), muchas entidades públicas operan bajo una estructura de presupuestos anuales rígidos que incentiva la compra de activos baratos en el corto plazo, aunque estos generen costos operativos y de disposición final desproporcionados en el futuro. Este "sesgo de caja" impide la adopción de soluciones circulares o de alta eficiencia energética, ya que el sistema contable tradicional no está diseñado para valorar ahorros diferidos o beneficios biofísicos. Como sostienen Vuković et al. (2024), mientras las normativas de control fiscal no prioricen el valor por dinero (VfM) sobre la austeridad nominal, el sector público seguirá externalizando costos hacia el medio ambiente y las generaciones futuras.

La complejidad intrínseca de evaluar un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o de validar certificaciones ambientales de Tipo I requiere un nivel de especialización que la mayoría de los equipos de contratación no posee. Adjei et al. (2023) identifican que la falta de formación técnica multidisciplinaria genera un temor legítimo entre los funcionarios a ser sancionados o judicializados por discrecionalidad técnica. Ante la ambigüedad de ciertos criterios de sostenibilidad, los compradores públicos tienden a refugiarse en especificaciones técnicas convencionales y seguras, evitando la innovación para eludir posibles impugnaciones de los licitantes. Esta "parálisis administrativa" se ve agravada por la ausencia de guías técnicas claras y herramientas de soporte basadas en datos que simplifiquen la toma de decisiones compleja, lo que resulta en una implementación fragmentada y superficial de la CPS (Gelderman et al., 2021).

La transición hacia la sostenibilidad también enfrenta una barrera de oferta; en muchos sectores, el mercado aún no está lo suficientemente maduro para responder a requisitos circulares masivos. De acuerdo con Alizeh et al. (2022), existe una falta de estandarización en las declaraciones ambientales de los proveedores, lo que dificulta la comparación objetiva de las ofertas. Además, las pequeñas y medianas empresas (pymes) a menudo carecen de los recursos financieros para obtener las certificaciones internacionales exigidas, lo que puede llevar a una concentración del mercado en favor de grandes corporaciones transnacionales. Sönnichsen & Clement (2021) advierten que, si el Estado no acompaña sus exigencias con un diálogo competitivo y programas de desarrollo de proveedores locales, la CPS podría actuar involuntariamente como una barrera de entrada, reduciendo la competencia y aumentando los costos de adquisición sin generar un impacto real en el tejido productivo regional.

A pesar de los beneficios evidentes, la transición enfrenta barreras estructurales:

- **Normativas rígidas:** Muchas leyes de contratación aún exigen la "compra de bienes" y dificultan los contratos de servicios de largo plazo.
- **Falta de mercados secundarios:** La ausencia de una infraestructura para el procesamiento de materiales recuperados limita la efectividad de la logística inversa.

A pesar de las barreras estructurales mencionadas, la emergencia de facilitadores tecnológicos como el Pasaporte Digital de Productos (DPP) promovido por la Unión Europea bajo el Reglamento de Ecodiseño para Productos Sostenibles (ESPR) y adoptado progresivamente por los marcos de la OCDE en 2024-2025 promete revolucionar la Contratación Pública Circular (CPC) al dotarla de una infraestructura de datos estandarizada. Este instrumento consiste en un registro digital vinculado a un identificador único (como códigos QR o tecnología NFC) que permite rastrear de forma inmutable el origen de las materias primas, la composición química detallada, la huella de carbono embebida y las directrices técnicas para la reparación y el reciclaje de cada componente. De acuerdo con Vuković et al. (2024), el DPP otorga al comprador público una transparencia sin precedentes, eliminando la asimetría de información que históricamente ha facilitado el greenwashing y permitiendo una verificación automatizada de los criterios de sostenibilidad exigidos en los pliegos de condiciones sin necesidad de auditorías externas costosas y lentas.

La implementación del DPP transforma el rol del Estado de un verificador documental a un gestor de inteligencia de materiales. Al integrar la información del pasaporte digital con las bases de datos de contratación pública, las entidades pueden realizar un seguimiento en

tiempo real del desempeño de los activos adquiridos. Según señalan Nayak & Yue (2023), esta trazabilidad granular es fundamental para operativizar los modelos de "Producto como Servicio" (PaaS) y las cláusulas de logística inversa, ya que el DPP proporciona al proveedor y al gestor de residuos la "receta" exacta para el desmantelamiento y la recuperación de materiales críticos. Investigaciones de Adjei et al. (2023) destacan que este nivel de digitalización facilita el cumplimiento de los informes de sostenibilidad corporativa y gubernamental, alineando el gasto público con la taxonomía de finanzas sostenibles de la OCDE y asegurando que cada dólar invertido contribuya de manera auditable a la regeneración del capital natural.

Asimismo, la estandarización internacional del DPP bajo los marcos de la OCDE actúa como un mecanismo de armonización que reduce los costos de cumplimiento para las empresas, especialmente para las pymes innovadoras. Como proponen Tortorella et al. (2021) en el contexto de la Industria 4.0, la interoperabilidad de estos pasaportes digitales mediante protocolos descentralizados de blockchain garantiza que la información ambiental sea veraz y resistente a manipulaciones. Esta confianza técnica es lo que permite que el sector público adopte criterios de adjudicación más ambiciosos, centrados en el Valor de Recuperación y el impacto climático de largo plazo. De acuerdo con Alizeh et al. (2022), el DPP no es solo un repositorio de datos, sino un facilitador de la economía circular que permite al Estado cerrar efectivamente el ciclo de vida de los productos, transformando la contratación pública en un ejercicio de soberanía tecnológica y responsabilidad ambiental basada en evidencia científica.

1.3.6. Impacto en la Resiliencia Económica

En el actual escenario de fragmentación geopolítica y volatilidad en los mercados de *commodities*, la Economía Circular (EC) ha trascendido su dimensión ecológica para consolidarse como una estrategia crítica de seguridad nacional. Al integrar la circularidad en el núcleo de la Contratación Pública Sostenible (CPS), el Estado mitiga proactivamente los riesgos asociados a la dependencia excesiva de importaciones de materiales vírgenes y recursos estratégicos, los cuales suelen estar sujetos a tensiones diplomáticas o interrupciones en rutas logísticas globales. Esta soberanía de recursos protege los proyectos de infraestructura crítica de la inflación de costos y la escasez de suministros, transformando los residuos nacionales en una reserva estratégica de materias primas secundarias. De acuerdo con Alizeh et al. (2022), la capacidad de una nación para retener el valor material dentro de sus fronteras mediante bucles de remanufactura y reciclaje de alta calidad constituye un activo geopolítico que reduce la

exposición a choques externos y fortalece la autonomía industrial frente a la hegemonía de mercados extractivos extranjeros.

La evidencia empírica respalda esta transición desde una perspectiva de resiliencia operativa y financiera. Investigaciones fundamentales de Gelderman et al. (2021) revelan que aquellas naciones que han integrado sistemáticamente la circularidad en sus marcos de contratación pública han mostrado una capacidad de recuperación un 22% más rápida tras choques sistémicos en las cadenas de suministro globales en comparación con economías lineales. Este diferencial de resiliencia se explica por la existencia de ecosistemas locales de servicios de mantenimiento, reparación y recuperación de materiales que permiten la continuidad de las operaciones estatales sin depender exclusivamente de insumos transoceánicos. Como sostienen Vuković et al. (2024), la sostenibilidad no debe interpretarse como un costo adicional, sino como un sinónimo de resiliencia sistémica, donde la inversión en activos duraderos y circulares actúa como una póliza de seguro contra la inestabilidad de precios y la degradación de las redes de comercio internacional.

Asimismo, la literatura de Adjei et al. (2023) subraya que la gestión circular de activos permite al Estado optimizar su balanza de pagos al sustituir la adquisición de bienes importados por servicios de actualización y remanufactura localizados, lo que genera empleo calificado y fortalece el tejido productivo interno. En el contexto de la Industria 4.0, esta autonomía se ve potenciada por el uso de tecnologías de trazabilidad que aseguran la disponibilidad de datos sobre el inventario nacional de materiales, permitiendo una planificación prospectiva de la infraestructura pública. Según Tortorella et al. (2021), la integración de estos principios en la gobernanza nacional permite que el gasto público funcione como un estabilizador económico que no solo reduce el impacto ambiental, sino que blindo la solvencia fiscal y la continuidad de los servicios esenciales ante las incertidumbres del siglo XXI. En última instancia, la economía circular aplicada a la contratación estatal representa el paso de una economía de consumo vulnerable a una economía de conservación resiliente, alineada con los mandatos de soberanía y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1.4. Diferencias con el modelo convencional: El coste total de propiedad (TCO) frente al coste inicial

La brecha que separa la contratación pública tradicional de la sostenible no constituye meramente una discrepancia técnica en las especificaciones de los pliegos; representa una divergencia profunda de carácter filosófico, financiero y de gobernanza del riesgo. Mientras el

modelo convencional opera bajo una lógica de "Ahorro de Caja", cuyo objetivo unívoco es la minimización del desembolso presupuestario inmediato a menudo a expensas de la calidad intrínseca y la eficiencia operativa, el paradigma de la Contratación Pública Sostenible (CPS) se rige por el principio de "Eficiencia del Ciclo de Vida". De acuerdo con Gelderman et al. (2021), esta transición exige que el sector público abandone el enfoque de "contabilidad de caja" para adoptar una visión de gestión de activos donde el éxito no se mide por el menor precio de adjudicación, sino por el valor neto que el activo genera a lo largo de su existencia.

Esta perspectiva es fundamental para evitar la "paradoja del comprador ineficiente", donde un ahorro del 10% en la adquisición puede derivar en un incremento del 40% en costos de energía, mantenimiento y disposición final, comprometiendo la solvencia fiscal a largo plazo. La operatividad de esta transición se formaliza a través de la métrica del Coste Total de Propiedad (Total Cost of Ownership - TCO), la cual redefine sustancialmente la rentabilidad de la inversión pública al internalizar costos que tradicionalmente se consideran externalidades o "gastos ocultos". El TCO exige una agregación matemática de todos los egresos asociados al activo: desde la adquisición y la logística inicial, pasando por el consumo energético, los seguros, el mantenimiento preventivo y correctivo, hasta los costos de desmantelamiento y remediación ambiental.

Según investigaciones de Sönnichsen & Clement (2021), la aplicación del TCO en la contratación pública actúa como una herramienta de desmitificación financiera, revelando que los productos con mayor inversión inicial suelen presentar un coste anualizado significativamente inferior debido a su durabilidad y eficiencia termodinámica. Esta metodología permite a las entidades gubernamentales justificar técnicamente la selección de ofertas de mayor calidad, blindando la decisión administrativa frente a auditorías basadas exclusivamente en criterios de economía nominal y alineando el gasto público con la sostenibilidad financiera y los compromisos de descarbonización. Asimismo, la integración del TCO se ve potenciada por el uso de modelos de Valor por Dinero (VfM), donde la dimensión económica se equilibra con el desempeño ambiental y social.

De acuerdo con Adjei et al. (2023), la evolución hacia el TCO es imperativa para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ya que permite monetizar el impacto de las emisiones de carbono y otros riesgos de transición climática. Como sostienen Tortorella et al. (2021), en el marco de la Industria 4.0, la captura de datos en tiempo real mediante sensores IoT permite hoy calcular TCOs dinámicos y predictivos, otorgando al Estado

una transparencia sin precedentes sobre el retorno real de su inversión. En última instancia, el paso del ahorro de caja a la eficiencia del ciclo de vida representa la madurez de un Estado que no solo gasta presupuesto, sino que invierte en capital público resiliente, transformando la contratación en un ejercicio de ingeniería financiera dirigida a la creación de valor intergeneracional y soberanía económica.

1.4.1. La falacia del precio de adquisición

En el modelo de contratación pública convencional, la decisión de adjudicación se ha fundamentado históricamente en el Precio Nominal, un indicador financiero que, bajo un análisis sistémico, resulta frecuentemente engañoso y contraproducente para la estabilidad presupuestaria. El precio de adquisición constituye apenas la "punta del iceberg" de la responsabilidad fiscal; de hecho, investigaciones de Adjei et al. (2023), demuestran que el desembolso inicial representa únicamente entre el 20% y el 40% del coste real de un activo a lo largo de su ciclo de vida operativa. El 60% al 80% restante de la carga económica se deriva de variables críticas costes de consumo energético, mantenimiento preventivo y correctivo, seguros, formación de personal y procesos de disposición final que suelen ser sistemáticamente ignorados debido a la estructura de presupuestos anuales estancos y la falta de una visión de gestión de activos a largo plazo.

Esta desconexión financiera genera una ineficiencia estructural donde el Estado, al intentar minimizar el gasto inmediato, acaba subvencionando indirectamente productos de baja calidad que demandan una inyección constante de recursos públicos para mantenerse funcionales. La transición hacia un modelo de contratación sostenible e inteligente exige la aplicación rigurosa del Life Cycle Costing (LCC) o Costeo del Ciclo de Vida. Como señalan Gelderman et al. (2021), el LCC permite a los administradores públicos trascender la contabilidad de caja para proyectar flujos de caja descontados en horizontes temporales de 5, 10 o incluso 20 años, proporcionando una base empírica para la toma de decisiones. Esta metodología revela que los productos que ostentan "etiquetas ecológicas" o cumplen con estándares superiores de eficiencia energética (como los niveles de certificación LEED o clasificaciones energéticas A+++) poseen un valor presente neto significativamente más favorable.

En términos netos, estas soluciones resultan más económicas que sus contrapartes de bajo coste inicial pero alta intensidad de recursos, ya que los ahorros operativos acumulados

compensan con creces el diferencial de precio de compra en periodos de amortización relativamente cortos. Por tanto, el LCC no solo es una herramienta ambiental, sino un mecanismo de prudencia financiera que asegura la maximización del valor público. Asimismo, la literatura de Vuković et al. (2024) subraya que la integración del LCC en los procesos de licitación blindo jurídicamente a las entidades contratantes, al permitirles adjudicar contratos a ofertas que, aunque no son las más baratas en el portal de compras, son las más eficientes para el erario.

De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), esta sofisticación del análisis financiero es esencial para internalizar las externalidades negativas, como el coste de las emisiones de CO2 evitadas, alineando la política de compras con las metas de neutralidad de carbono. Como sostienen Tortorella et al. (2021), en el contexto de la Industria 4.0, la utilización de gemelos digitales permite hoy realizar simulaciones de LCC con un margen de error mínimo, transformando la contratación pública en un ejercicio de ingeniería financiera avanzada que garantiza que cada unidad monetaria invertida por el Estado contribuya a la construcción de una infraestructura pública resiliente, soberana y económicamente viable a perpetuidad.

1.4.2. Desglosando el TCO: Componentes de una compra inteligente

En un sistema de contratación pública logre una transición efectiva hacia la sostenibilidad, el análisis del Coste Total de Propiedad (TCO) no debe ser un ejercicio discrecional, sino un requisito exhaustivo y estrictamente estandarizado dentro de los pliegos de condiciones. La estandarización es crítica para garantizar la seguridad jurídica y la comparabilidad de las ofertas, evitando que la inclusión de criterios ambientales sea percibida como una barrera arbitraria. Según Sönnichsen & Clement (2021), la falta de una metodología unificada para el cálculo del TCO en las fases de licitación suele derivar en una subestimación de los costes operativos, lo que perpetúa la adjudicación de contratos a soluciones de baja eficiencia energética.

Por ello, es imperativo que los pliegos definan con precisión las variables de entrada como las tasas de descuento financiero, las proyecciones de precios de la energía y los intervalos de mantenimiento preventivo basándose en normas internacionales como la ISO 15686-5, que proporciona un marco para el coste del ciclo de vida en activos construidos. Esta formalización permite que el TCO actúe como una métrica de auditoría, asegurando que los

beneficios ambientales se traduzcan en ahorros económicos tangibles y verificables para el erario público.

La exhaustividad en la estructuración de los pliegos exige, además, la internalización de las externalidades negativas mediante la monetización de los impactos ambientales, una práctica que se consolida bajo el concepto de Life Cycle Costing (LCC) ambiental. De acuerdo con investigaciones de Vuković et al. (2024), la integración de costes por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos dentro del análisis financiero permite al Estado alinear su poder de compra con los compromisos internacionales de neutralidad de carbono. Al establecer una "moneda común" para el impacto ambiental y el gasto presupuestario, el TCO estandarizado neutraliza el sesgo hacia el precio nominal, revelando que las opciones de mayor inversión inicial en tecnologías limpias ofrecen, en realidad, un valor presente neto más favorable. Como sostienen Adjei et al. (2023), este rigor metodológico es esencial para proteger a la administración pública de riesgos futuros de transición, tales como impuestos al carbono o regulaciones de eficiencia más estrictas, transformando el pliego de condiciones en un instrumento de planificación estratégica y resiliencia macroeconómica.

Finalmente, la estandarización del TCO facilita la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en la supervisión de la ejecución contractual. La literatura de Tortorella et al. (2021) destaca que, cuando los criterios de TCO están claramente definidos desde la licitación, es posible integrar sistemas de monitoreo mediante sensores (IoT) y gemelos digitales para validar que el rendimiento real del activo coincida con las proyecciones de eficiencia prometidas por el licitante. Si los costes operativos reales exceden las estimaciones del TCO presentadas en la oferta, los pliegos estandarizados pueden incluir cláusulas de penalización o ajuste, trasladando el riesgo de ineficiencia de vuelta al proveedor. Según Antony & Snee (2022), este nivel de control basado en datos empíricos y métricas de calidad de ciclo de vida es lo que permite transitar de una "cultura de gasto" a una "cultura de inversión pública responsable", donde la durabilidad y la circularidad son tratadas como activos financieros de alto valor, asegurando la optimización de los recursos estatales a perpetuidad. Los componentes fundamentales incluyen los siguientes aspectos:

- 1. Costes de Adquisición:** Precio neto, impuestos, transporte e instalación.
- 2. Costes de Funcionamiento:** Consumo de electricidad, agua, combustibles y otros insumos. Según Vuković et al. (2024), en infraestructuras críticas, el ahorro energético

derivado de criterios sostenibles puede amortizar la diferencia de precio inicial en menos de 3 años.

3. **Costes de Mantenimiento:** Repuestos, mano de obra especializada y tiempo de inactividad. La compra sostenible prioriza la interoperabilidad y el acceso a piezas, reduciendo el riesgo de "secuestro tecnológico" por parte del proveedor.
4. **Costes de Fin de Vida:** Desmantelamiento, transporte a vertederos y tasas por residuos peligrosos. En un modelo circular, este coste puede transformarse en un Valor de Recuperación (ingreso por venta de materiales reciclables).

1.4.3. Externalidades: El coste oculto para la sociedad

La integración de las externalidades en los procesos de decisión pública representa uno de los avances más disruptivos y sofisticados del modelo de contratación sostenible, al transformar el análisis financiero tradicional en una evaluación de impacto socioeconómico integral. En términos económicos, una externalidad se define como el efecto positivo o negativo derivado de una transacción o actividad productiva que recae sobre terceros ajenos al intercambio comercial original, y que no se refleja en el precio de mercado del bien o servicio. Según Vuković et al. (2024), el modelo de contratación lineal ha operado históricamente bajo una "miopía de mercado", ignorando los costes sociales y ambientales de la producción, lo que ha derivado en una subvención implícita a los productos más contaminantes. La transición hacia la Contratación Pública Sostenible (CPS) exige que el Estado internalice estas externalidades, utilizando su poder de compra para corregir las fallas de mercado mediante la asignación de un valor monetario a impactos como las emisiones de gases de efecto invernadero, la degradación de la biodiversidad o la afectación a la salud pública.

Esta internalización se operativiza mediante el concepto de Coste Social, el cual suma al precio de adquisición los costes que la sociedad deberá pagar en el futuro debido al uso de dicho activo. Investigaciones de Adjei et al. (2023) destacan que la herramienta técnica más robusta para este fin es el Coste Social del Carbono (SCC), el cual permite cuantificar el daño económico neto causado por cada tonelada adicional de CO₂ emitida. Al integrar el SCC en la fórmula del Coste Total de Propiedad (TCO), el comprador público puede demostrar científicamente que una solución con mayor inversión inicial, pero menores emisiones, es financieramente superior para el erario nacional a largo plazo. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), este enfoque no es meramente una medida ambientalista, sino una estrategia de prudencia fiscal, ya que el Estado, como último responsable de la salud ciudadana y la

remediación climática, simplemente está "pagando hoy para evitar una factura exponencialmente mayor mañana".

Por otro lado, la contratación sostenible también busca potenciar las externalidades positivas, tales como la creación de empleo cualificado en sectores verdes, la transferencia tecnológica a pymes locales y la cohesión social. Según Tortorella et al. (2021), en el contexto de la Industria 4.0, el uso de analítica de datos y blockchain permite rastrear estas externalidades a lo largo de toda la cadena de suministro, otorgando puntajes adicionales en las licitaciones a aquellos proveedores que generen un "valor social compartido". Como sostienen Gelderman et al. (2021), la integración de externalidades transforma el pliego de condiciones en un instrumento de política económica activa que alinea el gasto público con la justicia intergeneracional. En última instancia, el éxito de la CPS depende de la capacidad de la administración para normalizar estas métricas de impacto, asegurando que la eficiencia del Estado no se defina solo por la austeridad en el desembolso, sino por la maximización del bienestar sistémico y la regeneración de los bienes comunes.

- **Externalidades Negativas:** Emisiones de CO₂, contaminación del aire que eleva los costes hospitalarios del Estado, o erosión del suelo. El modelo convencional ignora estos costes, trasladándolos a otros ministerios (ej. el Ministerio de Salud paga por la mala calidad del aire generada por los buses de baja calidad comprados por el Ministerio de Transporte).
- **Externalidades Positivas:** Generación de empleo para personas con discapacidad, fomento de la innovación en Pymes locales y transferencia tecnológica.

La integración del Precio Sombra del Carbono (PSC) en los procesos de licitación pública representa una evolución crítica desde una contabilidad lineal hacia una gobernanza climática basada en la evidencia. Estudios fundamentales de Alizeh et al. (2022) sugieren que el PSC actúa como un instrumento de corrección de mercado que permite cuantificar económicamente el daño ambiental marginal derivado de la producción y uso de bienes contratados por el Estado. En la práctica, si una empresa ofrece un producto con un coste de adquisición nominalmente más bajo, pero con una huella de carbono masiva, el modelo de contratación circular obliga al Estado a sumar el "coste social del carbono" al precio ofertado. Este ajuste técnico no es un gravamen punitivo, sino la internalización de una externalidad negativa que, de otro modo, sería absorbida por la sociedad en forma de desastres climáticos, pérdida de biodiversidad o crisis de salud pública.

Al nivelar el campo de juego, el PSC revela que las opciones aparentemente económicas son, en realidad, pasivos financieros a largo plazo, incentivando a los licitantes a optimizar sus procesos productivos y cadenas de suministro bajo estándares de descarbonización rigurosos. Este enfoque, que ha recibido la validación estratégica de la OCDE (2025), asegura que el Estado no caiga en la "paradoja de la austeridad climática", donde se "ahorra" presupuesto hoy a costa de "gastar" el doble o más en medidas de mitigación y adaptación climática mañana. Según Adjei et al. (2023), la adopción del PSC en los marcos de contratación nacional blinda la solvencia fiscal ante la futura implementación de impuestos al carbono y regulaciones ambientales más estrictas, transformando la compra pública en una herramienta de gestión de riesgos macroeconómicos.

Como señalan Vuković et al. (2024), las naciones que han estandarizado el uso de precios sombra en sus pliegos de condiciones han logrado traccionar una innovación industrial sin precedentes, desplazando las tecnologías basadas en combustibles fósiles por soluciones de baja emisión que presentan un Valor Presente Neto (VPN) superior cuando se consideran los ciclos de vida completos. Asimismo, la aplicación del PSC se ve potenciada por la digitalización de la trazabilidad material, permitiendo que el cálculo de la huella de carbono sea dinámico y auditable. De acuerdo con Tortorella et al. (2021), en el contexto de la Industria 4.0, el uso de herramientas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) automatizadas facilita la integración de estos precios sombra de manera transparente, reduciendo la discrecionalidad administrativa y garantizando la seguridad jurídica de los procesos.

Como sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la verdadera soberanía económica del siglo XXI depende de la capacidad de las instituciones para dejar de ser compradoras de objetos aislados y convertirse en arquitectas de flujos de valor descarbonizados. En última instancia, el PSC no solo protege el erario público de la volatilidad de los mercados de carbono, sino que establece un estándar de responsabilidad intergeneracional que garantiza que la infraestructura estatal del presente no se convierta en el residuo costoso del futuro.

1.4.4. Gestión de Riesgos: Activos Varados y Resiliencia

La transición de una contratación pública reactiva hacia un modelo proactivo se fundamenta en la superación de la "ceguera sistémica" del modelo convencional frente a los riesgos de largo plazo. Mientras que la compra tradicional prioriza el cumplimiento de metas presupuestarias inmediatas, la contratación sostenible integra formalmente el Pensamiento

Basado en Riesgos, una metodología alineada con los estándares internacionales ISO 9001:2015 (Gestión de la Calidad) e ISO 31000 (Gestión de Riesgos). Este enfoque permite a las administraciones públicas identificar, evaluar y mitigar las incertidumbres derivadas de la volatilidad ambiental y social. Según Sönnichsen & Clement (2021), la implementación de estos estándares en los pliegos de condiciones garantiza que el Estado no solo adquiera un bien, sino que asegure la continuidad operativa del servicio público ante escenarios de escasez de recursos o crisis climáticas, transformando la resiliencia en un criterio de adjudicación tan crítico como la solvencia técnica.

De acuerdo con las investigaciones de Tortorella et al. (2021), la contratación pública sostenible actúa como un mecanismo de defensa financiera que protege al Estado de la proliferación de "Activos Varados" (Stranded Assets). Un activo varado se define como aquel recurso que sufre una devaluación prematura, perdiendo su utilidad económica o técnica antes de finalizar su vida útil contable debido a cambios disruptivos en el marco regulatorio, tecnológico o de mercado. Un ejemplo crítico en la gestión pública contemporánea es la adquisición de flotas de transporte basadas en motores de combustión interna (diésel) en contextos de inminente restricción de emisiones en centros urbanos. Al ignorar estas trayectorias, el Estado incurre en un uso ineficiente del erario, quedando cautivo de activos obsoletos que requieren costosas adaptaciones o su retiro anticipado. La literatura de Adjei et al. (2023) subraya que el comprador sostenible debe actuar con una mentalidad prospectiva, analizando no solo la oferta presente, sino la compatibilidad del activo con las metas de descarbonización y circularidad de la Agenda 2030.

La anticipación de las tendencias regulatorias permite que las inversiones públicas mantengan su utilidad y valor de mercado durante toda su vida proyectada, blindando la soberanía económica nacional. Según Vuković et al. (2024), las entidades que integran el análisis de riesgos climáticos y tecnológicos en sus procesos de compra logran una mayor adaptabilidad ante las normativas emergentes sobre responsabilidad extendida del productor y taxonomías verdes. Este ejercicio de inteligencia estratégica asegura que el capital estatal no sea invertido en tecnologías que están en su fase de declive o que poseen altos pasivos ambientales ocultos. Como sostienen Antony & Snee (2022), bajo los principios de la Industria 4.0, el uso de analítica predictiva permite hoy a los gestores públicos simular el impacto de futuros escenarios regulatorios sobre los activos actuales, garantizando que la contratación

pública se convierta en una herramienta de estabilidad macroeconómica y no en un motor de obsolescencia institucional.

1.4.5. Transparencia y Prevención de la Corrupción

La narrativa que asocia la sostenibilidad con la opacidad administrativa constituye un mito persistente que la evidencia científica contemporánea desmiente de manera categórica. Lejos de introducir subjetividad o espacios para la corrupción, la integración de criterios ambientales y sociales en la contratación pública actúa como un blindaje técnico que profesionaliza la función administrativa. Stritch & Christensen (2021) argumentan que el modelo sostenible impone una rigurosidad técnica significativamente mayor que la contratación tradicional, ya que desplaza el foco de la decisión desde la discrecionalidad del funcionario hacia el cumplimiento de estándares normativos externos y verificables. Al exigir certificaciones internacionales de prestigio tales como las normas ISO 14001 (Gestión Ambiental), ISO 20400 (Compras Sostenibles), Fair Trade o Energy Star, se establece una métrica objetiva de cumplimiento que los licitantes deben acreditar documentalmente.

Este enfoque limita drásticamente la capacidad de manipulación de los pliegos de condiciones, puesto que los requisitos no se basan en preferencias institucionales ambiguas, sino en protocolos de calidad y sostenibilidad globalmente reconocidos y auditables por terceros independientes. Para que la sostenibilidad sea efectiva como mecanismo de transparencia, los criterios de selección deben ser intrínsecamente medibles y cuantificables, lo que obliga a las entidades estatales a realizar estudios de mercado más exhaustivos y basados en datos empíricos. De acuerdo con Gelderman et al. (2021), la implementación de la Contratación Pública Sostenible (CPS) eleva el estándar de la auditoría de contratos, ya que introduce indicadores de desempeño (KPI) que permiten monitorear la ejecución del contrato durante todo el ciclo de vida del activo. Esta trazabilidad técnica reduce el riesgo de "compras de papel" o simulaciones, donde los proveedores podrían incumplir especificaciones técnicas sin consecuencias.

Como señalan Adjei et al. (2023), la digitalización de estos procesos, mediante el uso de pasaportes digitales de productos y auditorías de huella de carbono, crea un rastro documental inalterable que facilita la fiscalización por parte de los organismos de control y la sociedad civil. La sostenibilidad, por tanto, no es una ventana a la corrupción, sino un catalizador de la integridad administrativa que obliga a una planificación estratégica y a una

rendición de cuentas basada en resultados tangibles. Asimismo, la literatura de Vuković et al. (2024) subraya que la profesionalización técnica inherente a la CPS fortalece la competencia en el mercado, eliminando la ventaja competitiva de empresas que operan bajo estándares de baja calidad o prácticas laborales cuestionables. Al estandarizar los requisitos de sostenibilidad, se crea un "nivel de juego equilibrado" (*level playing field*) donde solo los proveedores con capacidades técnicas demostrables pueden participar.

Según Antony & Snee (2022), bajo la metodología de mejora continua, la contratación sostenible permite al Estado identificar ineficiencias sistémicas y reducir el desperdicio de recursos públicos, lo que constituye en sí mismo un acto de ética financiera. En última instancia, la transición hacia modelos de compra circular y responsable representa la evolución desde un sistema basado en la confianza personal hacia una gobernanza algorítmica y normativa, donde la transparencia es una consecuencia natural de la precisión técnica requerida por los desafíos de la Agenda 2030.

1.4.6. El Impacto en la Innovación y la Competitividad Nacional

La transformación del Estado hacia un modelo de Contratación Pública Sostenible (CPS) representa la utilización estratégica del poder de compra gubernamental el cual constituye, en promedio, el 15% del Producto Interno Bruto (PIB) en regiones como América Latina como un motor de tracción para la competitividad sistémica. A diferencia del modelo convencional, que perpetúa el *statu quo* al premiar la eficiencia marginal en costes de corto plazo, el modelo sostenible actúa como un generador de demanda garantizada para soluciones disruptivas y tecnologías de frontera. Según Sönnichsen & Clement (2021), esta demanda institucional reduce la incertidumbre financiera para las empresas innovadoras, permitiéndoles alcanzar economías de escala en la producción de bienes circulares que, de otro modo, quedarían relegados a nichos de mercado inalcanzables.

Al actuar como un "cliente de lanzamiento", el Estado no solo adquiere un bien, sino que valida estándares de calidad que posteriormente facilitan la penetración de estas empresas en mercados comerciales privados, dinamizando así el tejido productivo nacional hacia sectores de mayor valor agregado. La evidencia empírica sugiere que este enfoque funciona como una política de desarrollo industrial proactiva. Investigaciones de Sader et al. (2022) confirman que las organizaciones que reingenierizan sus procesos productivos para cumplir con los estándares de la compra pública verde desarrollan una ventaja competitiva estructural,

siendo un 30% más propensas a exportar sus bienes y servicios a mercados internacionales de alta exigencia, como la Unión Europea y las naciones de la OCDE.

Esta "capacidad de cumplimiento" adquirida a través de la relación con el Estado funciona como un pasaporte hacia la globalización; las empresas aprenden a gestionar métricas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), ecoetiquetado y trazabilidad material bajo la tutela del pliego público. De acuerdo con Adjei et al. (2023), esto blindo la economía nacional frente a la competencia global, ya que las empresas locales dejan de competir únicamente por precio un terreno vulnerable a la deslocalización para competir por eficiencia termodinámica y responsabilidad climática, factores que las normativas de comercio internacional del siglo XXI están priorizando de forma creciente. Finalmente, la CPS debe ser reinterpretada no como un gasto administrativo, sino como una inversión soberana en resiliencia industrial. Como proponen Vuković et al. (2024), las naciones que han integrado criterios de circularidad y sostenibilidad en su contratación pública han logrado desacoplar su crecimiento económico del consumo intensivo de recursos vírgenes, protegiéndose contra la inflación de materias primas y las crisis de suministros globales.

Según Tortorella et al. (2021), en el marco de la Industria 4.0, esta política industrial permite la creación de clústeres tecnológicos locales especializados en remanufactura y logística inversa, sectores que retienen el capital técnico y humano dentro del territorio nacional. En última instancia, la contratación sostenible permite al Estado ejercer una dirección consciente del mercado, asegurando que el gasto público no solo satisfaga las necesidades inmediatas de la administración, sino que sienta las bases de una economía descarbonizada, competitiva y alineada con los imperativos de la Agenda 2030.

CAPÍTULO II.

Gobernanza y Resiliencia: La Política Fiscal frente a la Crisis Climática

La crisis climática ha dejado de ser una externalidad ambiental para consolidarse como un riesgo macrocrítico que amenaza la solvencia soberana y la estabilidad de los sistemas financieros globales. En este contexto, los Ministerios de Finanzas han asumido un rol protagonista, desplazando la visión tradicional de que la política climática competía exclusivamente a las carteras de Medio Ambiente. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2023), la política fiscal es la herramienta más potente para descarbonizar la economía, ya que permite internalizar los costos sociales del carbono a través de mecanismos de precios y, simultáneamente, movilizar los recursos necesarios para una transición justa. La integración de variables climáticas en los marcos fiscales de mediano plazo no es solo una medida de mitigación, sino una estrategia de supervivencia económica, dado que las naciones que no logren alinear sus presupuestos con los objetivos del Acuerdo de París enfrentarán costos de endeudamiento más elevados y una mayor volatilidad en sus ingresos primarios (FMI, 2023; OCDE, 2021).

Uno de los mayores desafíos para la gobernanza financiera radica en la gestión de los riesgos de transición, especialmente el riesgo de activos varados (*stranded assets*). Este fenómeno se refiere a aquellas reservas de combustibles fósiles e infraestructura asociada (refinerías, plantas termoeléctricas) que perderán su valor económico antes del fin de su vida útil debido a cambios regulatorios y tecnológicos. Un estudio fundamental publicado en *Nature* por Semieniuk et al. (2022) estima que la pérdida de riqueza financiera global por activos varados podría ascender a 4 billones de dólares, lo que generaría un "choque de riqueza" capaz de desestabilizar los balances públicos de países exportadores. Para las economías dependientes de la renta petrolera, esto implica una erosión estructural de los ingresos fiscales. Por lo tanto, la planificación fiscal debe transitar hacia una diversificación acelerada que sustituya los ingresos provenientes del carbono por nuevas bases impositivas verdes, evitando así una crisis de deuda inducida por la obsolescencia de los combustibles fósiles (IEA, 2022; Semieniuk et al., 2022).

La política fiscal debe, asimismo, fortalecer la resiliencia ante el aumento en la frecuencia y severidad de los desastres naturales, los cuales impactan directamente en el déficit público y el ratio deuda/PIB. La OCDE (2021) señala que los Ministerios de Finanzas deben

implementar marcos de gestión de riesgos que incluyan no solo fondos de reserva, sino también instrumentos de transferencia de riesgo de última generación, como los bonos catastróficos y los seguros paramétricos. Estos mecanismos permiten una rápida movilización de liquidez tras un evento climático, evitando la interrupción de servicios públicos esenciales y reduciendo la necesidad de reasignaciones presupuestarias *ad hoc* que suelen sacrificar la inversión productiva a largo plazo. La incorporación de análisis de sensibilidad climática en el gasto público proceso conocido como Gestión Financiera Pública Verde asegura que la infraestructura pública construida hoy sea resiliente a los escenarios climáticos del 2050, protegiendo así el patrimonio nacional frente a la incertidumbre ambiental (OCDE, 2021; Banco Mundial, 2022).

2.1. Impactos fiscales de la transición: Riesgos y oportunidades hacia economías netas cero para 2050

La transición hacia una economía de emisiones netas cero para mediados de siglo representa una transformación estructural que trasciende la descarbonización industrial para convertirse en un determinante crítico de la sostenibilidad de la deuda soberana. Para las economías cuyas estructuras de ingresos dependen significativamente de la explotación de hidrocarburos, el escenario NZE planteado por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023) que proyecta una contracción de la demanda de petróleo de aproximadamente un 75% para 2050 no solo implica un ajuste sectorial, sino un choque exógeno a la solvencia fiscal. Como señalan Mercure et al. (2021) en Nature Energy, la divergencia entre la inversión actual en infraestructura fósil y las metas climáticas globales está gestando una burbuja de carbono que, al estallar, podría desencadenar pérdidas de riqueza financiera superiores a los 25 billones de dólares. Esta erosión de la base imponible no tributaria (regalías y dividendos de empresas estatales) obliga a los Ministerios de Finanzas a reevaluar sus marcos de gasto a mediano plazo, integrando pruebas de estrés climático que consideren la volatilidad extrema de los precios de los commodities en un mercado en contracción estructural.

A nivel macroeconómico, la transición impone una presión dual sobre las arcas públicas: la disminución de los ingresos tradicionales y la necesidad imperativa de financiar la adaptación y la infraestructura verde. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), el costo de la inacción fiscal frente a la transición es sustancialmente mayor al de una reforma proactiva; las naciones que posterguen la implementación de mecanismos de precios al carbono y la eliminación de subsidios a los combustibles fósiles enfrentarán primas de riesgo más altas

en los mercados de capitales internacionales. La literatura reciente de la OCDE (2022) subraya que la gobernanza fiscal debe transitar hacia un modelo de "Presupuestación Verde" (Green Budgeting), donde los activos varados no sean vistos como una externalidad, sino como un pasivo contingente en el balance del sector público.

En regiones como América Latina y el Caribe, donde los ingresos fiscales relacionados con los hidrocarburos representan, en promedio, entre el 2% y el 8% del PIB, la falta de una estrategia de descarbonización a largo plazo (LTS) vinculada al presupuesto nacional podría derivar en una crisis de balanza de pagos y una degradación de la calificación crediticia, exacerbando la brecha de financiamiento para el desarrollo (BID, 2023; FMI, 2024).

2.1.1. La erosión de los ingresos fiscales y la incertidumbre de la demanda

El abandono global de los combustibles fósiles no constituye simplemente una transición energética, sino una amenaza existencial para la arquitectura de los ingresos públicos de las naciones productoras. La dependencia de los ingresos fiscales no tributarios, específicamente las regalías y los dividendos de empresas estatales de energía, así como de los ingresos tributarios derivados de impuestos específicos al carbono y consumos especiales, genera una exposición sistémica a la transición. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), en su escenario de Emisiones Netas Cero (NZE), la demanda mundial de petróleo debe contraerse de los aproximadamente 100 mb/d actuales a solo 24 mb/d para 2050. Esta reducción del 75% en el volumen de mercado, sumada a una convergencia de los precios internacionales hacia el costo marginal de extracción de los productores más eficientes, despojaría a los Estados de la "renta ricardiana" que históricamente ha financiado el gasto público y la inversión en infraestructura, comprometiendo la sostenibilidad fiscal a largo plazo (IEA, 2023; Van der Ploeg, 2021).

Esta contracción del mercado internacional desencadena una doble presión macrofiscal: por un lado, la disminución drástica de los volúmenes de exportación reduce la entrada de divisas y presiona la balanza de pagos; por otro, la volatilidad estructural a la baja de los precios internacionales erosiona el margen fiscal para el servicio de la deuda externa. La investigación de Semieniuk et al. (2022) en *Nature Climate Change* advierte que esta pérdida de riqueza financiera global, estimada en US\$ 4 billones por activos varados, no se distribuirá de manera uniforme, sino que afectará desproporcionadamente a los balances públicos de las economías en desarrollo cuyos mercados financieros son menos profundos para absorber la pérdida de

valor de sus activos nacionales. Este escenario de "activos varados" no se limita al crudo en el subsuelo, sino que abarca la infraestructura de capital intensivo cuya vida económica se verá truncada, transformándose en pasivos ambientales y sociales que el Estado deberá gestionar sin contar con los ingresos que dichos activos debían generar (Semieniuk et al., 2022; Banco Mundial, 2022).

Finalmente, la respuesta política ante esta erosión de ingresos requiere una reingeniería de la estructura tributaria que el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) denomina "consolidación fiscal verde". Dado que los impuestos específicos a los combustibles fósiles han sido históricamente una fuente de recaudación eficiente y de bajo costo administrativo, su desaparición deja un vacío fiscal que difícilmente puede ser llenado únicamente por impuestos al carbono en el corto plazo. Como sostienen Vogt & Feng (2023), si los Ministerios de Finanzas no implementan reformas tributarias estructurales de manera concomitante con la descarbonización, el incremento del riesgo soberano elevará las tasas de interés para el endeudamiento público, limitando la capacidad de los Estados para financiar la propia transición energética y la protección social de los sectores vulnerables a este cambio de paradigma económico (FMI, 2024; Vogt & Feng, 2023).

2.1.2. Activos Varados (Stranded Assets) y el riesgo de capital

La conceptualización de los activos varados (stranded assets) ha evolucionado de ser una preocupación contable sectorial a un riesgo sistémico de primer orden para la estabilidad financiera y la planificación fiscal de largo plazo. Este fenómeno no se circunscribe únicamente a la imposibilidad técnica o económica de extraer reservas probadas de hidrocarburos debido a las restricciones de carbono remanente (el presupuesto de carbono), sino que abarca toda la cadena de valor de capital intensivo. Según el Carbon Tracker Initiative (2022) y las investigaciones de Van der Ploeg (2021), la infraestructura física que incluye desde plataformas de perforación y oleoductos hasta centrales térmicas de ciclo combinado y refinerías corre el riesgo de sufrir depreciaciones aceleradas y cierres prematuros antes de completar su ciclo de amortización financiera.

Esto genera una desalineación crítica en los balances públicos y privados, donde pasivos de deuda contraídos para financiar dicha infraestructura permanecen vigentes mientras los activos subyacentes dejan de generar el flujo de caja necesario para su servicio, exacerbando el riesgo de insolvencia en empresas estatales de energía (Van der Ploeg, 2021; Carbon Tracker,

2022). La magnitud de este riesgo se ve amplificada por la inercia institucional y la falta de marcos regulatorios que penalicen la inversión en activos de alta intensidad de carbono. Un estudio de alto impacto publicado por Mercure et al. (2021) en Nature Energy sostiene que el proceso de "varamiento" de activos es un fenómeno impulsado no solo por la regulación climática (choque de política), sino por la dinámica de competencia tecnológica donde las energías renovables alcanzan la paridad de red, desplazando económicamente a los combustibles fósiles independientemente de los subsidios vigentes.

Para las naciones en desarrollo, la persistencia en invertir en infraestructura fósil bajo la premisa de la seguridad energética tradicional podría resultar en una "trampa de carbono", donde el capital físico queda obsoleto frente a una demanda global en contracción. Como advierte el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2023), si estas inversiones se realizan a través de garantías estatales o préstamos de la banca pública, el varamiento de activos se traduce directamente en un incremento del déficit fiscal y de la deuda contingente, limitando la capacidad del Estado para financiar la infraestructura de adaptación necesaria ante la crisis climática (FMI, 2023; Mercure et al., 2021).

Finalmente, la gestión de los activos varados requiere una reforma en la contabilidad nacional y los estándares de auditoría para reflejar fielmente los pasivos ambientales y los costos de desmantelamiento. La OCDE (2022) subraya que la transparencia en el reporte de estos activos es fundamental para evitar el efecto de contagio en el sistema financiero. La transición hacia una economía de cero emisiones netas exige que los Ministerios de Finanzas implementen estrategias de "desmantelamiento gestionado", donde la infraestructura existente se amortice de manera acelerada y se detengan nuevas inversiones en activos no alineados con el límite de 1,5 °C. De lo contrario, el colapso del valor de estos activos podría desencadenar una crisis financiera sistémica similar a la de 2008, pero con raíces en la insostenibilidad biofísica de la matriz energética global (OCDE, 2022; Semieniuk et al., 2022).

- **Infraestructura de Carbono:** Centrales térmicas, refinerías y oleoductos se convertirán en pasivos si no son compatibles con tecnologías de captura de carbono o reconversión hacia hidrógeno verde.
- **Riesgo en América Latina:** De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), si la región continúa invirtiendo en infraestructura fósil, se enfrenta a una pérdida patrimonial crítica. El estudio destaca que entre el 66% y el 81% de las reservas

de petróleo en la región deben permanecer bajo tierra para cumplir la meta de 1,5 °C, lo que obligaría a reestructurar los marcos de inversión pública de manera inmediata.

2.1.3. Oportunidades: La Nueva Fiscalidad Verde

La transición energética global, si bien impone retos severos a los ingresos derivados de los hidrocarburos, actúa simultáneamente como un catalizador para la reconfiguración de las ventajas comparativas y la expansión de nuevas fronteras fiscales. Este cambio de paradigma se sustenta en el paso de una economía intensiva en combustibles fósiles a una economía intensiva en minerales y metales, necesaria para la fabricación de tecnologías de bajas emisiones. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), alcanzar las metas de emisiones netas cero para 2050 requeriría multiplicar por seis la producción de minerales críticos para 2040, incluyendo litio, cobre, níquel, cobalto y elementos de tierras raras. Esta demanda exponencial abre una ventana de oportunidad para que los Estados rediseñen sus marcos de gobernanza minera, implementando regímenes de regalías y esquemas tributarios progresivos que capturen las rentas extraordinarias generadas por este superciclo verde.

Como señalan Hund et al. (2023) en sus investigaciones para el Banco Mundial, la explotación de estos recursos no debe replicar el modelo extractivista tradicional, sino integrarse en estrategias de desarrollo industrial que fomenten cadenas de valor locales, diversificando la base imponible a través de la manufactura y servicios conexos (IEA, 2023; Hund et al., 2023). Desde una perspectiva macrofiscal, la transición hacia la minería de minerales críticos ofrece un mecanismo de compensación estructural frente a la erosión de las rentas petroleras. El Fondo Monetario Internacional (FMI, 2022) destaca que el valor de la producción de metales clave para la transición podría cuadruplicarse en la próxima década, alcanzando un valor acumulado superior a los US\$ 13 billones. Para los países con grandes reservas, como los que conforman el Triángulo del Litio en América del Sur o los grandes productores de cobre, esta bonanza representa una oportunidad para fortalecer el espacio fiscal y reducir la vulnerabilidad ante choques de precios externos.

No obstante, la sostenibilidad de estos ingresos depende de la implementación de políticas de transparencia y de la gestión de riesgos ambientales y sociales, para evitar que la maldición de los recursos se traslade simplemente del petróleo a los minerales críticos. La literatura de Boer et al. (2021) sugiere que la volatilidad de los precios de estos metales será un factor de riesgo fiscal recurrente, lo que exige la creación de fondos soberanos de

estabilización y marcos regulatorios que incentiven la inversión en exploración y procesamiento de alto valor agregado, asegurando que el beneficio fiscal se traduzca en una resiliencia económica de largo plazo (FMI, 2022; Boer et al., 2021).

- **Minería para la Transición:** Países como Chile, Perú y Argentina tienen la oportunidad de sustituir las rentas del carbono por rentas de metales verdes.
- **Impuestos al Carbono:** La implementación de precios al carbono (Carbon Pricing) puede compensar parcialmente la caída de los impuestos a las gasolinas. El Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) sugiere que un precio global del carbono permitiría no solo reducir emisiones, sino generar ingresos que pueden ser redistribuidos para proteger a los sectores más vulnerables durante la transición.

2.2. Gestión del riesgo de desastres: Metodologías para cuantificar riesgos climáticos en el presupuesto público

La consolidación de la macroeconomía del riesgo catastrófico marca un punto de inflexión en la gestión de las finanzas públicas, desplazando el paradigma de la gestión de crisis caracterizado por la improvisación presupuestaria hacia un modelo de gestión de riesgos financieros plenamente integrado en la planificación macroeconómica. En América Latina y el Caribe, la urgencia de este cambio es evidente: la región no solo enfrenta una frecuencia de eventos climáticos un 50% superior a los registros de mediados del siglo XX, sino que también experimenta una severidad económica desproporcionada debido a la alta exposición de sus activos físicos y la rigidez de sus estructuras de gasto. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), la materialización de riesgos climáticos sin una estrategia de mitigación financiera previa puede elevar el ratio deuda/PIB de una nación en desarrollo entre 5 y 10 puntos porcentuales en un solo ejercicio fiscal tras un evento extremo.

Esta vulnerabilidad se ve agravada por lo que lo denominan la penalización por riesgo climático en los mercados de capitales; su investigación demuestra que los países con menor resiliencia institucional frente a desastres enfrentan primas de riesgo de incumplimiento (sovereign credit spreads) significativamente más altas, lo que encarece el servicio de la deuda y limita la inversión pública necesaria para la propia adaptación climática (Cevik & Jalles, 2022; FMI, 2024).

La incapacidad de cuantificar estos riesgos ex ante constituye una falla de gobernanza que compromete la sostenibilidad fiscal a largo plazo, transformando desastres naturales en crisis de balanza de pagos y de insolvencia soberana. La literatura reciente de la OCDE (2023) subraya que la transparencia en la cuantificación de los pasivos contingentes climáticos es fundamental para la estabilidad macroeconómica; sin estimaciones rigurosas basadas en modelos de probabilidad de pérdida como la Pérdida Anual Esperada (AAL) y la Pérdida Máxima Probable (PML), los presupuestos nacionales operan bajo una ilusión de estabilidad que se desmorona ante el primer choque climático severo.

Como sostienen Volz et al. (2021) en su análisis sobre el costo de capital y el cambio climático, la integración de metodologías de stress testing climático en los marcos fiscales de mediano plazo no es una opción técnica, sino una salvaguarda financiera crítica. La ausencia de estos mecanismos de cuantificación impide que los Estados accedan a instrumentos de transferencia de riesgo más sofisticados, como los bonos catastróficos, perpetuando un ciclo de subinversión y reconstrucción ineficiente que devora el espacio fiscal destinado al desarrollo social y la infraestructura productiva (OCDE, 2023; Volz et al., 2021; Banco Mundial, 2023).

2.2.1. El nexo macrofiscal de los desastres naturales

La caracterización de los desastres naturales como choques endógenos revela una complejidad sistémica donde el evento físico actúa como el detonante de una cascada de desequilibrios macrofiscales interconectados. El primer canal, la destrucción de capital físico, no solo afecta la infraestructura pública crítica (puentes, hospitales, redes eléctricas), sino que desarticula la capacidad productiva del sector privado, generando una pérdida de stock de capital que, según Hallegatte et al. (2021), suele subestimarse al no considerar los "efectos de bienestar" y las interrupciones en las cadenas de suministro. El segundo canal, la contracción de la actividad económica, induce una caída procíclica de la recaudación tributaria, especialmente en impuestos al consumo (IVA) y a la renta, mientras que el tercer canal, la presión sobre el gasto de emergencia, obliga a los gobiernos a reasignar partidas presupuestarias destinadas originalmente a la inversión productiva hacia el consumo público de auxilio inmediato.

Investigaciones recientes del Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) confirman que, para economías con baja resiliencia, la materialización de un evento extremo puede contraer el PIB real hasta en un 5%, creando una brecha fiscal de difícil cierre sin recurrir a un

endeudamiento externo oneroso, lo que compromete la sostenibilidad fiscal por décadas (FMI, 2024; Hallegatte et al., 2021). Esta interrelación entre el riesgo físico y la solvencia del Estado cristaliza en lo que Cevik & Jalles (2022) han denominado "la trampa de la deuda climática", un fenómeno donde la exposición ambiental se traduce directamente en un castigo financiero en los mercados internacionales de capitales. Al analizar datos de spreads de swaps de incumplimiento crediticio (CDS) y calificaciones soberanas, estos autores demuestran que las agencias de calificación y los inversores institucionales ya están incorporando la vulnerabilidad climática como un factor determinante del riesgo de impago.

En consecuencia, las naciones más expuestas enfrentan costos de financiamiento estructuralmente más elevados, lo que genera un círculo vicioso: el elevado servicio de la deuda absorbe los recursos que el Estado debería invertir en infraestructura de adaptación, manteniendo al país en un estado de vulnerabilidad perpetua. La transición de un presupuesto estático a un marco de gestión de contingencias dinámico, como proponen la OCDE (2023) y el Banco Mundial (2023), exige la inclusión de pasivos contingentes explícitos en el presupuesto nacional y la adopción de reglas fiscales que permitan desviaciones controladas ante desastres comprobados, garantizando la transparencia y la previsibilidad necesaria para mantener el grado de inversión (Cevik & Jalles, 2022; OCDE, 2023; Banco Mundial, 2023).

2.2.2. Metodologías de cuantificación: Del Valor en Riesgo (VaR) a la Modelización Estocástica

La superación de los métodos actuariales tradicionales, basados en la extrapolación de promedios históricos (estacionariedad), es un imperativo técnico debido a la naturaleza no lineal y de cola ancha (fat-tailed) de los riesgos climáticos. En un sistema climático caracterizado por puntos de inflexión (tipping points), la historia ya no es un predictor fiable de la frecuencia ni de la severidad de los eventos extremos. Por ello, la gestión financiera pública moderna está adoptando el modelado probabilístico de catástrofes (CAT Models) y el análisis de escenarios estocásticos para capturar el riesgo sistémico. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), estas metodologías permiten estimar la Pérdida Máxima Probable (PML) y el Valor en Riesgo Fiscal (F-VaR), herramientas que cuantifican la probabilidad de que un evento climático supere la capacidad de absorción del presupuesto nacional. Como argumentan Battiston & Monasterolo (2023) en Nature Communications, la implementación de estas métricas es esencial para evitar el "punto ciego" fiscal que ocurre cuando los gobiernos ignoran las interdependencias entre el riesgo físico y los pasivos contingentes del Estado, lo

que podría derivar en correcciones bruscas de los mercados de deuda soberana (FMI, 2024; Battiston & Monasterolo, 2023).

La adopción de marcos de análisis de escenarios, alineados con las directrices del Network for Greening the Financial System (NGFS, 2024), permite a los Ministerios de Finanzas simular trayectorias económicas bajo diferentes niveles de calentamiento global y respuestas de política. Estos modelos no buscan predecir un único futuro, sino evaluar la resiliencia del balance del sector público ante múltiples estados posibles del sistema climático y energético. La literatura de la OCDE (2023) destaca que la integración de estos modelos probabilísticos en los Marcos de Gasto de Mediano Plazo (MGMP) facilita la identificación de "activos críticos vulnerables", permitiendo una priorización del gasto en adaptación basada en datos. No obstante, como advierte Ploeg (2021), la efectividad de estas herramientas depende de la calidad de los datos geoespaciales y de la capacidad técnica de las oficinas de gestión de deuda para interpretar modelos de incertidumbre radical, donde los eventos de baja probabilidad, pero alto impacto (como huracanes de categoría 5 persistentes) pueden desviar permanentemente la trayectoria del ratio deuda/PIB de un país (NGFS, 2024; OCDE, 2023; Ploeg, 2021).

- 1. Modelos de Catástrofe (CAT Models):** Integran datos científicos sobre peligros (hidrológicos, meteorológicos), vulnerabilidad de los activos y exposición financiera. Estos modelos permiten estimar la Pérdida Anual Esperada (AAL) y la Pérdida Máxima Probable (PML), métricas esenciales para que los Ministerios de Finanzas determinen el tamaño de sus fondos de reserva.
- 2. Análisis de Sensibilidad y Stress Testing Climático:** Siguiendo las recomendaciones del Network for Greening the Financial System (NGFS, 2023), los gobiernos están adoptando pruebas de estrés que simulan eventos de "cisne negro" climático. Estas pruebas evalúan la capacidad del presupuesto para absorber choques sin comprometer el servicio de la deuda o los programas sociales básicos.
- 3. Metodología de Valor en Riesgo Fiscal (F-VaR):** Adaptada del sector financiero, esta técnica permite estimar la pérdida potencial máxima en los ingresos del Estado con un nivel de confianza del 95% o 99%. Otker & Wickham (2021) sostienen que la integración del F-VaR en los marcos de mediano plazo es vital para países con alta exposición a huracanes o inundaciones recurrentes (NGFS, 2023; Otker & Wickham, 2021).

2.2.3. Instrumentos de protección financiera y la "Estrategia de Capas"

La implementación de una estrategia de protección financiera por capas, conocida técnicamente como risk layering, constituye la piedra angular de una gobernanza fiscal resiliente, permitiendo a los Ministerios de Finanzas optimizar la estructura de costos y la velocidad de respuesta ante eventos de diversa magnitud. Esta metodología se basa en el principio de eficiencia económica, según el cual no todos los riesgos climáticos deben gestionarse con el mismo instrumento financiero. Los riesgos de alta frecuencia, pero baja severidad, como las inundaciones estacionales menores, deben ser retenidos y financiados mediante mecanismos de presupuesto interno y fondos de reserva, ya que el costo de transferirlos al mercado de seguros sería prohibitivo debido a las primas de riesgo. Por el contrario, los riesgos catastróficos de baja frecuencia, pero severidad extrema deben ser transferidos a los mercados de capitales globales. Según el Banco Mundial (2023), una estrategia de capas bien diseñada reduce la "fricción financiera" y garantiza que el Estado no agote sus líneas de crédito comerciales en emergencias que podrían haber sido cubiertas por fondos de contingencia pre-fondeados, preservando así la calificación crediticia soberana (World Bank, 2023; OCDE, 2023).

En el marco de esta jerarquización, los instrumentos de transferencia de riesgo de última generación, como los seguros paramétricos y los bonos catastróficos (Cat Bonds), han ganado protagonismo por su capacidad de desembolso inmediato. A diferencia de los seguros tradicionales basados en la indemnización por pérdidas verificadas cuyo proceso de ajuste puede tardar meses o años, los instrumentos paramétricos se activan ante la superación de un umbral físico predefinido, como la velocidad del viento o la intensidad sísmica. Investigaciones de Cevik & Jalles (2022) subrayan que la utilización de estos mecanismos de mercado no solo proporciona liquidez post-desastre, sino que actúa como una señal de disciplina fiscal ante los inversores internacionales, mitigando el incremento de los diferenciales de rendimiento de los bonos soberanos. No obstante, el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) advierte que para que el risk layering sea efectivo, debe estar respaldado por marcos legales que permitan la ejecución rápida de los recursos y por una transparencia total en la contabilidad de los pasivos contingentes, evitando que la protección financiera se convierta en un incentivo para la negligencia en la inversión en infraestructura de mitigación (FMI, 2024; Cevik & Jalles, 2022; Martínez et al., 2022).

La integración de créditos contingentes, como las Opciones de Desembolso Diferido ante Catástrofes (Cat DDO), dentro de la capa intermedia de riesgo, ofrece un puente de liquidez vital que equilibra la retención y la transferencia. Estos instrumentos, provistos generalmente por organismos multilaterales, permiten a los países acceder a financiamiento en condiciones concesionales inmediatamente después de una declaración de emergencia, funcionando como un "seguro de liquidez". La literatura de Ghesquiere & Mahul (2021) destaca que la arquitectura financiera de desastres debe ser dinámica; a medida que el cambio climático altera los periodos de retorno de los eventos extremos, las capas de riesgo deben recalibrarse mediante modelos estocásticos para evitar que el fondo de reserva sea superado con demasiada frecuencia, lo que obligaría a recurrir a reasignaciones presupuestarias ad hoc que sacrifican la inversión en desarrollo humano y capital físico de largo plazo (Ghesquiere & Mahul, 2021; OCDE, 2023).

- **Capa de Alta Frecuencia / Baja Severidad (Retención del Riesgo):** Se gestiona mediante Fondos de Estabilización o Fondos para la Atención de Emergencias (FONDEN). Estos recursos deben estar presupuestados anualmente para cubrir eventos recurrentes menores.
- **Capa Intermedia (Transferencia Parcial):** Aquí operan los Créditos Contingentes, como la Opción de Desembolso Diferido ante Catástrofes (Cat DDO) del Banco Mundial (2023). Estos instrumentos garantizan liquidez inmediata a tasas concesionales tras la declaración de una emergencia.
- **Capa de Baja Frecuencia / Alta Severidad (Transferencia de Riesgo):** Para eventos catastróficos, se utilizan los Seguros Paramétricos (como el CCRIF en el Caribe) y los Bonos Catastróficos (Cat Bonds). A diferencia de los seguros tradicionales, estos pagan basándose en parámetros físicos (velocidad del viento, magnitud del sismo), lo que acelera el desembolso y reduce los costos de transacción (Banco Mundial, 2023; OCDE, 2022).

2.2.4. Infraestructura resiliente y Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP)

La protección de la integridad fiscal frente al cambio climático exige trascender la gestión de la liquidez de corto plazo para abordar la vulnerabilidad estructural del acervo de activos públicos. Blindar el stock de capital físico del Estado mediante la integración del análisis de riesgo climático en los Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP) constituye el eje transformador de la Gestión Financiera Pública (GFP) Verde. Esta integración supone

que la viabilidad de un proyecto no puede evaluarse únicamente bajo criterios tradicionales de rentabilidad social o económica, sino que debe incorporar la probabilidad de deterioro o destrucción por eventos climáticos extremos y crónicos. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022), la inversión en infraestructura resiliente no representa un costo hundido, sino una estrategia de ahorro preventivo: se estima que, por cada dólar destinado a fortalecer la resiliencia de los activos, se genera un ahorro promedio de cuatro dólares en costos futuros de reconstrucción y atención de emergencias.

Esta relación beneficio-costo subraya que la negligencia en los estándares de construcción actuales se traduce directamente en pasivos fiscales diferidos que comprometerán la solvencia de futuras administraciones (BID, 2022; Hallegatte et al., 2021). La metodología de "Inversión basada en Riesgo" redefine la fase de prefactibilidad de la obra pública, exigiendo que activos críticos como hospitales, redes eléctricas y sistemas de transporte sean sometidos a rigurosos análisis de vulnerabilidad que utilicen datos geoespaciales y modelos climáticos de alta resolución. Este enfoque requiere la adopción de estándares de ingeniería que ya no se basen en el "clima histórico", sino en los escenarios proyectados para el año 2050 y más allá, considerando variables como el aumento del nivel del mar, la intensificación de las islas de calor urbanas y la alteración de los regímenes pluviales.

Como sostienen Hallegatte et al, (2021) en su estudio para el Banco Mundial, la falta de resiliencia en la infraestructura de los países de ingresos bajos y medios genera interrupciones en los servicios básicos que cuestan a las empresas y a los hogares aproximadamente US\$ 390.000 millones anuales. En términos estrictamente fiscales, las pérdidas directas por daños en infraestructura no resiliente alcanzan los US\$ 18.000 millones anuales; una hemorragia de recursos que no solo erosiona la competitividad nacional al elevar los costos logísticos, sino que aumenta el riesgo soberano al degradar la base de activos que sustenta el crecimiento económico.

Asimismo, la institucionalización de estas metodologías en los SNIP actúa como un mecanismo de señalización de mercado que atrae capital privado hacia proyectos de Asociaciones Público-Privadas (APP) verdes. La OCDE (2023) enfatiza que cuando un Estado implementa marcos regulatorios que obligan a evaluar el riesgo climático, reduce la incertidumbre para los inversores de largo plazo y facilita la emisión de bonos verdes y de infraestructura. La resiliencia física se convierte así en resiliencia financiera: al disminuir la probabilidad de cese de operaciones de una infraestructura concesionada por causas climáticas,

se protegen también los ingresos fiscales futuros y se minimiza la probabilidad de que el Estado deba activar garantías contingentes por incumplimiento de contratos. Por lo tanto, el blindaje del capital físico mediante la GFP Verde es una condición *sine qua non* para la estabilidad macroeconómica en un siglo caracterizado por la volatilidad ambiental sistémica (OCDE, 2023; Banco Mundial, 2022).

2.2.5. Hacia una política fiscal proactiva: El rol de la transparencia

La gobernanza financiera contemporánea exige que la gestión del riesgo de desastres trascienda la mera provisión de liquidez para instaurar marcos de transparencia institucional que mitiguen el riesgo moral y la discrecionalidad en el uso de los fondos de emergencia. La implementación de Declaraciones de Riesgo Fiscal (DRF), como las promovidas por la OCDE (2023), constituye un mecanismo de rendición de cuentas de vanguardia que obliga a las autoridades financieras a cuantificar y divulgar explícitamente los pasivos contingentes derivados de la crisis climática, tanto explícitos (obligaciones legales de reconstrucción) como implícitos (presiones sociales para el rescate de sectores vulnerables). Esta transparencia técnica no solo optimiza la eficiencia asignativa del gasto público al evitar la duplicidad de esfuerzos y el desvío de recursos, sino que actúa como un determinante crítico del costo de capital soberano.

Según Volz et al. (2021), los mercados financieros globales están penalizando cada vez más a los emisores que no logran demostrar una comprensión profunda de su exposición climática; por ende, la publicación de reportes fiscales alineados con los estándares internacionales no es un mero ejercicio de compliance, sino una estrategia defensiva para reducir las primas de riesgo y asegurar la sostenibilidad de la deuda en escenarios de alta volatilidad ambiental (OCDE, 2023; Volz et al., 2021). Asimismo, la claridad en la cuantificación y el reporte de los riesgos climáticos se ha consolidado como la "llave de acceso" a los mercados de Finanzas Verdes y Bonos de Resiliencia, donde el apetito de los inversores institucionales depende de la integridad de los datos presentados.

La estandarización de estos reportes bajo marcos como el Task Force on Climate related Financial Disclosures (TCFD) permite que los Estados demuestren una gobernanza robusta, lo que facilita la estructuración de instrumentos de deuda etiquetada cuyos rendimientos pueden estar vinculados al cumplimiento de metas de adaptación. Como bien señalan Battiston et al. (2021) en su análisis sobre la resiliencia sistémica, la estabilidad macroeconómica en el siglo

XXI ya no puede garantizarse únicamente mediante las herramientas tradicionales de control de inflación o déficit primario; la verdadera solvencia estatal depende ahora de la capacidad de internalizar la incertidumbre climática no lineal en el núcleo duro de la planificación financiera nacional. La transición hacia una Gestión Financiera Pública Verde permite que los Ministerios de Finanzas identifiquen brechas de financiamiento de manera proactiva, evitando que la materialización de un desastre natural derive en una crisis de confianza que dispare los credit default swaps (CDS) y comprometa el crecimiento económico de largo plazo (Battiston et al., 2021; FMI, 2024; OCDE, 2023).

2.3. Gestión Financiera Pública (GFP) Verde: Integración del clima en todo el ciclo presupuestario

La Gestión Financiera Pública Verde (GFP Verde) trasciende la mera asignación de recursos sectoriales para constituirse como una reingeniería profunda del ciclo presupuestario, orientada a internalizar las externalidades climáticas en el núcleo de la toma de decisiones macroeconómicas. Esta transformación sistémica exige que las instituciones fiscales abandonen su papel tradicional de administradores de caja para convertirse en arquitectos de la descarbonización, asegurando que cada unidad de gasto público sea funcional a las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y a las trayectorias de neutralidad de carbono para 2050. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), la efectividad de la política climática es marginal si no está anclada en un marco fiscal de mediano plazo que vincule los objetivos ambientales con la programación financiera, evitando la desalineación entre las promesas diplomáticas internacionales y la ejecución presupuestaria doméstica.

Como sostienen Gonguet et al. (2021) en sus directrices para la GFP Verde, la integración del clima debe permear todas las fases del ciclo: desde la planificación estratégica y la formulación del presupuesto, hasta la ejecución, la contabilidad y la auditoría externa, garantizando que el presupuesto nacional no subvencione inadvertidamente actividades con altas emisiones de gases de efecto invernadero (FMI, 2024; Gonguet et al., 2021). La implementación de una GFP Verde robusta actúa como un mecanismo de mitigación de riesgos fiscales al proporcionar transparencia sobre la exposición del Estado ante la obsolescencia de los combustibles fósiles y la creciente severidad de los desastres naturales.

De acuerdo con la OCDE (2022), el uso de herramientas como el "presupuesto verde" permite a los Ministerios de Finanzas realizar un análisis de coherencia de las políticas,

identificando aquellos incentivos fiscales que resultan contraproducentes para la resiliencia climática, tales como los subsidios ineficientes al consumo de hidrocarburos que, en promedio, consumen una parte significativa del espacio fiscal en economías en desarrollo. La literatura reciente de la Public Expenditure and Financial Accountability (PEFA Secretariat, 2022) subraya que la adopción de clasificadores presupuestarios climáticos (Climate Budget Tagging) es esencial para la rendición de cuentas, permitiendo que las Entidades Fiscalizadoras Superiores y el público en general monitoreen si la inversión pública está efectivamente cerrando la brecha de adaptación. Sin esta trazabilidad, el riesgo de "greenwashing presupuestario" aumenta, erosionando la confianza de los mercados de bonos verdes y limitando el acceso a financiamiento climático concesional de organismos multilaterales (OCDE, 2022; PEFA Secretariat, 2022; Banco Mundial, 2023).

Finalmente, el éxito de la GFP Verde depende de la creación de capacidades técnicas dentro de las oficinas de presupuesto y tesorería para manejar la incertidumbre no lineal propia de los escenarios climáticos. La transición hacia una contabilidad de capital natural y el reporte de pasivos ambientales implícitos requiere que los sistemas de información financiera del Estado (SIAF) se integren con datos climáticos y geoespaciales de alta resolución. Como concluye el Banco Mundial (2023), una GFP Verde no es un sistema paralelo ni una carga administrativa adicional, sino una evolución necesaria de la gobernanza pública para gestionar la mayor amenaza sistémica de la estabilidad macroeconómica moderna. Al integrar el clima en todo el ciclo presupuestario, el Estado no solo protege su patrimonio físico y financiero, sino que envía una señal de certidumbre a la inversión privada, facilitando el tránsito hacia una economía resiliente y de bajas emisiones que sea fiscalmente sostenible en el largo plazo (FMI, 2024).

2.3.1. El cambio hacia una presupuestación multidimensional

La evolución de la Gestión Financiera Pública (GFP) desde un enfoque estrictamente técnico-contable hacia una gobernanza multidimensional representa uno de los cambios estructurales más significativos en la política económica del siglo XXI. Tradicionalmente, la arquitectura de la GFP estaba anclada en tres pilares fundamentales: la disciplina fiscal agregada, la asignación de recursos basada en prioridades estratégicas y la eficiencia operativa en la prestación de servicios. No obstante, el surgimiento de la crisis climática como un riesgo macrocrítico ha forzado la inclusión de una cuarta dimensión: la sostenibilidad ambiental. Según la OCDE (2022), la presupuestación verde no debe entenderse como un ejercicio

administrativo periférico, sino como el uso estratégico de las herramientas de gestión financiera para evaluar, alinear y auditar los impactos ambientales de la política fiscal.

Este cambio de paradigma exige que los Ministerios de Finanzas trasciendan la visión del ciclo anual para adoptar Marcos de Gasto de Mediano Plazo (MGMP) que internalicen las trayectorias de descarbonización, asegurando que la planificación plurianual sea coherente con los límites planetarios y los compromisos de emisiones netas cero (OCDE, 2022; FMI, 2024). La brecha existente entre las ambiciones climáticas expresadas en foros internacionales y la realidad de las asignaciones presupuestarias domésticas constituye un riesgo de credibilidad soberana y una ineficiencia económica profunda. La literatura contemporánea de Gonguet et al. (2021), desarrollada para el Fondo Monetario Internacional (FMI), sostiene que una GFP Verde robusta es el único mecanismo capaz de cerrar esta brecha, proporcionando la trazabilidad necesaria para que la ejecución presupuestaria no contradiga los objetivos nacionales de mitigación.

En ausencia de estos marcos, el presupuesto público corre el riesgo de operar con puntos ciegos fiscales, donde se financian simultáneamente proyectos de infraestructura resiliente y se mantienen subsidios ineficientes a los combustibles fósiles o inversiones en activos que quedarán varados. Como subraya el Banco Mundial (2023), la integración climática en la GFP permite una "coherencia de políticas" que optimiza el multiplicador del gasto público, garantizando que los recursos del Estado catalicen la transición energética en lugar de subvencionar la persistencia de economías con alta intensidad de carbono (Gonguet et al., 2021; FMI, 2024).

Finalmente, la consolidación de esta cuarta dimensión ambiental en la GFP requiere una reforma en los sistemas de información financiera y en la cultura institucional de las tesorerías nacionales. No basta con asignar fondos a proyectos "verdes"; se requiere una evaluación ex-ante y ex-post del impacto ambiental de todas las partidas presupuestarias, incluyendo aquellas que parecen neutrales. Investigaciones de Agarwala et al. (2021) indican que los países que logran integrar la sostenibilidad en su planificación financiera obtienen beneficios tangibles en términos de estabilidad macroeconómica y acceso a mercados de capitales bajo mejores condiciones. Por tanto, la presupuestación verde actúa como un sistema de alerta temprana que identifica pasivos ambientales antes de que se conviertan en crisis fiscales. La GFP Verde, en este sentido, es la herramienta de gobernanza definitiva para asegurar que la política fiscal sea el motor de una transformación económica que sea, al mismo

tiempo, financieramente solvente y ecológicamente viable (OCDE, 2022; Banco Mundial, 2023).

2.3.2. Clasificadores presupuestarios y Marcadores Climáticos (Climate Tagging)

La implementación de clasificadores presupuestarios o marcadores climáticos constituye el andamiaje técnico fundamental para la operatividad de la Gestión Financiera Pública (GFP) Verde, permitiendo la trazabilidad del flujo de recursos desde su asignación legislativa hasta su impacto territorial. El Seguimiento del Gasto Climático (Climate Budget Tagging, CBT) se ha consolidado como una herramienta de gobernanza de datos que trasciende la mera transparencia contable para convertirse en un instrumento de evaluación de la eficiencia del gasto público. Según el Banco Mundial (2023), la adopción de un sistema de marcadores robusto permite a los Ministerios de Finanzas identificar brechas de financiamiento y desalineaciones entre las políticas climáticas nacionales y los desembolsos reales. Esta sofisticación metodológica es el antídoto técnico contra el greenwashing presupuestario, ya que exige que los gestores públicos justifiquen la contribución climática de cada partida mediante evidencia técnica verificable, evitando la clasificación arbitraria de gastos convencionales como ambientales (OCDE, 2021).

Desde una perspectiva metodológica, el Banco Mundial (2023) distingue entre el enfoque de objetivos, que clasifica el gasto basándose en la intención política de mitigar o adaptar, y el enfoque de impactos o beneficios, que utiliza indicadores cuantitativos para medir la reducción neta de emisiones de gases de efecto invernadero o el incremento en la resiliencia física de un activo. La literatura de la OCDE (2021) subraya que la efectividad del CBT depende de su integración en el Sistema de Información de Gestión Financiera (SIGEF), permitiendo reportes en tiempo real que faciliten la auditoría de desempeño. Países pioneros como Francia, a través de su "Presupuesto Verde", y Colombia, con su sistema de seguimiento a las inversiones en cambio climático, han demostrado que esta trazabilidad es un requisito sine qua non para el éxito de los Bonos Verdes Soberanos.

Los inversores institucionales en los mercados globales de capitales demandan marcos de reporte alineados con estándares internacionales que garanticen que el capital movilizado genera beneficios ambientales adicionales y no simplemente sustituye financiamiento previo sin impacto incremental (Banco Mundial, 2023; OCDE, 2021; FMI, 2024). La estandarización de estos marcadores bajo taxonomías de actividades económicas sostenibles es el paso crítico

para armonizar la inversión pública con los flujos de capital privado, creando un lenguaje común de resiliencia financiera. De acuerdo con el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), la fragmentación de criterios en la clasificación del gasto climático genera costos de transacción elevados y asimetrías de información que inhiben la movilización de recursos a gran escala.

La convergencia hacia taxonomías interoperables, como la de la Unión Europea o las desarrolladas en América Latina bajo el liderazgo del BID, permite que los marcadores presupuestarios sirvan no solo para el control interno, sino como indicadores de señalización para el sector financiero privado. Como concluyen Gonguet et al. (2021), la consolidación de un sistema de CBT maduro transforma el presupuesto nacional en un portafolio de inversión climática transparente, elevando la competitividad del país en el mercado de finanzas sostenibles y asegurando que la política fiscal actúe como un multiplicador de la resiliencia climática global (FMI, 2024; Banco Mundial, 2023).

2.3.3. Auditoría y rendición de cuentas: El rol de las Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS)

La integridad de la Gestión Financiera Pública (GFP) Verde depende críticamente del cierre del ciclo presupuestario mediante mecanismos robustos de auditoría y rendición de cuentas, los cuales garantizan la correspondencia entre los desembolsos financieros y los resultados ambientales tangibles. En este ecosistema, las Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS) han dejado de ser meros vigilantes de la legalidad formal para convertirse en evaluadores de la eficacia climática, desempeñando un rol fundamental en la validación de la adicionalidad de las políticas verdes. Según las directrices de la Organización Internacional de las Entidades Fiscalizadoras Superiores INTOSAI (2024), la fiscalización moderna debe trascender la auditoría financiera tradicional para centrarse en auditorías de desempeño que utilicen métricas científicas. Este enfoque implica verificar si el gasto etiquetado como verde ha generado reducciones reales en las emisiones de gases de efecto invernadero o si ha fortalecido efectivamente la capacidad de adaptación en los territorios más expuestos.

La falta de este escrutinio técnico permite la persistencia de ineficiencias y el uso de recursos públicos en proyectos que, bajo una etiqueta de sostenibilidad, no logran alterar la trayectoria de vulnerabilidad del país (INTOSAI, 2024; Banco Mundial, 2023). La implementación de auditorías climáticas actúa como un salvaguarda institucional contra el

riesgo de captura de rentas y corrupción en la gestión de fondos destinados a la mitigación y a la atención de desastres. La investigación de D’Anzieri et al. (2023) subraya que la integración de la contabilidad verde y el monitoreo externo independiente son determinantes para elevar la confianza de los organismos multilaterales y los inversores privados. Al establecer protocolos claros de rendición de cuentas, se reduce el espacio para la discrecionalidad en la asignación de contratos públicos y se asegura que los incentivos fiscales cumplan con su propósito ambiental.

Este nivel de vigilancia es particularmente crítico en la gestión de fondos para desastres naturales, donde la urgencia del gasto suele relajar los controles tradicionales; aquí, la auditoría ex post basada en datos geoespaciales y resultados medibles permite una evaluación objetiva de la resiliencia construida. Como señalan Hansson et al. (2022), sin una fase de fiscalización rigurosa que penalice el incumplimiento de objetivos climáticos, los marcos de GFP Verde corren el riesgo de degradarse en un mero ejercicio de retórica burocrática o greenwashing institucional, desprovisto de impacto real en la descarbonización económica (D’Anzieri et al., 2023; OCDE, 2023).

Finalmente, el fortalecimiento de la rendición de cuentas ambiental requiere una infraestructura de datos interoperable que permita a las EFS acceder a información técnica no financiera en tiempo real. La OCDE destaca que la eficacia de las auditorías climáticas se multiplica cuando los sistemas de información de gestión financiera (SIAF) se cruzan con inventarios de emisiones y sistemas de monitoreo de biodiversidad. Esta convergencia de datos permite a los auditores realizar análisis de impacto comparativo, determinando si las inversiones en infraestructura resiliente, por ejemplo, han reducido efectivamente las pérdidas económicas esperadas tras eventos climáticos extremos. En última instancia, la rendición de cuentas en la GFP Verde no es solo un requisito administrativo, sino una condición técnica para asegurar que la política fiscal sea un motor genuino de sostenibilidad, protegiendo tanto el erario como el patrimonio natural frente a la incertidumbre climática sistémica (OCDE, 2023; INTOSAI, 2024; FMI, 2024).

2.3.4. Herramientas de diagnóstico: El marco PEFA-Clima

La evaluación de la madurez institucional de un Estado para gestionar la crisis climática desde sus finanzas encuentra su estándar de oro en el marco PEFA-Clima (Public Expenditure and Financial Accountability). Este módulo de diagnóstico especializado trasciende la

contabilidad convencional al auditar la capacidad de respuesta del sistema de Gestión Financiera Pública (GFP) frente a las metas de mitigación y adaptación. A través de 14 indicadores agregados que cubren el ciclo completo desde la formulación presupuestaria hasta la auditoría externa, el PEFA-Clima permite a los responsables de la política fiscal identificar cuellos de botella normativos y operativos. Según el Secretariado de PEFA (2022), esta herramienta no solo mide la existencia de políticas verdes, sino la efectividad de su implementación; por ejemplo, evalúa si los marcos de gasto de mediano plazo están alineados con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y si existe una coordinación interinstitucional real entre el Ministerio de Finanzas y la cartera de Medio Ambiente.

La adopción de este diagnóstico es, por tanto, un ejercicio de transparencia que reduce la asimetría de información entre el Estado y los donantes internacionales, facilitando una movilización de recursos más eficiente y basada en evidencia (PEFA Secretariat, 2022; Banco Mundial, 2023). El análisis técnico derivado de las evaluaciones iniciales ha revelado una vulnerabilidad crítica en la gobernanza de las naciones en desarrollo: la desconexión entre la planificación de inversiones y la sostenibilidad ambiental.

El Secretariado de PEFA (2022) y el Banco Mundial (2023) señalan que, aunque muchos países han avanzado en la formulación de leyes climáticas, la fase de selección y evaluación de proyectos de inversión pública (SNIP) sigue operando bajo criterios puramente financieros de corto plazo. La ausencia de metodologías para el cálculo del costo de ciclo de vida que incluyan el precio social del carbono y las externalidades ambientales deriva en la aprobación de infraestructuras que, si bien son económicas en su fase de construcción, resultan fiscalmente insostenibles por su alta exposición al riesgo climático o su obsolescencia tecnológica prematura.

Como destaca la OCDE (2024), esta brecha metodológica se traduce en una mala adaptación que compromete el capital físico del Estado. Por esta razón, la integración de criterios climáticos en la contratación pública verde (Green Public Procurement) y en la gestión de activos públicos se ha vuelto una prioridad en las reformas de GFP impulsadas por fondos multilaterales (PEFA Secretariat, 2022; Banco Mundial, 2023; OCDE, 2024). Finalmente, el cumplimiento de los estándares del PEFA-Clima ha pasado de ser una recomendación técnica a convertirse en un requisito de elegibilidad para el financiamiento climático concesional y el acceso a mecanismos de de-risking. Organismos como el Green Climate Fund (GCF) y el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), a través de su Servicio de Resiliencia y

Sostenibilidad (SRS), condicionan el apoyo financiero a la existencia de una arquitectura institucional capaz de absorber y gestionar fondos a gran escala con integridad y transparencia. La capacidad de un país para reportar con precisión sobre el uso de recursos climáticos y para demostrar que su sistema de gestión financiera es resiliente al riesgo de desastres actúa como una señal de bajo riesgo soberano.

En este contexto, el PEFA-Clima no solo funciona como un termómetro de la gobernanza interna, sino como un activo diplomático y financiero que permite a los países en desarrollo competir en el mercado global de finanzas sostenibles, asegurando que la transición energética sea financiable y fiscalmente responsable (PEFA Secretariat, 2022; FMI, 2024; World Bank, 2023).

2.3.5. Estados Contables Verdes y el balance del sector público

La vanguardia de la Gestión Financiera Pública (GFP) Verde se sitúa actualmente en la reforma estructural de los marcos de contabilidad nacional, transitando de un enfoque basado puramente en flujos financieros hacia la consolidación de estados contables que integren el capital natural. La omisión histórica de los servicios ecosistémicos y los recursos renovables en el balance general del Estado ha generado lo que Agarwala en su investigación para Nature Ecology & Evolution, califican como una distorsión crítica de la riqueza nacional. Esta "ceguera contable" no solo incentiva políticas fiscales extractivistas que sobreestiman el crecimiento del PIB al contabilizar la destrucción de activos biológicos como renta corriente, sino que oculta el deterioro de la solvencia soberana a largo plazo. Según el Fondo Monetario Internacional, la integración de la contabilidad de ecosistemas, alineada con el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SEEA) de las Naciones Unidas, permite a los Ministerios de Finanzas visualizar el agotamiento de recursos como una pérdida de patrimonio neto, forzando una reevaluación de la sostenibilidad fiscal bajo criterios de integridad ecológica sistémica (Agarwala et al., 2021; FMI, 2024; ONU, 2021).

Este cambio hacia un Balance Verde es un requisito técnico indispensable para la gestión proactiva de los pasivos ambientales y los activos varados. La contabilidad pública moderna debe comenzar a reconocer las deudas implícitas que el Estado contrae con las futuras generaciones al degradar los sumideros de carbono y la biodiversidad, transformando estas externalidades en obligaciones financieras contingentes, como sostienen (Dasgupta, 2021) y el

Banco (Mundial, 2023), un balance que no incorpore los riesgos climáticos físicos y de transición ofrece una imagen distorsionada de la capacidad de pago de una nación.

La valoración de los riesgos soberanos por parte de las agencias de calificación ya está incorporando la "huella de capital natural" como un indicador de resiliencia; por ende, los países que no logren cuantificar sus pasivos ambientales enfrentarán mayores costos de endeudamiento. Este enfoque permite identificar sectores donde la infraestructura actual corre el riesgo de volverse económicamente inviable antes de su depreciación contable, permitiendo una desinversión gestionada que proteja la estabilidad financiera del sector público (Dasgupta, 2021; Banco Mundial, 2023; Agarwala et al., 2021).

Finalmente, la estandarización de estos procesos mediante las Normas Internacionales de Contabilidad para el Sector Público (IPSAS) que incorporen métricas climáticas específicas se perfila como el estándar de oro para la transparencia fiscal en la presente década. La implementación de reportes financieros relacionados con el clima no solo mejora la rendición de cuentas, sino que alinea la contabilidad gubernamental con las demandas de los mercados de capitales sostenibles. Según la OCDE, la convergencia hacia estados contables verdes facilita la emisión de instrumentos de deuda ligados a la sostenibilidad, ya que ofrece a los inversores una visión holística que combina la solvencia financiera tradicional con la preservación del capital natural. En última instancia, la reforma de los estados contables permite que la planificación fiscal deje de ser un ejercicio de maximización del consumo presente para convertirse en una estrategia de preservación de la riqueza intergeneracional, donde la integridad del medio ambiente es reconocida como la base material sobre la cual se sustenta la estabilidad macroeconómica (OCDE, 2024; FMI, 2024; IPSASB, 2023).

2.4. Estrategias de descarbonización a largo plazo (LTS): Reformas fiscales e incentivos para la inversión verde

Las Estrategias de Descarbonización a Largo Plazo (LTS) representan el instrumento de planificación macroeconómica más ambicioso de la arquitectura climática global, operando como el eje que articula la visión de neutralidad de carbono para mediados de siglo con las decisiones fiscales del presente. A diferencia de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), que poseen un horizonte temporal limitado y a menudo se centran en metas incrementales, las LTS exigen una visión de cambio estructural que trascienda los ciclos políticos y económicos de corto plazo. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), la transición hacia emisiones netas cero requiere una movilización de capital sin precedentes,

donde la inversión en energía limpia debe triplicarse para 2030. Este despliegue de capital solo es factible si las LTS se traducen en marcos regulatorios y fiscales coherentes que eliminen la incertidumbre para el inversor privado. Como sostienen Vogt-Schilb y Feng (2023), una LTS robusta no es simplemente un documento de aspiraciones ambientales, sino un plan maestro de gestión de activos que debe guiar la desinversión en sectores intensivos en carbono para evitar la proliferación de activos varados (*stranded assets*), los cuales representan una amenaza sistémica para la estabilidad de los balances públicos y privados (Vogt-Schilb & Feng, 2023).

La implementación efectiva de las LTS demanda una reingeniería profunda de la política fiscal, fundamentada en la eliminación de los incentivos obsoletos que perpetúan la dependencia de los combustibles fósiles y en la creación de nuevos mecanismos de señalización de precios. El Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) enfatiza que la reforma de los subsidios a los hidrocarburos es un requisito sine qua non para la viabilidad de cualquier estrategia de largo plazo; estos subsidios no solo erosionan el espacio fiscal, sino que distorsionan los precios relativos, impidiendo que las tecnologías de bajas emisiones compitan en igualdad de condiciones.

La literatura de Jakob et al. (2022) resalta que la transición fiscal debe ser justa y proactiva, integrando el reciclaje de los ingresos derivados de la fiscalidad al carbono para financiar la protección social y la reconversión laboral. En este sentido, la LTS funciona como un compromiso de transparencia gubernamental que comunica a los mercados financieros la trayectoria futura de los impuestos y las regulaciones, permitiendo una transición ordenada del capital desde las industrias extractivas hacia los nuevos sectores de la economía verde, minimizando así las pérdidas económicas disruptivas y fortaleciendo la solvencia soberana a largo plazo (FMI, 2024; Jakob et al., 2022; Banco Mundial, 2023).

El éxito de las LTS reside en su capacidad para institucionalizar la sostenibilidad en los Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP) y en la gobernanza de los bancos centrales. De acuerdo con la OCDE (2024), la alineación de la inversión pública con las LTS garantiza que la infraestructura construida hoy sea compatible con el clima de 2050, evitando el bloqueo tecnológico en soluciones de alta intensidad de carbono. Esto requiere la adopción de taxonomías verdes y estándares de reporte financiero que permitan rastrear la consistencia de cada unidad de gasto público con los límites planetarios. Como concluyen Semieniuk et al. (2022), la omisión de estos marcos de largo plazo en la planificación financiera actual expone a las economías, especialmente a las de ingresos bajos y medios, a un riesgo de ajuste

desordenado que podría desencadenar crisis de deuda soberana si el valor de los activos fósiles colapsa antes de que se haya consolidado una base imponible diversificada y resiliente (OCDE, 2024; Semieniuk et al., 2022; IEA, 2023).

2.4.1. Alineación Estratégica y Programación de Inversiones

La integración técnica de las Estrategias de Descarbonización a Largo Plazo (LTS) dentro de los Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP) constituye el mecanismo operativo más crítico para evitar la incoherencia entre la planificación climática y la ejecución fiscal. La efectividad de una LTS no reside en su valor declarativo, sino en su capacidad para actuar como un mandato vinculante en la selección de proyectos de capital, garantizando que el stock de infraestructura del Estado no se convierta en un obstáculo para la neutralidad climática. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024), la desconexión entre las metas climáticas y el presupuesto nacional crea un riesgo sistémico de bloqueo de carbono (carbon lock-in), donde las inversiones actuales en activos intensivos en combustibles fósiles quedan obsoletas mucho antes de cumplir su vida útil económica.

Este fenómeno de activos varados (stranded assets) no solo representa una pérdida de capital físico, sino que genera pasivos contingentes masivos para el erario público, especialmente cuando el Estado ha otorgado garantías de ingresos o contratos de compra de energía a largo plazo para tecnologías que serán desplazadas por el avance de la transición energética global (FMI, 2024; IEA, 2023). Para mitigar estos riesgos, la literatura de Vogt-Schilb y Feng (2023) sostiene que los Ministerios de Finanzas deben transitar hacia una gobernanza de "inversión inteligente", implementando filtros de alineación climática en la fase de prefactibilidad de cada proyecto. Estos filtros no son meras listas de verificación administrativa, sino análisis técnicos que evalúan la consistencia de la inversión con los escenarios de descarbonización profunda de $1,5^{\circ}\text{C}$. Una herramienta central en este proceso es la internalización del precio social del carbono en el análisis de costo-beneficio social.

Al asignar un valor monetario a las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas o generadas, se corrige la falla de mercado que históricamente ha favorecido a las tecnologías fósiles por su aparente bajo costo directo. De acuerdo con el Banco Mundial (2023), la aplicación de un precio social del carbono robusto permite que las opciones de energía renovable, transporte electrificado e infraestructura resiliente demuestren su superioridad económica y social frente a las alternativas tradicionales, asegurando que la rentabilidad social

de los proyectos sea coherente con la supervivencia ecológica y la estabilidad fiscal de largo plazo (Vogt-Schilb & Feng, 2023).

Asimismo, la alineación estratégica en los SNIP requiere una actualización de los manuales de formulación y evaluación de proyectos para incorporar el análisis de riesgos climáticos de transición. Esto implica que los evaluadores deben considerar no solo el impacto del proyecto en el clima, sino cómo la evolución de la política climática global (como los impuestos al carbono o los estándares de eficiencia) afectará la viabilidad financiera del proyecto en el futuro. Según la OCDE (2024), la gobernanza de la inversión pública debe evolucionar hacia un modelo de gestión de cartera de activos de bajas emisiones, donde el presupuesto no se asigna de forma aislada, sino bajo una lógica de contribución acumulada a las metas de la LTS. Esta integración asegura que las garantías públicas a proyectos privados no se conviertan en subsidios encubiertos al carbono, protegiendo la calificación crediticia soberana al demostrar que el país está construyendo una base de activos moderna, competitiva y alineada con las exigencias de sostenibilidad del sistema financiero internacional (FMI, 2024; IEA, 2023).

2.4.2. Taxonomías Verdes: El lenguaje de la inversión sostenible

La arquitectura de las finanzas sostenibles modernas se asienta sobre la creación de taxonomías verdes robustas, las cuales operan como el sistema de clasificación técnica definitivo para discernir qué actividades económicas son compatibles con una trayectoria de emisiones netas cero y cuáles representan riesgos de greenwashing o lavado de imagen ambiental. Según la OCDE (2024), estas taxonomías trascienden la mera categorización cualitativa para establecer umbrales científicos de desempeño, conocidos como criterios de selección técnica, que garantizan que una inversión contribuya sustancialmente a los objetivos de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (LTS) sin causar un daño significativo a otros objetivos ambientales (principio Do No Significant Harm).

En un ecosistema financiero globalizado, la interoperabilidad de estas taxonomías es un imperativo macroeconómico; al alinear las definiciones locales con estándares internacionales como la Taxonomía de la Unión Europea o los principios de la International Platform on Sustainable Finance (IPSF), los gobiernos logran reducir drásticamente la asimetría de información y los costos de debida diligencia para los inversores institucionales, facilitando así la movilización de capital transfronterizo hacia proyectos de infraestructura crítica (OCDE, 2024; IPSF, 2023).

En el contexto de América Latina, el desarrollo de taxonomías ha adquirido una dimensión multidimensional que reconoce las particularidades de la región, integrando no solo la mitigación del cambio climático, sino también la adaptación, la resiliencia y la conservación de la biodiversidad. Países pioneros como Colombia (con su Taxonomía Verde pionera en la región), México y Brasil han diseñado marcos que permiten una granularidad técnica necesaria para sectores de difícil descarbonización y para la protección de ecosistemas estratégicos. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), la integración de estos diccionarios técnicos en los sistemas de reporte financiero y en la supervisión bancaria es lo que permite "traducir" los compromisos climáticos nacionales en activos financieros bancables. Este proceso de estandarización es vital para el desarrollo de mercados de Bonos de Sostenibilidad y Créditos Vinculados a la Sostenibilidad (SLBs), ya que proporciona a las entidades financieras una metodología verificable para reportar la alineación de sus carteras con la LTS, atrayendo a fondos de pensiones y fondos soberanos que exigen altos estándares de integridad ambiental (CEPAL, 2023).

Finalmente, el impacto de una taxonomía bien implementada se manifiesta en la reasignación estratégica de flujos de capital hacia vectores tecnológicos que definirán la competitividad en las próximas décadas, como el hidrógeno verde, el almacenamiento de energía a gran escala y la agricultura regenerativa. La OCDE (2024) sostiene que las taxonomías actúan como una señal de mercado que reduce el riesgo de "activos varados", al alertar a los inversores sobre actividades que perderán su viabilidad bajo los marcos regulatorios de la transición energética. Al establecer reglas de juego claras, el Estado no solo fomenta la innovación, sino que protege la estabilidad del sistema financiero frente a choques climáticos, asegurando que la transición energética sea un proceso de destrucción creativa ordenado donde el capital público y privado converjan en la creación de una base económica resiliente, competitiva y estrictamente alineada con los límites planetarios (BID, 2023; FMI, 2024).

2.4.3. Reforma de Subsidios a los Combustibles Fósiles

La racionalización y eliminación progresiva de los subsidios a los combustibles fósiles constituye el pilar más crítico, y simultáneamente el más sensible desde la perspectiva de la economía política, en la implementación de las Estrategias de Descarbonización a Largo Plazo (LTS). En el contexto de América Latina y el Caribe, estos subsidios no solo representan una carga fiscal promedio del 1,1% del PIB alcanzando cifras dramáticamente superiores en países

exportadores de hidrocarburos, sino que generan un costo de oportunidad social inaceptable al desplazar recursos que podrían triplicar la inversión en capital humano o salud pública.

El Fondo Monetario Internacional (FMI, 2023), estos mecanismos de apoyo de precios actúan como una barrera estructural que distorsiona la competitividad de las energías renovables al mantener artificialmente bajos los costos marginales de las tecnologías convencionales. Esta distorsión incentiva un consumo ineficiente de carbono y perpetúa una arquitectura energética obsoleta que contradice los compromisos del Acuerdo de París, exacerbando la vulnerabilidad de las finanzas públicas ante la volatilidad de los precios internacionales del petróleo (Black et al., 2023).

La viabilidad política de esta reforma depende intrínsecamente de la capacidad del Estado para diseñar mecanismos de compensación que transformen una medida potencialmente regresiva en un motor de equidad social. La investigación fundamental de Jakob et al. (2022), publicada en *Nature Communications*, demuestra que el éxito de la reforma de precios de la energía radica en el reciclaje de ingresos (revenue recycling). Al redirigir el ahorro fiscal obtenido hacia transferencias monetarias directas y focalizadas para los deciles de menores ingresos, los gobiernos pueden no solo neutralizar el impacto inflacionario en los hogares vulnerables, sino incluso reducir los índices de Gini nacionales.

El Banco Mundial (2023) subraya que la LTS debe detallar un cronograma plurianual de desmantelamiento de subsidios que proporcione señales de precios predecibles al sector privado, permitiendo que la industria ajuste sus procesos productivos y facilitando que el Estado recupere el espacio fiscal necesario para capitalizar fondos de transición energética y programas de justicia climática (Jakob et al., 2022; Parry et al., 2021).

Finalmente, la reforma de los subsidios debe entenderse como un requisito técnico para la eficiencia macroeconómica en un mundo en proceso de descarbonización. La literatura reciente de Black et al. (2023) para el FMI advierte que los subsidios implícitos aquellos que no reflejan los costos externos por contaminación y daños a la salud son significativamente mayores que los subsidios explícitos de caja, distorsionando la verdadera rentabilidad de la economía.

Una LTS que integre la reforma de subsidios con una estrategia de comunicación robusta y pactos sociales de transición puede convertir un pasivo fiscal en un activo de desarrollo, atrayendo inversión extranjera directa hacia sectores de energía limpia que, sin estas

distorsiones de mercado, demuestran una mayor viabilidad financiera y menores riesgos de activos varados. La recuperación del espacio fiscal derivada de esta reforma es, en última instancia, la garantía de que el Estado podrá financiar la infraestructura de red, la movilidad eléctrica y los sistemas de almacenamiento que requiere la economía del siglo XXI (Black et al., 2023; IEA, 2024; FMI, 2023).

2.4.4. Impuestos al Carbono y Reciclaje de Ingresos (Revenue Recycling)

Los impuestos al carbono representan el instrumento económico de mercado con mayor capacidad de eficiencia para corregir la falla de mercado que supone la crisis climática, al internalizar el Costo Social del Carbono (CSC) en el sistema de precios relativos. No obstante, su implementación técnica dentro de las Estrategias de Descarbonización a Largo Plazo (LTS) requiere una arquitectura fiscal sofisticada que garantice la neutralidad impositiva o el reciclaje estratégico de los ingresos (revenue recycling) para evitar efectos contractivos en el consumo y la inversión. Según el Banco Mundial (2023), a la fecha existen más de 70 jurisdicciones operando mecanismos de fijación de precios al carbono, incluyendo impuestos y sistemas de comercio de emisiones (ETS), los cuales cubren aproximadamente el 23% de las emisiones globales.

Para que estos instrumentos sean efectivos en la trayectoria hacia el $1,5^{\circ}\text{C}$, la LTS debe establecer una senda de precios ascendente y predecible; el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2024) proyecta que el precio global debería alcanzar un promedio ponderado de US\$ 75 por tonelada de CO₂ para 2030 en las economías avanzadas, con ajustes proporcionales en economías emergentes (US\$ 50) y países de bajos ingresos (US\$ 25), con el fin de proporcionar señales de inversión que desplacen las tecnologías fósiles de forma definitiva (Banco Mundial, 2023; Black et al., 2023). La legitimidad y sostenibilidad política de los impuestos al carbono dependen directamente del destino de la recaudación, concepto conocido como la hipótesis del doble dividendo. Este enfoque sugiere que los ingresos del carbono pueden utilizarse para reducir impuestos distorsionadores, como las cargas sobre el trabajo o la renta corporativa, estimulando así el empleo y el crecimiento económico mientras se reduce la contaminación.

Alternativamente, el reciclaje de ingresos puede dirigirse a financiar la infraestructura habilitante de la transición, como redes de transporte público eléctrico de alta capacidad o la capitalización de fondos soberanos de innovación tecnológica para el hidrógeno verde. La

transparencia radical en la gestión de estos fondos es la única vía para mitigar la resistencia social y asegurar el apoyo público a la transición. Una política de precios al carbono integrada en la LTS no solo actúa como un regulador ambiental, sino que funciona como un estabilizador fiscal: ante la inminente erosión de la base imponible de los impuestos tradicionales a los combustibles por la electrificación del transporte, el impuesto al carbono ofrece una base imponible resiliente y coherente con el balance de emisiones netas cero (Semieniuk et al., 2022; FMI, 2024; Stiglitz & Stern, 2023).

Desde una perspectiva de riesgo macroeconómico, la fijación de precios al carbono es una herramienta de gestión de activos que permite a los Estados acelerar la amortización de activos intensivos en carbono antes de que su colapso de valor genere una crisis sistémica. La literatura reciente de Stiglitz y Stern (2023) enfatiza que el precio del carbono debe ser lo suficientemente alto para inducir cambios en los procesos industriales de difícil descarbonización (hard-to-abate sectors), pero debe estar acompañado de políticas de apoyo a la Transición Justa para evitar que los costos se trasladen desproporcionadamente a los hogares de menores ingresos.

En el contexto, la LTS debe funcionar como un marco de certidumbre regulatoria donde el impuesto al carbono se complementa con mecanismos de ajuste en frontera para proteger la competitividad industrial y evitar la fuga de carbono. Al final, la integración de estos impuestos en la Gestión Financiera Pública Verde asegura que el sistema tributario deje de ser un espectador de la crisis climática para convertirse en el motor de una economía moderna, solvente y alineada con los objetivos de sostenibilidad global (Stiglitz & Stern, 2023; Banco Mundial, 2023; OCDE, 2024).

2.4.5. Incentivos Fiscales para Tecnologías Disruptivas

La materialización efectiva de las Estrategias de Descarbonización a Largo Plazo (LTS) requiere que el Estado trascienda su rol de regulador pasivo para asumir una función de catalizador estratégico de la innovación tecnológica, especialmente en sectores críticos que presentan fallas de mercado por sus elevados costos iniciales y riesgos tecnológicos. Tecnologías disruptivas como el almacenamiento de energía de larga duración (LDES), el hidrógeno verde y la captura y almacenamiento de carbono (CCS) son indispensables para descarbonizar los sectores de difícil abatimiento (hard-to-abate), pero carecen aún de la madurez comercial necesaria para competir sin apoyo público.

La Agencia Internacional de Energía (IEA), la histórica reducción de costos en la energía eólica y solar que cayeron un 70% y 90% respectivamente en la última década no fue un proceso espontáneo del mercado, sino el resultado directo de políticas públicas deliberadas, incluyendo subsidios a la generación y garantías de compra. La LTS debe, por tanto, replicar este modelo de éxito mediante el despliegue de incentivos fiscales dirigidos, tales como los créditos fiscales a la inversión (ITC) y a la producción (PTC), así como esquemas de depreciación acelerada para activos verdes, los cuales reducen de forma efectiva el costo nivelado de la energía (LCOE) y mejoran la tasa interna de retorno (TIR) de los proyectos pioneros, movilizand o el capital privado hacia la frontera tecnológica (IEA, 2023; Mazzucato & Semieniuk, 2021; FMI, 2024).

No obstante, la implementación de estos incentivos debe estar blindada por un diseño institucional que priorice la eficiencia fiscal y evite la captura de rentas por parte de sectores económicos específicos. La OCDE (2023) advierte que los incentivos verdes, si no están sujetos a cláusulas de caducidad (sunset clauses) y criterios de desempeño rigurosamente cuantificables, pueden derivar en subsidios ineficientes que distorsionan el mercado y erosionan la base imponible sin generar los beneficios ambientales esperados.

En una gobernanza robusta de los incentivos exige un monitoreo constante basado en el costo por tonelada de CO₂ evitada, asegurando que el esfuerzo fiscal sea proporcional a la contribución neta a la descarbonización. Según la literatura de Galeazzi et al. (2023), es fundamental que el apoyo estatal sea decreciente a medida que la tecnología recorre su curva de aprendizaje y alcanza la paridad de red, evitando la dependencia crónica del sector privado de los recursos públicos. La LTS debe así integrar una estrategia de salida para cada incentivo, permitiendo que el Estado recupere capacidad fiscal para reinvertir en la siguiente generación de innovaciones disruptivas (OCDE, 2023; Banco Mundial, 2023).

En última instancia, la política de incentivos debe ser el componente de un ecosistema más amplio de reforma estructural que elimine las barreras regulatorias y administrativas que frenan la transición. La eficiencia de un crédito fiscal se ve anulada si los procesos de obtención de permisos para nuevas infraestructuras verdes son excesivamente burocráticos o si el diseño del mercado eléctrico sigue favoreciendo la inflexibilidad de los combustibles fósiles.

El Fondo Monetario Internacional (FMI) enfatiza que la LTS debe equilibrar el apoyo financiero con la creación de "mercados de vanguardia" a través de la contratación pública

verde y estándares de eficiencia más estrictos. Este enfoque holístico permite que la innovación sostenible no sea una carga para el erario, sino el motor de un nuevo modelo de crecimiento económico basado en la productividad verde. Al alinear la política de incentivos con la solvencia fiscal de largo plazo, el Estado no solo asegura la viabilidad de sus metas climáticas, sino que se posiciona competitivamente en la nueva economía global de bajas emisiones, atrayendo inversiones de alta calidad y generando empleos de alto valor agregado en sectores de futuro (FMI, 2024; IEA, 2023; OCDE, 2023).

CAPÍTULO III.

El Diseño del Proceso: Planificación Estratégica y Fase Precontractual

La fase precontractual representa la ventana de oportunidad donde se cristalizan las ambiciones políticas de sostenibilidad de un Estado. Según Sönnichsen y Clement (2021), la eficacia de la contratación pública verde y social depende casi exclusivamente de las decisiones tomadas antes de la publicación del pliego, dado que es en este estadio donde se definen los límites del mercado y la ambición del desempeño ambiental. Una planificación deficiente no solo resulta en un desperdicio de recursos financieros, sino en un costo de oportunidad ecológico, donde la administración pública pierde la capacidad de traccionar al mercado hacia métodos de producción más limpios. La transición de una administración que actúa como simple compradora de bienes a una que opera como consumidora responsable exige un análisis de datos riguroso y una comprensión profunda de las cadenas de suministro globales y locales (Cheng et al., 2022).

3.1. Identificación de la necesidad con enfoque sostenible: Cómo evitar compras innecesarias

La génesis de la contratación pública sostenible (CPS) trasciende la mera selección de un proveedor o la formalización de un instrumento jurídico; se localiza en la intersección crítica donde la entidad identifica una carencia operativa y decide cómo resolverla. Tradicionalmente, la planificación se ha limitado a un ejercicio binario centrado en el qué comprar y la disponibilidad de partidas presupuestarias, omitiendo el análisis de suficiencia implícito en la pregunta: **¿Es estrictamente necesario adquirir este bien o servicio?**. Esta omisión perpetúa un modelo de gestión reactivo que ignora las externalidades negativas de la adquisición. Según Cheng et al. (2022), la fase de definición de la necesidad es el nodo determinante donde se preconfigura hasta el 80% del impacto ambiental total de una contratación. Es en este estadio precontractual donde se sellan las decisiones sobre el volumen de materiales vírgenes, la intensidad energética del ciclo de uso y el volumen proyectado de residuos, limitando drásticamente las posibilidades de mitigación en etapas posteriores del proceso de compra.

La transición hacia una identificación de la necesidad con enfoque sostenible rompe el paradigma del consumo lineal caracterizado por la secuencia extraer, producir y desechar para instaurar la lógica de la economía circular y la servitización. Este cambio de mentalidad administrativa exige que las entidades dejen de visualizarse como acumuladoras de activos y

comiencen a actuar como demandantes de funciones. Al respecto, Sönnichsen y Clement (2021) sostienen que la contratación pública debe evolucionar hacia modelos de Producto como Servicio (Product-as-a-Service), donde el valor no reside en la propiedad del bien, sino en el acceso al beneficio que este reporta. Al planificar bajo este esquema, la administración pública no solo reduce la presión sobre los recursos naturales, sino que traslada el riesgo de obsolescencia y la responsabilidad de mantenimiento al proveedor, alineando los incentivos económicos con la durabilidad y la eficiencia operativa.

Asimismo, la integración de la jerarquía de la circularidad en la fase de planificación permite a las instituciones agotar las alternativas de no compra antes de recurrir al mercado. Alhazmi et al. (2021) destacan que el análisis de alternativas debe incluir obligatoriamente la redistribución de recursos internos, la reparación de equipos existentes y la remanufactura. Una planificación estratégica sólida identifica que la solución más sostenible es, con frecuencia, la gestión de la demanda: reducir el consumo innecesario mediante la estandarización y la eliminación de redundancias operativas. Este enfoque no solo es una respuesta a la crisis climática, sino una aplicación rigurosa del principio de Valor por Dinero (Value for Money), donde la eficiencia económica se mide por el beneficio social y ambiental generado por cada unidad monetaria invertida, y no meramente por el ahorro nominal en el precio de adquisición.

Por último, la rigurosidad en la detección de la necesidad previene lo que la literatura denomina el bloqueo tecnológico (lock-in effect), donde una mala decisión inicial encadena a la entidad a contratos de mantenimiento costosos e ineficientes durante décadas. Gallego et al. (2021) enfatizan que, sin una evaluación técnica que considere el Costo de Ciclo de Vida (LCC) desde la planificación, las entidades terminan adquiriendo soluciones que parecen económicas en el presupuesto inmediato, pero resultan financieramente insostenibles debido a sus altos costos de operación, consumo energético y disposición final. Por lo tanto, la identificación de la necesidad debe ser un proceso multidisciplinar que involucre no solo a los gestores de compras, sino a expertos en sostenibilidad y análisis financiero, asegurando que el contrato resultante sea un motor de desarrollo sostenible y no un lastre para el erario público.

3.1.1. Evaluación de la necesidad real: La "No Compra" como estrategia de sostenibilidad

La transición hacia el concepto de compra funcional representa un cambio de paradigma ontológico en la administración pública, donde el foco del presupuesto se desplaza de la propiedad de activos tangibles hacia la obtención de resultados específicos y utilitarios. Evaluar la necesidad real bajo este enfoque implica un análisis crítico que trasciende la simple reposición de inventario; se trata de transitar de la adquisición de productos a la adquisición de soluciones integrales. Según Sönnichsen & Clement (2021), este modelo fomenta la desmaterialización de la economía pública, ya que las entidades no buscan el dominio jurídico sobre un bien, sino la satisfacción de una función operativa (por ejemplo, capacidad de impresión" en lugar de "impresoras", o "confort térmico" en lugar de "calderas"). Esta perspectiva permite que la responsabilidad de la eficiencia del recurso recaiga en el proveedor, quien, bajo modelos de servicios compartidos o Product-as-a-Service (PaaS), se ve incentivado a maximizar la vida útil del equipo y minimizar el consumo energético para optimizar sus propios márgenes de ganancia, alineando así el beneficio privado con el interés público ambiental.

En este contexto, la literatura académica más robusta del último quinquenio destaca que la opción más sostenible dentro del ciclo de contratación es, con frecuencia, la optimización y revalorización de lo existente, desafiando la inercia institucional de la compra nueva. Investigaciones desarrolladas por Gallego et al. (2021) subrayan que la "no compra" y la extensión de la vida útil mediante la reparación, la actualización tecnológica (upcycling) y el mantenimiento preventivo deben ser las prioridades mandatorias en la fase precontractual.

La optimización de lo existente reduce drásticamente la huella de carbono incorporada aquella generada durante la extracción y fabricación de nuevos bienes y mitiga el riesgo de obsolescencia prematura. Para que esta transición sea efectiva, la planificación estratégica debe incorporar auditorías de activos que identifiquen subutilización de recursos, permitiendo que la "solución" a una necesidad sea la redistribución interna o la remanufactura, prácticas que, según Witjes & Lozano (2022), son esenciales para cerrar los bucles de materiales en las cadenas de suministro del sector público.

Finalmente, el paso hacia la compra de soluciones exige una reingeniería de las especificaciones técnicas, las cuales deben redactarse en términos de desempeño y niveles de servicio en lugar de características físicas cerradas. Como indican Alhazmi et al. (2021), el enfoque funcional otorga al mercado la libertad de proponer soluciones innovadoras que la

entidad contratante podría no haber previsto, fomentando la innovación ecológica y la competencia basada en la eficiencia del ciclo de vida. No obstante, esta transición requiere de una madurez institucional elevada, donde el principio de Valor por Dinero sea interpretado no como el ahorro nominal en el precio de etiqueta, sino como la optimización de los costos totales de posesión y la reducción de externalidades. La literatura de Cheng et al. (2022) confirma que las entidades que adoptan la compra funcional logran una reducción de hasta el 30% en sus costos operativos a largo plazo, al tiempo que cumplen con los compromisos internacionales de desarrollo sostenible y descarbonización, consolidando la contratación pública como una herramienta de transformación sistémica.

- **El Principio de Suficiencia:** Investigaciones de Gallego et al. (2021) sugieren que las entidades públicas deben implementar protocolos de descarte de compra. Esto significa que antes de emitir una certificación de disponibilidad presupuestaria, el área requirente debe demostrar que no existen excedentes en otras unidades o que el servicio no puede ser cubierto mediante una reingeniería de procesos internos.
- **Prevención del Gasto Innecesario:** La eficiencia administrativa, bajo el prisma del Desarrollo Sostenible (ODS 12), exige que la administración actúe como un consumidor consciente. La acumulación de stock y la obsolescencia programada en bodegas estatales representan no solo un perjuicio económico, sino una carga ética ambiental por la extracción de recursos que nunca llegaron a cumplir un fin público.

3.1.2. Análisis de alternativas y la jerarquía de la circularidad

La integración de la jerarquía de la economía circular en la fase precontractual constituye un imperativo técnico que redefine la eficiencia administrativa, obligando a las entidades a agotar las opciones de aprovechamiento de recursos antes de comprometer fondos públicos en adquisiciones de bienes nuevos. Este análisis secuencial no es meramente una recomendación ética, sino una estrategia de gestión de activos que busca desvincular el crecimiento de los servicios públicos del consumo intensivo de recursos naturales.

Según Alhazmi et al. (2021), la aplicación de la jerarquía circular en el sector público permite identificar "brechas de utilidad" donde los recursos existentes, a menudo subutilizados por falta de inventarios transversales, pueden ser reinsertados en el ciclo operativo mediante la redistribución o la remanufactura. Esta metodología exige que el área requirente certifique que no existe disponibilidad de bienes similares en otras unidades administrativas y que el costo de

reparación o actualización supera el beneficio económico y ambiental de la nueva compra, evitando así la acumulación de pasivos ambientales en bodegas estatales.

En este sentido, la prioridad absoluta en la jerarquía adaptada a lo público es la reutilización y el intercambio institucional, un proceso que requiere de plataformas de gobernanza de datos que permitan la trazabilidad de los bienes durante todo su ciclo de vida. Investigaciones de Gallego et al. (2021) demuestran que las entidades que implementan protocolos de transferencia de activos logran reducir significativamente su huella de carbono de alcance 3, al evitar las emisiones asociadas a la producción y transporte de nuevos suministros.

La reutilización directa no es viable, la entidad debe proceder al análisis de la reparación y remanufactura. La literatura de Sönnichsen & Clement (2021) enfatiza que la contratación pública debe liderar el mercado del "derecho a reparar", incorporando cláusulas que exijan la disponibilidad de piezas de repuesto y manuales técnicos, lo que permite transformar bienes obsoletos en activos funcionales con un costo fraccionario en comparación con una licitación de reposición total.

Finalmente, cuando la intervención técnica sobre el bien existente es insuficiente, la entidad debe evaluar la actualización tecnológica o "upcycling" como paso previo a la disposición final. Este enfoque es particularmente crítico en la contratación de bienes de capital y tecnología de la información, donde la arquitectura modular permite mejorar el rendimiento del sistema sin desechar el hardware base. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la integración de estos criterios en la fase precontractual no solo garantiza la coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (específicamente el ODS 12), sino que fortalece la resiliencia institucional frente a las fluctuaciones de precios en las cadenas de suministro globales.

Al agotar estas alternativas, la administración pública deja de ser un agente de consumo lineal para convertirse en un gestor de ciclos de valor, asegurando que cada decisión de compra nueva sea el último recurso y no la opción por defecto, maximizando así el Valor por Dinero en términos de longevidad y utilidad social del gasto. Este análisis debe seguir la jerarquía de la economía circular adaptada a lo público:

1. **Reutilización e Intercambio Institucional:** Fomentar plataformas de "inventario compartido" entre entidades del Estado. Si una universidad pública tiene mobiliario en

desuso, este debería ser transferido a una escuela técnica antes de que esta última inicie un nuevo proceso de licitación.

2. **Reparación y Remanufactura:** Alhazmi et al. (2021) señalan que el costo de oportunidad de no reparar es uno de los mayores drenajes de fondos públicos. Las especificaciones técnicas actuales deben contemplar el "derecho a reparar", adquiriendo bienes que permitan el cambio de módulos o piezas, extendiendo la vida útil del activo.
3. **Actualización (Upcycling):** En el ámbito tecnológico, la actualización de software o la expansión de memoria de hardware existente suele ser suficiente para cubrir las necesidades administrativas, evitando la generación de residuos electrónicos (e-waste).

3.1.3. Visión de Ciclo de Vida (ACV) y el Principio de Valor por Dinero

La transición hacia una contratación pública de triple impacto requiere una reforma estructural en la lógica de evaluación financiera, donde la planificación estratégica debe abandonar definitivamente el criterio del "precio más bajo" como determinante único de la selección. Esta visión unidimensional del gasto público, heredada de modelos administrativos centrados exclusivamente en la austeridad nominal, ignora que la eficiencia económica real no se agota en el desembolso inicial, sino en la capacidad de un bien para prestar un servicio al menor costo social y ambiental posible. Según Sönnichsen & Clement (2021), la persistencia del criterio de precio mínimo actúa como una barrera sistémica para la innovación, pues desincentiva la oferta de productos de alta durabilidad que, aunque presentan un costo de adquisición superior, ofrecen una rentabilidad significativamente mayor a largo plazo.

En consecuencia, la planificación debe evolucionar hacia el concepto de Valor por Dinero (VfM), integrando la calidad, la sostenibilidad y el impacto social como componentes intrínsecos de la economía de la escala pública. Para operativizar este cambio, el Análisis de Costo de Ciclo de Vida (LCC) y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) surgen como herramientas metodológicas indispensables que permiten a los planificadores identificar los costos ocultos que el presupuesto tradicional suele omitir. Mientras que el presupuesto convencional solo visualiza la "punta del iceberg" (el precio de compra), el enfoque de ciclo de vida revela pasivos financieros y ambientales críticos: el consumo intensivo de energía y agua durante la fase de uso, los gastos recurrentes de mantenimiento preventivo y correctivo, y los costos de gestión de residuos al final de su utilidad operativa.

Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) demuestran que, en categorías como tecnología de la información o maquinaria pesada, los costos posteriores a la adquisición

pueden representar hasta el 70% del costo total de propiedad. Por tanto, omitir el LCC en la fase precontractual no solo constituye una mala práctica técnica, sino un riesgo para la sostenibilidad fiscal del Estado, al comprometer recursos futuros en activos ineficientes. Asimismo, la integración del ACV permite cuantificar las externalidades ambientales, traduciendo impactos biofísicos como las emisiones de gases de efecto invernadero o el potencial de eutrofización a términos que puedan ser ponderados en el proceso de selección objetiva. De acuerdo con Gallego et al. (2021), la capacidad de internalizar estos costos ambientales mediante fórmulas de monetización del carbono permite que la contratación pública se alinee con los compromisos internacionales de descarbonización.

En el rigurosidad técnica en la planificación estratégica asegura que la administración actúe como un inversor responsable; al seleccionar bienes con un perfil de ciclo de vida optimizado, el Estado no solo ahorra divisas en consumo energético y reparaciones, sino que tracciona al mercado hacia modelos de producción circular. Como sostienen Cheng et al. (2022), el uso de metodologías de ciclo de vida en la etapa precontractual es el mecanismo más robusto para garantizar que la compra pública cumpla su función de catalizador del desarrollo sostenible sin sacrificar la solvencia presupuestaria.

- **Costos de Adquisición vs. Costos de Operación:** Un equipo de climatización barato puede resultar un 40% más costoso en un periodo de 5 años debido a su ineficiencia energética. Como indica Sönnichsen & Clement (2021) en su estudio sobre compras verdes en Europa, el uso de la metodología Life Cycle Costing (LCC) es la herramienta jurídica y técnica para justificar la compra de productos premium que, aunque más caros inicialmente, ahorran recursos públicos a largo plazo.
- **Externalidades Ambientales:** La identificación de la necesidad debe incluir el costo de la disposición final. ¿Quién se hará cargo del producto cuando termine su vida útil? La internalización de estos costos mediante la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) debe ser planificada desde esta fase precontractual.

$$LCC = AC + OC + MC + EC + DC$$

Dónde: AC (Adquisición), OC (Operación/Energía), MC (Mantenimiento), EC (Externalidades ambientales), DC (Disposición/Reciclaje).

3.1.4. Herramientas de reflexión: Fichas de Identificación Sostenible

La implementación operativa de la contratación pública de triple impacto requiere la transición de los marcos teóricos hacia protocolos de actuación técnica estandarizados, donde

el uso de herramientas de diagnóstico y fichas de identificación sostenible se vuelve imperativo. Estas herramientas no deben ser percibidas como una carga burocrática adicional, sino como un mecanismo de debida diligencia administrativa que garantiza la trazabilidad y la justificación técnica de los criterios ambientales y sociales integrados. Según Grandia & Voncken (2021), la estructuración de formularios de diagnóstico precontractual permite mitigar el sesgo de inercia en los departamentos de compras, obligando al personal técnico a desglosar el requerimiento desde una óptica de sostenibilidad antes de proceder a la publicación del pliego. Estas fichas operan como un sistema de control de calidad preventivo que asegura que cada proceso de contratación esté alineado con los compromisos internacionales de descarbonización y equidad social, proporcionando una base documental sólida frente a posibles auditorías o entes de control que cuestionen la desviación del criterio del precio más bajo hacia el valor por dinero.

Para que estas herramientas de diagnóstico sean efectivas, deben estar diseñadas para obligar al equipo técnico a responder preguntas fundamentales que cuestionen la naturaleza misma del objeto a contratar y su impacto en el ciclo de vida. Siguiendo la metodología propuesta por Witjes & Lozano (2022), una ficha de diagnóstico robusta debe interrogar, en primera instancia, sobre la posibilidad de satisfacer la necesidad mediante la economía colaborativa o el aprovechamiento de excedentes institucionales, desafiando la presunción de que la única solución es la adquisición de un bien nuevo. Asimismo, el técnico debe detallar los impactos negativos potenciales como la toxicidad de materiales o la huella hídrica y, en contraposición, identificar las oportunidades de mejora social, tales como la inclusión de criterios de reserva de mercado para organizaciones de la economía popular y solidaria o la exigencia de estándares de trabajo digno en la cadena de suministro. Este ejercicio de reflexión técnica, según Cheng et al. (2022), es lo que permite que las especificaciones técnicas finales no sean meras descripciones genéricas, sino requisitos de alto desempeño que traccionan la innovación en el mercado.

Además, la operacionalización a través de estas herramientas facilita la cuantificación de beneficios que tradicionalmente se consideran intangibles, permitiendo que la administración pública actúe con una racionalidad económica superior. Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) sugieren que las fichas de diagnóstico deben incluir un apartado de autoevaluación sobre la capacidad de la entidad para gestionar el bien al final de su vida útil, forzando la consideración de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) desde el

diseño del proceso. Al documentar estas respuestas, la unidad de contratación construye un expediente administrativo que justifica legalmente la inversión en sostenibilidad como una medida de eficiencia fiscal a largo plazo. En última instancia, como sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la estandarización de estas herramientas de diagnóstico es el paso crítico para profesionalizar la contratación pública, transformando al comprador estatal en un estratega capaz de orquestar el gasto público como un motor de resiliencia climática y justicia distributiva. Estas fichas deben obligar al técnico a responder:

1. ¿Cuál es el servicio final que se busca prestar (no el bien a comprar)?
2. ¿Existen alternativas en el mercado de servicios (ej. Product as a Service) que eviten la propiedad del bien?
3. ¿Qué impacto social positivo puede derivarse (ej. contratación de mano de obra local o inclusiva)?

La implementación de listas de verificación y herramientas de diagnóstico en la fase de planificación estratégica no solo constituye un avance hacia la sostenibilidad, sino que funciona como una medida de mitigación de riesgos operativos y financieros. Los estudios de Witjes & Lozano (2022) demuestran de manera empírica que la integración de estos instrumentos reduce significativamente las órdenes de cambio y los incumplimientos contractuales, debido a que el objeto del contrato se define con una precisión técnica superior desde su génesis. Al obligar al equipo técnico a desglosar las variables de desempeño ambiental y social, se eliminan las ambigüedades que tradicionalmente conducen a interpretaciones erróneas por parte de los oferentes. Esta claridad inicial asegura que las propuestas recibidas sean técnicamente viables y financieramente realistas, evitando la necesidad de modificaciones estructurales durante la fase de ejecución, las cuales suelen derivar en sobre costos y retrasos que afectan la eficiencia del gasto público.

La robustez de esta fase de planificación, soportada por listas de verificación exhaustivas, permite que la entidad identifique posibles cuellos de botella en la cadena de suministro antes de que estos se conviertan en obstáculos contractuales. Según Cheng et al. (2022), la definición precisa de los criterios de sostenibilidad actúa como un filtro que decanta a los proveedores con capacidad real de ejecución de aquellos que solo pretenden cumplir formalmente. La literatura reciente sostiene que el uso de estas herramientas facilita la transición de un control de legalidad meramente formal hacia un control de resultados, donde la administración puede exigir niveles de servicio específicos (por ejemplo, eficiencia

energética garantizada o porcentajes de contenido reciclado verificables). Este enfoque de gestión por desempeño es fundamental para garantizar el Valor por Dinero, ya que protege a la entidad de la obsolescencia técnica y garantiza que el bien o servicio cumpla con su función de triple impacto durante toda su vida útil.

Asimismo, la profesionalización de la contratación a través de estas herramientas diagnósticas fortalece la seguridad jurídica del proceso. Grandia & Voncken (2021) argumentan que la documentación generada por las listas de verificación proporciona una base de evidencia técnica que blind a la entidad frente a eventuales impugnaciones de oferentes no seleccionados. Al existir una justificación técnica detallada sobre por qué se exigieron ciertos estándares de sostenibilidad y cómo estos se vinculan con el objeto del contrato, la discrecionalidad administrativa se transforma en una decisión técnica objetiva y defendible ante los organismos de control. En última instancia, la precisión derivada de estos protocolos precontractuales no solo optimiza la operatividad de la entidad, sino que tracciona al mercado hacia una competencia basada en la excelencia y la innovación, consolidando a la contratación pública como una herramienta estratégica para la resiliencia climática y la justicia social.

3.1.5. El impacto de la gobernanza y la cultura institucional

La identificación de la necesidad en la contratación pública no puede entenderse como un acto técnico aislado o una mera formalidad procedimental, sino como un reflejo fidedigno de la gobernanza institucional y de la madurez política de una organización. En este contexto, la resistencia al cambio emerge como el principal obstáculo estructural para la implementación efectiva de la contratación de triple impacto. Según Grandia & Voncken (2021), esta barrera no es exclusivamente presupuestaria, sino cultural y cognitiva; la profesionalización de los compradores públicos resulta esencial, dado que, sin una comprensión profunda y multidimensional de los beneficios de la sostenibilidad, los funcionarios tienden a incurrir en el isomorfismo institucional. Este fenómeno se traduce en la réplica sistemática de pliegos de condiciones de años anteriores, motivada por una inercia administrativa arraigada o por el temor a la fiscalización de los entes de control, quienes tradicionalmente han priorizado el ahorro nominal inmediato sobre la creación de valor público y ambiental a largo plazo.

Ampliando esta tesis, la literatura académica reciente subraya que la gobernanza para la sostenibilidad requiere una redefinición de la responsabilidad del gestor público. Sönnichsen & Clement (2021) argumentan que la aversión al riesgo en la administración pública suele

penalizar la innovación, perpetuando la adquisición de tecnologías obsoletas pero seguras desde el punto de vista procedimental. Para romper este ciclo, es imperativo establecer marcos de gobernanza que incentiven la capacitación técnica continua y el pensamiento crítico. La falta de alineación entre las metas políticas de alto nivel (como los compromisos nacionales de descarbonización) y los indicadores de desempeño de los departamentos de compras genera una desconexión que impide que la contratación pública se utilice como una palanca estratégica. Como señalan Cheng et al. (2022), la gobernanza institucional debe proporcionar no solo directrices claras, sino también un respaldo jurídico y político que proteja al funcionario que decide integrar criterios de ciclo de vida frente a la interpretación restrictiva de la norma.

Por otra parte, la profesionalización mencionada por Grandia & Voncken no se limita únicamente al dominio de la normativa de contratación, sino que debe integrar competencias en Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y gestión de externalidades. Alhazmi et al. (2021) sostienen que la inercia administrativa se combate mediante la evidencia empírica; cuando el comprador público cuenta con herramientas de diagnóstico que cuantifican el ahorro operativo y la reducción de riesgos sociales, la resistencia al cambio se diluye. Sin embargo, este proceso de profesionalización es lento y requiere un cambio sistémico en la cultura organizacional. La gobernanza debe, por tanto, transitar de un modelo punitivo centrado en el cumplimiento de formas, hacia un modelo de gestión basado en el impacto. Según Witjes & Lozano (2022), solo cuando la sostenibilidad se convierte en un eje transversal de la planificación estratégica y no en un requisito adicional del pliego, es posible superar la resistencia interna y transformar la contratación en una herramienta real de economía circular y justicia social.

3.2. Consulta del mercado y caracterización de proveedores: Identificación de oferta verde y PYMES inclusivas

La consulta al mercado, lejos de ser un trámite burocrático para la obtención de proformas comparativas, constituye el núcleo del diálogo técnico estratégico entre el Estado y el sector privado, permitiendo que la administración pública calibre sus objetivos de sostenibilidad con la madurez y la capacidad de respuesta real de las cadenas de suministro. Este proceso es imperativo para la mitigación de la asimetría de información, un fenómeno donde el sector público desconoce las innovaciones disponibles y el sector privado ignora la dirección de las políticas públicas de compra. Según Cheng et al. (2022), una consulta de mercado robusta es el mecanismo preventivo más eficaz para evitar el fracaso de procesos de triple impacto, ya que permite identificar de antemano si los estándares ambientales exigidos

son viables o si, por el contrario, provocarán licitaciones desiertas al superar la oferta técnica local. En este sentido, el diálogo precontractual actúa como un filtro de realismo administrativo que garantiza la concurrencia y evita que la contratación pública sostenible se convierta en un ejercicio teórico sin ejecución práctica.

Asimismo, la consulta estratégica al mercado es la herramienta fundamental para salvaguardar la libre competencia y prevenir el riesgo de dirigir procesos hacia soluciones propietarias o nichos de mercado hiper específicos. La literatura de Sönnichsen & Clement (2021) enfatiza que la administración debe actuar como un cliente inteligente que, al conocer la estructura de costos y la diversidad de la oferta, puede redactar pliegos que incentiven la mejora del desempeño ambiental sin imponer barreras de entrada arbitrarias. La caracterización técnica de los proveedores durante esta fase permite diferenciar entre aquellos con certificaciones de gestión ambiental consolidadas y aquellos que requieren procesos de transición, facilitando la inclusión de micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES).

Como sostienen Alhazmi et al. (2021), este análisis previo es lo que permite transitar de una contratación de cumplimiento a una contratación de valor, donde el Estado no solo compra un bien, sino que tracciona la transformación productiva de sus proveedores mediante señales de mercado claras, transparentes y sustentadas en la factibilidad técnica y económica verificada. Finalmente, la rigurosidad en la consulta al mercado fortalece la seguridad jurídica del proceso, al dotar a la entidad de una base de evidencia técnica que justifica la inclusión de criterios diferenciales de triple impacto frente a posibles impugnaciones. Grandia & Voncken (2021) argumentan que la profesionalización del diálogo con el mercado reduce la incertidumbre y el temor a la fiscalización, puesto que la entidad puede demostrar documentalmente que los requisitos de sostenibilidad solicitados son proporcionales, razonables y están presentes en una pluralidad de oferentes.

En un contexto de crisis climática, este diálogo permite además identificar riesgos en la cadena de suministro, asegurando que los bienes adquiridos no solo sean verdes en su composición, sino también resilientes y éticos en su origen social. Por lo tanto, la consulta al mercado no es un acto facultativo, sino una obligación de debida diligencia que asegura que la contratación pública de triple impacto sea financieramente sostenible, legalmente sólida y ambientalmente efectiva (Witjes & Lozano, 2022).

3.2.1. Investigación de la oferta y mapeo de actores de la Economía Circular

La investigación sistemática de la oferta constituye el pilar analítico que sostiene la viabilidad técnica y jurídica de una contratación pública sostenible, operando como un radar estratégico en el ecosistema de proveedores. En la era de la transición ecológica, la administración pública está obligada a trascender el monitoreo de proveedores tradicionales para identificar y caracterizar a los actores emergentes de los negocios verdes y las organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS). Este mapeo, según Alhazmi et al. (2021), debe ser exhaustivo y bidimensional: por un lado, evaluar el desempeño ambiental histórico y la huella de carbono de los oferentes; por otro, auditar sus esquemas de producción y su capacidad logística para implementar modelos de logística inversa y recuperación de materiales. Sin esta prospección, las entidades públicas operan bajo una "ceguera de mercado" que les impide reconocer a aquellos proveedores capaces de internalizar externalidades ambientales, limitando la competencia a quienes simplemente ofrecen el precio nominal más bajo a expensas de la calidad ecológica.

La literatura científica contemporánea, destacando los aportes de Sönnichsen & Clement (2021), subraya que la consulta al mercado no es un proceso pasivo, sino una herramienta de diagnóstico para detectar si el sector privado ha alcanzado la madurez necesaria para proveer soluciones circulares complejas. Esto incluye la verificación de la disponibilidad de materiales con alto contenido reciclado posconsumo y la validación de certificaciones de procesos bajo estándares internacionales rigurosos, como la ISO 14001 (gestión ambiental) o la ISO 50001 (gestión energética). El análisis de mercado permite a los planificadores ajustar la ambición de los pliegos a la realidad industrial; sin este paso, existe un riesgo elevado de diseñar especificaciones técnicas utópicas o desproporcionadas que resulten en licitaciones desiertas o en la adjudicación de contratos que, en la práctica, son imposibles de ejecutar bajo criterios de sostenibilidad. Como sostienen estos autores, la consulta previa es el mecanismo de sincronización entre el "querer" del Estado y el "poder" de la industria, garantizando que la demanda pública actúe como un catalizador real para la innovación verde.

Además, una caracterización rigurosa de proveedores permite mitigar el riesgo de greenwashing o lavado de imagen verde en la contratación pública. Según Witjes & Lozano (2022), la fase de investigación de la oferta debe utilizarse para desglosar la estructura de las cadenas de suministro de los proveedores, asegurando que los beneficios ambientales no sean superficiales, sino que estén integrados en el modelo de negocio del oferente. Esto es

particularmente relevante al integrar a las organizaciones de la EPS, donde la sostenibilidad ambiental se entrelaza con la justicia social. Al identificar la capacidad instalada y las limitaciones de estas organizaciones, la entidad puede diseñar lotes o subastas que fomenten la participación inclusiva sin comprometer la eficiencia del gasto. La efectividad de las políticas de descarbonización estatal depende, en última instancia, de la capacidad de los compradores públicos para actuar como gestores de conocimiento que comprenden las dinámicas de los sectores productivos sostenibles (Cheng et al., 2022).

3.2.2. Fomento de la innovación a través del Diálogo Técnico

El diálogo con el mercado se erige como el catalizador más potente para la innovación dentro del sector público, transformando la contratación de un proceso administrativo inercial en una herramienta de política industrial activa. Al interactuar con los operadores económicos antes de la publicación definitiva de los pliegos, las entidades adquieren la capacidad de descubrir soluciones disruptivas y configuraciones técnicas que reducen la huella ecológica del contrato de maneras que un equipo técnico interno, a menudo limitado por marcos regulatorios rígidos o falta de exposición a la vanguardia tecnológica, podría no haber previsto. Según Witjes & Lozano (2022), para que esta transición sea efectiva, la contratación pública debe evolucionar hacia el rol de un "cliente inteligente" (intelligent customer); esto implica no solo demandar bienes existentes, sino desafiar proactivamente al mercado a proponer alternativas de mayor valor ambiental y social.

Este enfoque permite que las especificaciones no se redacten sobre la base de soluciones de ayer, sino sobre las capacidades de innovación de mañana, alineando el poder de compra estatal con las metas de neutralidad de carbono. Este enfoque de "consulta previa" o diálogo técnico es especialmente crítico para la transición sistémica hacia modelos de servitización, como el Producto como Servicio (PaaS), donde el objeto del contrato ya no es la transferencia de propiedad, sino la garantía de una función o resultado. En estos esquemas, el diálogo con el mercado es el único mecanismo viable para definir indicadores de desempeño (KPIs) que sean ambiciosos desde el punto de vista de la sostenibilidad (por ejemplo, eficiencia energética garantizada o tasas de recuperabilidad de componentes) pero técnicamente alcanzables para los oferentes. Como señalan Gallego et al. (2021), la consulta al mercado actúa como un reductor de la incertidumbre tecnológica tanto para el comprador como para el vendedor.

Para la entidad, disminuye el riesgo de declarar procesos desiertos por requisitos desproporcionados; para el proveedor, ofrece una señal clara de demanda que le permite ajustar sus procesos productivos y cadenas de suministro con antelación, fomentando una competencia basada en la excelencia técnica y la propuesta de valor integral en lugar de una carrera hacia el fondo basada únicamente en el costo marginal. La rigurosidad en este intercambio precontractual también permite internalizar los principios de la economía circular mediante la co-creación de soluciones de logística inversa y mantenimiento predictivo. Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) sugieren que, cuando el diálogo técnico es transparente y estructurado, se genera un entorno de confianza que incentiva a las empresas, especialmente a aquellas con altos estándares de gobernanza ambiental, a presentar sus patentes y procesos más limpios.

Esta fase diagnóstica es el momento oportuno para que la administración pública identifique si existen barreras normativas o financieras que impiden la adopción de innovaciones verdes, permitiendo ajustes en la estrategia de selección que favorezcan el Valor por Dinero. En última instancia, como sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la consulta al mercado es la que permite que la contratación pública deje de ser un proceso de "compra de catálogo" para convertirse en un motor de transformación de los sistemas sociotécnicos, asegurando que cada dólar invertido por el Estado traccione al sector privado hacia la sostenibilidad operativa y la resiliencia climática.

3.2.3. Eliminación de barreras y fomento de la inclusión de MIPYMES

La integración de criterios de triple impacto en la contratación pública plantea un desafío estructural de equidad competitiva: evitar que la sofisticación de los estándares de sostenibilidad actúe como una barrera de entrada tecnocrática e infranqueable para las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) locales. En la arquitectura de la fase precontractual, las entidades contratantes asumen la responsabilidad ética y técnica de diseñar requisitos que armonicen la ambición ambiental con la inclusión socioeconómica. Como advierten Grandia & Voncken (2021), la imposición indiscriminada de certificaciones internacionales complejas y onerosas que a menudo requieren auditorías externas de alto costo tiende a favorecer de forma desproporcionada a grandes corporaciones multinacionales que poseen economías de escala y departamentos de cumplimiento especializados. Este fenómeno, si no se mitiga, provoca un desplazamiento de la economía local y contradice la esencia misma del desarrollo sostenible, el cual debe ser integrador y no excluyente.

Para contrarrestar esta asimetría, la caracterización de proveedores debe fundamentarse en un análisis de brechas exhaustivo que faculte a la administración para implementar criterios de progresividad y proporcionalidad. Este enfoque metodológico permite transitar de una verificación de cumplimiento binaria a una evaluación de capacidades evolutivas. Según Cheng et al. (2022), la estrategia operativa consiste en utilizar las etiquetas ecológicas (Ecolabels) y las normas ISO como referencias de desempeño técnico óptimo, pero no como requisitos habilitantes excluyentes en las etapas iniciales del proceso. En su lugar, se deben permitir "medios de prueba equivalentes", donde las MIPYMES puedan demostrar su cumplimiento ambiental a través de memorias técnicas de procesos, planes de gestión de residuos locales o compromisos formales de mejora gradual durante la ejecución contractual. Esta flexibilidad procedimental asegura que la calidad ambiental no se vea comprometida, mientras se mantiene abierta la puerta a la competencia de los actores territoriales.

Asimismo, la democratización del acceso a las compras verdes es un pilar fundamental para que la contratación pública cumpla su rol social de fortalecer el tejido productivo nacional bajo principios de justicia distributiva. Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) sugieren que la fragmentación de contratos en lotes más pequeños y la implementación de programas de mentoría de proveedores son herramientas eficaces para que las MIPYMES alcancen los estándares exigidos sin que su flujo de caja se vea afectado por inversiones ambientales súbitas. La literatura de Sönnichsen & Clement (2021) refuerza que el éxito de la contratación de triple impacto depende de la capacidad de la entidad para actuar como un facilitador del mercado; al definir senderos de cumplimiento claros y escalonados, el Estado no solo adquiere bienes sostenibles, sino que fomenta una reconversión industrial verde en los sectores más vulnerables de la economía. Por lo tanto, la planificación debe internalizar que la sostenibilidad ambiental es inseparable de la viabilidad económica de los proveedores locales, asegurando que el poder de compra estatal funcione como un motor de resiliencia y no como un filtro de exclusión (Witjes & Lozano, 2022).

3.3. Elaboración de especificaciones técnicas diferenciales: Requisitos mínimos de desempeño ambiental y social

Las especificaciones técnicas constituyen el núcleo operativo del contrato y representan la traducción de las ambiciones políticas de sostenibilidad en obligaciones jurídicas vinculantes, objetivas y verificables. En el paradigma de la contratación de triple impacto, las especificaciones dejan de ser meras descripciones físicas para transformarse en estándares de

desempeño funcional, donde el enfoque se desplaza del "qué es el producto" hacia "qué hace el producto" y "cómo impacta en su entorno" a lo largo de toda su existencia. Según Sönnichsen & Clement (2021), la redacción de especificaciones diferenciales es el mecanismo primario para evitar el greenwashing institucional, asegurando que los atributos de sostenibilidad sean exigencias técnicas de cumplimiento obligatorio y no meras declaraciones de intención. Este cambio de enfoque exige que la administración pública actúe con una rigurosidad técnica sin precedentes, fundamentando cada requisito en datos empíricos y normativas de estandarización internacional, de modo que la sostenibilidad no sea un criterio accesorio, sino la base misma de la idoneidad del objeto a contratar.

La transición hacia especificaciones basadas en el desempeño funcional permite que la entidad contratante se beneficie de la innovación del mercado, al no restringir las soluciones a configuraciones materiales predeterminadas que podrían estar obsoletas. Investigaciones recientes de Cheng et al. (2022) sostienen que las especificaciones deben redactarse en términos de resultados medibles, como niveles de eficiencia energética, tasas de recuperabilidad de materiales o límites máximos de emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de servicio. Al definir el "cómo impacta en su entorno", la planificación estratégica obliga a los proveedores a internalizar sus externalidades ambientales dentro de su oferta técnica. Este enfoque es crucial para garantizar la seguridad jurídica del proceso, ya que permite a los evaluadores aplicar criterios de selección objetivos y transparentes, reduciendo la discrecionalidad administrativa y blindando el proceso ante posibles impugnaciones basadas en la supuesta subjetividad de los criterios verdes.

Asimismo, la integración de criterios de triple impacto en el pliego de condiciones técnicas debe estar intrínsecamente ligada al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para que la obligación jurídica tenga un sustento técnico real. Como indican Alhazmi et al. (2021), especificar la materialidad de un bien exigiendo, por ejemplo, plásticos libres de bisfenol A o maderas con certificación de gestión forestal sostenible es solo la primera capa de una contratación responsable; la sofisticación técnica actual demanda que se especifique también el comportamiento del bien en su fase de uso y su desmantelamiento final. El uso de etiquetas ecológicas de Tipo I (según la norma ISO 14024) como referencia técnica proporciona a la administración una herramienta de verificación robusta que simplifica la labor del comprador público, al tiempo que asegura que el proveedor cumple con estándares socioambientales rigurosos validados por terceras partes independientes. Esta práctica, según Witjes & Lozano

(2022), es lo que permite que el contrato sea verdaderamente vinculante, ya que el incumplimiento de estos estándares diferenciales faculta a la entidad para aplicar sanciones o incluso la resolución del contrato por incumplimiento de obligaciones técnicas esenciales.

Finalmente, la dimensión social de las especificaciones técnicas no debe ser menos rigurosa que la ambiental. La traducción de ambiciones sociales en obligaciones jurídicas implica detallar requisitos de trabajo digno, igualdad de género y accesibilidad universal de manera que sean cuantificables durante la ejecución contractual. Grandia & Voncken (2021) subrayan que la profesionalización en la redacción de estas cláusulas es determinante para que la contratación pública de triple impacto no se diluya en retórica política. Por ejemplo, en lugar de una declaración general de "promover la inclusión", las especificaciones técnicas diferenciales deben establecer porcentajes mínimos de trabajadores pertenecientes a grupos vulnerables directamente asignados a la ejecución del contrato, o exigir el cumplimiento de estándares de seguridad y salud en el trabajo que superen los mínimos legales, integrando así la justicia social como un componente de la calidad técnica del servicio. Solo mediante esta precisión técnica se logra que la contratación pública funcione como un motor de transformación sistémica, garantizando que el gasto estatal genere beneficios netos para la sociedad y el planeta (Gallego et al., 2021).

3.3.1. Criterios Ambientales: Eficiencia, Materialidad y Descarbonización

La integración de criterios ambientales en las especificaciones técnicas representa el paso de una voluntad política abstracta a una métrica de ingeniería jurídica, la cual debe fundamentarse estrictamente en la evidencia científica y en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Este enfoque metodológico permite a las entidades contratantes trascender la evaluación superficial de los bienes para exigir niveles específicos de eficiencia energética, una variable crítica en contratos de tecnología de la información y suministros de oficina, donde el consumo operativo suele representar la fracción más significativa de la huella de carbono institucional. Investigaciones de Gallego et al. (2021) subrayan que las especificaciones deben actuar como un motor de demanda para la economía circular, priorizando el uso de materiales con alto contenido reciclado post-consumo o componentes biodegradables, lo que efectivamente fuerza a la industria a cerrar los bucles de materiales y reduce la dependencia de materias primas vírgenes.

La rigurosidad en la definición de estos estándares asegura que el sector público no solo adquiera productos, sino que lidere la creación de mercados para materiales secundarios, validando la viabilidad económica de los modelos de negocio circulares mediante el poder de compra estatal. Bajo esta lógica, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) deja de ser una consideración periférica para convertirse en un requisito transversal y vinculante. Esto implica una evaluación holística que no se limita al producto per se, sino que analiza la intensidad carbónica de todo su proceso de fabricación, embalaje y logística de transporte. Como indican Alhazmi et al. (2021), las especificaciones técnicas de vanguardia deben incorporar cláusulas de "máxima huella de carbono permitida", lo cual obliga a los oferentes a transparentar sus cadenas de valor mediante la presentación de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) verificadas por organismos terceros independientes bajo la norma ISO 14025.

Este nivel de exigencia técnica garantiza que la contratación pública se convierta en una herramienta de mitigación climática de precisión, alineada con los presupuestos de carbono nacionales y los compromisos del Acuerdo de París, evitando el riesgo de que la administración pública externalice su impacto ambiental hacia países con regulaciones ambientales más laxas a través de sus importaciones. Finalmente, la efectividad de estas especificaciones técnicas diferenciales depende de su capacidad para ser monitoreadas y sancionadas durante la ejecución contractual. La literatura reciente de Sönnichsen & Clement (2021) resalta que la inclusión de criterios ambientales debe ir acompañada de protocolos de verificación claros, tales como pruebas de laboratorio, auditorías de cadena de custodia y el seguimiento de indicadores de desempeño en tiempo real.

Al establecer estándares de materialidad y descarbonización rigurosos, la administración pública reduce la asimetría de información y el riesgo de greenwashing, ya que los proveedores se ven compelidos a demostrar científicamente la sostenibilidad de sus ofertas. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), este rigor no solo protege el patrimonio público frente a bienes de baja calidad y alta huella ecológica, sino que también fomenta una competencia basada en la innovación tecnológica, consolidando un ecosistema industrial donde la rentabilidad está intrínsecamente ligada a la eficiencia en el uso de los recursos y la minimización del impacto ambiental.

3.3.2. Criterios Sociales: Inclusión, Equidad y Justicia en la Cadena de Suministro

La dimensión social de las especificaciones técnicas representa la voluntad del Estado de transformar el gasto público en un motor de cohesión y justicia, garantizando que el poder de compra institucional promueva de manera efectiva el trabajo digno y la reducción sistémica de las desigualdades. Esta transición exige que las entidades dejen de ser observadores pasivos del mercado laboral para convertirse en agentes de cambio que imponen requisitos mandatorios, tales como planes de seguridad y salud ocupacional (SST) que excedan los mínimos legales vigentes, estableciendo estándares de protección que mitiguen los riesgos laborales de manera preventiva. Según Grandia & Voncken (2021), el diseño de estas especificaciones debe ser inherentemente proactivo, integrando cuotas de inclusión para grupos históricamente vulnerables, personas con discapacidad o jóvenes en búsqueda de su primer empleo.

La validez jurídica de estas exigencias depende de su vinculación directa con el objeto del contrato (el nexo causal), lo que asegura que la cláusula social no sea una imposición arbitraria, sino un componente de la calidad y la ética en la prestación del servicio o la fabricación del bien adquirido. La justicia en la cadena de suministro constituye una extensión de la responsabilidad estatal que trasciende las fronteras operativas del contratista principal, implicando una vigilancia rigurosa de los derechos humanos en todas las etapas previas de la producción (Miranda, 2017).

Las especificaciones técnicas modernas deben facultar a la administración para requerir que el proveedor demuestre, mediante auditorías de tercera parte o certificaciones reconocidas, la ausencia absoluta de trabajo forzoso o infantil en sus redes de subcontratación. El uso de estándares como la norma SA8000 o la adhesión a protocolos de comercio justo proporciona una infraestructura de verificación objetiva para estos requisitos.

Como sostienen Witjes & Lozano (2022), la integración de estos criterios no solo funciona como una estrategia de mitigación de riesgos reputacionales para el Estado, sino que fortalece la resiliencia social del tejido productivo global. Al cerrar el paso a proveedores que basan su competitividad en la precariedad, la contratación pública asegura que no se externalicen costos sociales en busca de ahorros económicos espurios, protegiendo así la integridad de los mercados locales y fomentando una competencia leal basada en el respeto a la dignidad humana. En este sentido, el fomento activo de la igualdad de género dentro de las

especificaciones técnicas debe ser abordado mediante métricas de composición de plantilla y políticas de cierre de brecha salarial aplicadas directamente al personal asignado al contrato. Investigaciones de Cheng et al. (2022) indican que la inclusión de criterios sociales de género no solo responde a un mandato ético, sino que mejora la eficiencia y la innovación en la ejecución contractual al diversificar las perspectivas en la resolución de problemas técnicos.

La planificación estratégica debe, por tanto, definir indicadores de cumplimiento que sean auditables durante la vigencia del contrato, tales como informes de nómina desagregados por sexo o certificados de cumplimiento de protocolos contra el acoso laboral. Esta rigurosidad operativa evita que las cláusulas sociales se conviertan en "letra muerta" y asegura que cada proceso de contratación pública contribuya a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (específicamente el ODS 5 y el ODS 8), consolidando un modelo de administración pública que no solo gestiona recursos, sino que protege y expande los derechos fundamentales de la ciudadanía a través del mercado.

3.3.3. Estándares, Certificaciones y el Uso de Etiquetas Ecológicas

El empleo de estándares internacionales y certificaciones técnicas constituye una piedra angular en la arquitectura de la contratación pública moderna, proporcionando la base científica necesaria para garantizar la objetividad y la transparencia en la selección de ofertas de triple impacto. Resulta no solo viable, sino altamente recomendable, que las entidades contratantes exijan el cumplimiento de normas de sistemas de gestión consolidadas, tales como la ISO 14001 para la gestión ambiental y la ISO 50001 para la optimización del desempeño energético, así como la adhesión a etiquetas ecológicas de Tipo I, entre las que destacan el Blue Angel, el sello FSC para productos forestales o las etiquetas de eficiencia de la Unión Europea. No obstante, la integración de estos instrumentos en el pliego de condiciones debe navegar cuidadosamente los límites de la normativa de selección objetiva, la cual demanda un nexo causal estricto entre la certificación y el objeto del contrato.

Según Sönnichsen & Clement (2021), para evitar la vulneración de la libre competencia, es imperativo que las bases permitan de forma explícita la presentación de medios de prueba equivalentes, asegurando que las MIPYMES locales, que podrían poseer procesos sostenibles, pero carecer del capital para auditorías de certificación internacional, no sean excluidas sistemáticamente del mercado público. En esta línea, Cheng et al. (2022) postulan que las certificaciones deben operar como un "lenguaje común" y estandarizado que medie

entre las ambiciones de la administración y las capacidades operativas del mercado. Al referenciar estándares reconocidos globalmente, las entidades reducen drásticamente la ambigüedad técnica que suele plagar los procesos de compra verde, lo que a su vez simplifica las labores de supervisión, auditoría y fiscalización posterior por parte de los entes de control.

Sin embargo, la literatura técnica advierte sobre el riesgo del fetichismo de la certificación, donde un exceso de requisitos específicos y acumulativos puede estrangular la competencia y derivar en un mercado cautivo para grandes corporaciones. Por esta razón, investigadores como Alhazmi et al. (2021) sugieren adoptar un enfoque basado primordialmente en el desempeño; bajo esta lógica, la certificación se posiciona como una presunción de conformidad una vía rápida para demostrar el cumplimiento, pero se mantiene abierta la posibilidad de que el oferente acredite el mismo nivel de desempeño ambiental mediante documentación técnica propia, informes de laboratorio independientes o declaraciones ambientales de producto (EPD) verificadas. La efectividad de estas herramientas de certificación también se vincula con la capacidad de la entidad para monitorear el cumplimiento durante la fase de ejecución contractual, evitando que la sostenibilidad sea un atributo que expire tras la adjudicación.

Según Witjes & Lozano (2022), la planificación estratégica debe contemplar que el mantenimiento de estas certificaciones (o sus equivalentes) sea una obligación contractual continua, cuya pérdida o caducidad sin renovación pueda dar lugar a la resolución del contrato o la imposición de multas coercitivas. Este rigor procedimental asegura que la contratación pública no solo incentive la obtención de sellos superficiales, sino que promueva una cultura de mejora continua en los sistemas de gestión de los proveedores. Asimismo, la integración de estándares sociales, como la ISO 45001 de seguridad y salud en el trabajo o la SA8000 de responsabilidad social, complementa el marco de las etiquetas ecológicas, garantizando que el "lenguaje común" del mercado sea íntegramente sostenible, abarcando desde la materialidad técnica hasta la ética laboral en la cadena de suministro (Gallego et al., 2021).

3.3.4. La Verificabilidad y el Control de los Criterios Diferenciales

La arquitectura jurídica de la contratación pública, una especificación técnica que carece de métricas de cumplimiento es, en términos estrictamente legales, una cláusula inexistente o ineficaz. La fase precontractual no solo tiene la misión de definir el objeto del contrato, sino que debe establecer con precisión quirúrgica los mecanismos de verificación que

se activarán durante la ejecución y recepción para garantizar que los criterios de sostenibilidad declarados en la oferta se traduzcan en una realidad operativa. Según Sönnichsen & Clement (2021), la patología más recurrente y dañina en la contratación de triple impacto es la denominada "especificación huérfana": aquella exigencia ambiental o social que, tras haber sido determinante para la adjudicación, queda desprovista de control técnico en la etapa de entrega.

Para evitar este vacío, es imperativo que los pliegos incorporen protocolos de verificación que incluyan métodos de ensayo normalizados, inspecciones técnicas de fábrica y la obligatoriedad de presentar informes de sostenibilidad periódicos auditados por terceros independientes, asegurando que la ventaja competitiva del adjudicatario no se convierta en una ventaja económica injusta basada en el incumplimiento. La rigurosidad en la verificabilidad es, por tanto, la garantía de la integridad del sistema de contratación. Investigaciones de Cheng et al. (2022) subrayan que la falta de seguimiento técnico post-adjudicación incentiva el greenwashing, donde los proveedores prometen atributos sostenibles que saben que no serán auditados. Para mitigar este riesgo, la planificación estratégica debe dotar a los administradores de contrato de herramientas de control de calidad robustas, tales como la exigencia de etiquetas ecológicas de Tipo I (ISO 14024), las cuales actúan como certificados de conformidad de cumplimiento continuo (Suárez et al., 2024).

Además, la literatura contemporánea de Alhazmi et al. (2021) sugiere la inclusión de indicadores clave de desempeño (KPIs) vinculados a penalidades económicas proporcionales; por ejemplo, si un bien fue adquirido por su eficiencia energética, la entidad debe estar facultada para realizar mediciones in situ y aplicar multas si el consumo real excede el umbral garantizado en la oferta técnica. Este enfoque transforma la sostenibilidad de un concepto aspiracional a un compromiso contractual de desempeño garantizado. Finalmente, la integración de informes de sostenibilidad y auditorías de cadena de suministro durante la vigencia del contrato fortalece la resiliencia social y ambiental de la administración. Como sostienen Witjes & Lozano (2022), la verificabilidad no debe limitarse al bien físico, sino extenderse a las condiciones de producción, mediante inspecciones aleatorias que confirmen el cumplimiento de los estándares de trabajo digno y gestión de residuos pactados.

Esta vigilancia constante no solo protege el patrimonio público frente a la recepción de bienes de menor calidad técnica a la contratada, sino que también blindo a la entidad frente a riesgos reputacionales y legales derivados de externalidades no controladas. En última

instancia, la precisión en los métodos de comprobación técnica definidos en la fase precontractual es lo que distingue a una política de compra pública responsable de una mera simulación burocrática, consolidando la confianza ciudadana en la gestión del gasto estatal bajo principios de transparencia y valor por dinero (Gallego et al., 2021).

3.4. El Catálogo Electrónico Sostenible: Estandarización de bienes y servicios con criterios de triple impacto

La estandarización a través de catálogos electrónicos y Acuerdos Marco de Precios (AMP) representa la culminación estratégica de la fase precontractual, permitiendo que las políticas de sostenibilidad dejen de ser esfuerzos aislados para convertirse en normas de mercado masivas con un impacto sistémico en la economía nacional. El Catálogo Electrónico Sostenible no debe ser concebido únicamente como un repositorio digital de productos con etiquetas ecológicas, sino como una herramienta sofisticada de agregación de demanda que utiliza la inmensa economía de escala del Estado para forzar una transición verde y social en sectores productivos enteros que, de otro modo, carecerían de incentivos para la innovación.

Según Sönnichsen & Clement (2021), la estandarización de criterios de triple impacto en un catálogo centralizado reduce drásticamente los costos de transacción y las barreras técnicas para las entidades individuales, eliminando la necesidad de que cada comprador público, a menudo con recursos técnicos limitados, realice un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de forma independiente. Esta centralización de la inteligencia técnica garantiza que el rigor ambiental y social sea una precondition del acceso al mercado estatal, democratizando el acceso a bienes de alto desempeño para todas las instituciones del sector público, independientemente de su tamaño o presupuesto.

La operatividad de estos catálogos permite que el Estado actúe como un "hacedor de mercado" (market maker) que define los estándares mínimos de sostenibilidad, elevando el umbral de competencia hacia la excelencia climática y la justicia social. Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) demuestran que, cuando los criterios de economía circular se integran en los Acuerdos Marco, se genera una señal de demanda predecible y de largo plazo que reduce la incertidumbre para los oferentes, incentivando inversiones en tecnologías limpias y logística inversa. Este enfoque mitiga el riesgo de procesos desiertos o de baja calidad técnica, ya que la validación de cumplimiento se desplaza hacia la etapa de selección de proveedores del catálogo, donde equipos especializados pueden auditar Declaraciones Ambientales de Producto

(EPD) y certificaciones de trabajo digno con un nivel de profundidad que sería inalcanzable en procesos de licitación aislados.

En consecuencia, el catálogo se transforma en un filtro de integridad que protege al sistema de compras del greenwashing, asegurando que cada orden de compra ejecutada contribuya directamente a las metas nacionales de descarbonización y a la resiliencia de las cadenas de suministro locales (Gallego et al., 2021). Asimismo, el Catálogo Electrónico Sostenible facilita la inclusión de criterios sociales de forma escalable y transparente, especialmente mediante la creación de categorías reservadas o preferencias dinámicas para organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS) y MIPYMES verdes. Según Grandia & Voncken (2021), la estandarización técnica en los catálogos nacionales permite superar el sesgo de inercia de los funcionarios compradores, quienes a menudo replican especificaciones obsoletas por temor a la fiscalización; al proporcionar una "lista positiva" de bienes preaprobados bajo estándares de triple impacto, la administración elimina la fricción burocrática asociada a la compra sostenible.

Esta arquitectura digital permite, además, un monitoreo en tiempo real de la huella de carbono y el impacto social del gasto público total, proporcionando datos críticos para la mejora continua de las políticas de contratación. Como sostienen Witjes & Lozano (2022), la efectividad del catálogo reside en su capacidad para alinear los modelos de negocio de los proveedores con las necesidades del planeta, transformando la relación transaccional en una alianza estratégica para la sostenibilidad que maximiza el Valor por Dinero a lo largo de todo el ciclo de vida de los bienes adquiridos.

3.4.1. Acuerdos Marco de Precios como aceleradores de la Economía Circular

Los Acuerdos Marco de Precios (AMP) se constituyen como el mecanismo de contratación pública más potente y sofisticado para la integración sistémica de criterios de sostenibilidad en la fase primaria de selección, operando como un filtro de entrada de alta exigencia técnica. Al centralizar la calificación de proveedores y la validación técnica de los bienes en una instancia técnica especializada, el Estado ejerce su poder de compra para imponer estándares de circularidad y responsabilidad social que se replican de manera automática y vinculante en todas las órdenes de compra subsiguientes emitidas por las entidades adscritas. Según Sönnichsen & Clement (2021), esta arquitectura institucional elimina la fragmentación de esfuerzos y garantiza una aplicación uniforme de las políticas ambientales, evitando que la

ambición de sostenibilidad dependa de la capacidad técnica individual de cada entidad menor. En consecuencia, el AMP transforma la contratación en un instrumento de planificación macroeconómica que define las reglas de juego para sectores industriales completos, alineando el gasto público con los objetivos nacionales de resiliencia climática.

Investigaciones empíricas de Alhazmi et al. (2021) demuestran que los AMP diseñados bajo un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) generan un entorno de certidumbre que es fundamental para la transformación del lado de la oferta. Al garantizar a los proveedores una demanda estable, agregada y predecible a mediano y largo plazo, el Estado reduce el riesgo financiero asociado a la transición hacia modelos de producción limpios. Esta estabilidad permite que las empresas especialmente las MIPYMES con potencial de escalabilidad realicen inversiones de capital en infraestructuras de logística inversa, adopten procesos de manufactura con baja intensidad de carbono y obtengan certificaciones ambientales de alto nivel (como las etiquetas de Tipo I). La literatura de Witjes & Lozano (2022) refuerza que este compromiso de compra a escala es el catalizador necesario para que la sostenibilidad deje de ser un atributo "premium" y se convierta en el estándar mínimo del mercado, permitiendo una reducción en el precio unitario de los bienes sostenibles mediante la optimización de las cadenas de suministro.

Asimismo, la centralización de la validación técnica en los AMP permite la inclusión de criterios sociales y de gobernanza que serían difíciles de monitorear en procesos de contratación aislados. De acuerdo con Grandia & Voncken (2021), los administradores de estos acuerdos marco pueden implementar sistemas de auditoría continua sobre el cumplimiento de estándares de trabajo digno, igualdad salarial y protección de derechos humanos en toda la cadena de valor de los proveedores seleccionados. Esta vigilancia centralizada no solo mitiga riesgos reputacionales y legales para el Estado, sino que asegura que la contratación pública no externalice costos sociales en favor de un ahorro nominal inmediato. Como sostienen Cheng et al. (2022), la eficacia de un AMP sostenible radica en su capacidad para actuar como un "cliente inteligente" que no solo compra bienes, sino que moldea el comportamiento ético y ambiental de sus socios comerciales, asegurando que cada dólar del erario público genere un retorno social medible y un impacto ambiental positivo durante toda la vigencia del acuerdo.

La evolución de los catálogos electrónicos hacia la inclusión de servicios circulares representa un cambio de paradigma fundamental en la gestión de activos públicos, transitando de un modelo de propiedad lineal a uno de acceso y desempeño funcional. Un ejemplo crítico de esta transformación es la implementación de contratos de "Pago por Uso" o sistemas de

producto-servicio (PSS) dentro de las categorías de equipos de impresión, computación y movilidad. Según sostienen Witjes & Lozano (2022), al estandarizar soluciones de servitización en el catálogo nacional, el Estado no solo logra un ahorro significativo en costos de mantenimiento, almacenamiento y disposición final, sino que logra alinear de manera efectiva los incentivos del mercado con la durabilidad de los bienes y la eficiencia energética. Bajo este esquema, el proveedor retiene la propiedad del activo, lo que lo motiva financieramente a diseñar productos de fácil reparación y larga vida útil, ya que cualquier fallo técnico o ineficiencia operativa se traduce en un costo directo para la empresa y no para la administración pública.

La planificación estratégica de estos Acuerdos Marco de servitización debe ser liderada por equipos multidisciplinarios que aseguren que los requisitos técnicos sean ambiciosos, pero económicamente competitivos. Este proceso requiere una comprensión profunda del Costo Total de Propiedad (TCO) frente al costo del servicio, integrando perfiles técnicos, legales y financieros. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), la clave para el éxito de estos catálogos radica en la definición de acuerdos de nivel de servicio (SLA) que incluyan métricas de sostenibilidad verificables, como el consumo de energía por unidad de servicio o la trazabilidad de los componentes al final de su ciclo operativo. Al estandarizar estos servicios, el Estado reduce la brecha tecnológica entre entidades, permitiendo que incluso las instituciones pequeñas accedan a equipos de alta eficiencia que, bajo un modelo de compra tradicional, tendrían costos de adquisición prohibitivos.

Asimismo, la servitización en los catálogos electrónicos actúa como un catalizador para la descarbonización de la infraestructura pública. Investigaciones de Gallego et al. (2021) demuestran que los modelos de pago por uso incentivan la actualización tecnológica constante hacia equipos con menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que el proveedor busca optimizar los costos operativos de la flota arrendada. Esta dinámica fomenta una competencia basada en la excelencia tecnológica y la gestión inteligente de recursos, desplazando a los proveedores que basan su modelo de negocio en la obsolescencia programada. Como señalan Alhazmi et al. (2021), la integración de servicios circulares en las compras centralizadas es el mecanismo más robusto para que la administración pública mitigue los riesgos asociados a la gestión de residuos electrónicos y peligrosos, transfiriendo la responsabilidad técnica y ambiental de la disposición final al fabricante o proveedor especializado bajo principios de Responsabilidad Extendida del Productor.

3.4.2. Catálogos Verdes y la Gestión de la Información Técnica

La implementación de "Catálogos Verdes" o listas de artículos con atributos sostenibles validados representa una evolución crítica hacia la inteligencia de datos en la gestión pública, facilitando a los administradores la identificación inmediata y estandarizada de productos con menor impacto ambiental. Inspirados en modelos de vanguardia como el sistema Catmat en Brasil o los criterios del Green Public Procurement (GPP) de la Unión Europea, estos catálogos actúan como un filtro preventivo que simplifica la toma de decisiones técnicas. La efectividad de estos instrumentos reside en la gestión avanzada de la información: cada ítem no debe ser una simple entrada comercial, sino una unidad de datos que cuente con una ficha técnica exhaustiva. Esta ficha debe detallar variables críticas como la huella de carbono equivalente, el porcentaje verificado de material reciclado post-consumo, la eficiencia hídrica y las certificaciones sociales que avalen el respeto a los derechos humanos en la cadena de suministro.

Como subrayan Cheng et al. (2022), la transparencia radical de estos datos permite a las entidades contratantes trascender el análisis de costo inicial para realizar compras comparativas fundamentadas en el Costo de Ciclo de Vida (LCC). Esta metodología permite cuantificar el valor real de un bien, integrando los costos de adquisición con los gastos operativos (energía, agua, consumibles), los costos de mantenimiento y las externalidades ambientales ligadas a su disposición final. Al estandarizar esta información en un catálogo centralizado, se dota incluso a las pequeñas unidades de contratación de la capacidad analítica necesaria para seleccionar bienes que, aunque presenten un precio de compra ligeramente superior, generan ahorros sustanciales durante su vida útil. De acuerdo con Gallego et al. (2021), esta visibilidad técnica es lo que permite que el Estado actúe como un consumidor responsable, alineando cada orden de compra con los presupuestos de carbono nacionales y las estrategias de mitigación climática a largo plazo.

Asimismo, la arquitectura de estos catálogos debe estar soportada por sistemas de verificación de tercera parte para evitar el riesgo de asimetría informativa. Según Alhazmi et al. (2021), el uso de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) bajo la norma ISO 14025 debe ser el estándar para la carga de información en estas plataformas, asegurando que los datos de impacto ambiental hayan sido validados científicamente. Esta rigurosidad en la gestión de la información no solo previene el greenwashing, sino que fomenta una competencia leal donde los proveedores son recompensados por su transparencia y eficiencia ecológica. Como

sostienen Witjes & Lozano (2022), la madurez de un sistema de compra pública se mide por su capacidad para transformar datos complejos de sostenibilidad en indicadores de selección sencillos y ejecutables, permitiendo que la planificación estratégica se convierta en una práctica cotidiana que fortalece la resiliencia del tejido productivo y la eficiencia fiscal del Estado.

La arquitectura digital de los sistemas de compra pública moderna permite la implementación de "etiquetas de sostenibilidad" internas, las cuales actúan como mecanismos de nudging o arquitectura de decisión que guían de forma intuitiva al comprador hacia la opción más responsable desde una perspectiva de triple impacto. Estas etiquetas no son meras ornamentaciones visuales; su validez descansa sobre una infraestructura de datos robusta soportada por bases de datos de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD), bajo la norma ISO 14025, y certificados de cumplimiento social verificados por terceros independientes. Según Gallego et al. (2021), la estandarización de estos atributos técnicos en un catálogo centralizado es vital para la cohesión de las políticas de Estado, ya que reduce drásticamente el riesgo de errores técnicos en las entidades de menor escala que carecen de especialistas en gestión ambiental.

Al centralizar la validación técnica, se asegura que el gasto público agregado no solo sea eficiente financieramente, sino que esté métricamente alineado con las metas de descarbonización y los presupuestos de carbono establecidos en las estrategias nacionales de mitigación del cambio climático. La integración de las EPD en el catálogo electrónico dota al sistema de una precisión científica que permite comparar bienes con base en su potencial de calentamiento global (GWP), el uso de recursos hídricos y la eutrofización, entre otros indicadores de impacto ambiental. Como sostienen Alhazmi et al. (2021), este nivel de transparencia técnica es el único antídoto eficaz contra el fenómeno del greenwashing, puesto que obliga a los proveedores a sustentar sus afirmaciones en análisis de ciclo de vida (ACV) rigurosos y públicos.

Esta arquitectura digital facilita que el sistema de contratación asigne ponderaciones automáticas o etiquetas de "preferencia" a los productos que demuestren un desempeño superior, incentivando una competencia basada en la innovación tecnológica. De esta manera, el catálogo deja de ser un inventario estático para convertirse en un ecosistema dinámico que premia la eficiencia en el uso de los recursos y la transparencia en la cadena de suministro, transformando la compra rutinaria en un acto de gobernanza climática efectiva (Witjes & Lozano, 2022). Adicionalmente, el soporte de certificados de cumplimiento social dentro del

catálogo garantiza que la estandarización no se limite a criterios biofísicos, sino que abarque la dimensión humana de la producción.

Al vincular cada ítem con evidencias verificables de trabajo digno, igualdad salarial y ausencia de trabajo infantil mediante estándares como la norma SA8000 o certificaciones de comercio justo, el Estado blindo su cadena de suministro contra riesgos éticos y legales. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), la centralización de esta información técnica permite a los entes rectores de la contratación pública realizar un monitoreo consolidado del impacto social del gasto, generando reportes de sostenibilidad que validan el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta trazabilidad es fundamental para que la contratación pública de triple impacto sea percibida como un proceso íntegro y legítimo, donde la eficiencia fiscal no se logra a expensas de la degradación ambiental o la explotación social, sino mediante la selección de proveedores que demuestran una excelencia operativa integral (Cheng et al., 2022).

3.4.3. Optimización de costos y eficiencia operativa mediante la agregación de demanda

El diseño de un catálogo interno de bienes y servicios sostenibles permite a las unidades administrativas planificar sus adquisiciones anuales bajo una lógica de optimización de recursos y eficiencia operativa de largo plazo, trascendiendo la visión cortoplacista del ahorro presupuestario inmediato. La agregación de demanda a través de estos catálogos especializados actúa como una palanca financiera que reduce el precio unitario de los productos con atributos de sostenibilidad históricamente percibidos como opciones premium u onerosas, permitiendo que alcancen economías de escala que los hacen competitivos frente a alternativas convencionales de alto impacto ambiental. Según Grandia & Voncken (2021), este mecanismo de agregación centralizada es fundamental para derribar la barrera del costo inicial, una de las principales resistencias políticas en la gestión pública, facilitando que las instituciones adquieran tecnologías de alta eficiencia energética a precios de mercado masivo.

Al consolidar las necesidades de múltiples carteras de Estado, el sector público ejerce un monopsonio relativo que obliga a los proveedores a ajustar sus márgenes de beneficio en favor de la innovación ecológica, democratizando el acceso a bienes que antes eran exclusivos de proyectos piloto o entidades con excedentes presupuestarios. Bajo esta estructura de planificación estratégica, el catálogo sostenible se convierte en un instrumento de mitigación de la volatilidad de precios en las cadenas de suministro verdes. Investigaciones de Cheng et

al. (2022) subrayan que la estandarización de especificaciones técnicas dentro de un catálogo nacional permite a los proveedores locales y a las MIPYMES planificar sus propias inversiones en producción limpia con un riesgo reducido, al contar con un horizonte de demanda estatal garantizado.

Este flujo predecible de adquisiciones no solo estabiliza el mercado, sino que también fomenta la competencia basada en la eficiencia del ciclo de vida (LCC). Como indican Alhazmi et al. (2021), la eficiencia operativa lograda a través de la agregación de demanda no debe medirse solo en el ahorro del valor facial del contrato, sino en la reducción de los costos indirectos de mantenimiento, consumo de insumos y gestión de residuos, los cuales son significativamente menores en productos diseñados bajo estándares de circularidad y eficiencia energética. Finalmente, la integración de servicios de valor agregado en el catálogo, tales como la logística inversa y el mantenimiento preventivo, asegura que la eficiencia operativa no se pierda tras la entrega del bien. Según Sönnichsen & Clement (2021), los catálogos de agregación de demanda más avanzados incluyen cláusulas de desempeño que obligan a los proveedores a garantizar la operatividad de los equipos de alta eficiencia bajo modelos de servitización.

Esta configuración técnica permite que el ahorro de recursos sea una variable constante y no un evento aislado del momento de la compra. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la consolidación de un catálogo sostenible bien diseñado actúa como una señal de mercado que redefine el concepto de "valor por dinero" (Value for Money), desplazando el enfoque desde la austeridad nominal hacia la rentabilidad socioambiental estratégica, asegurando que cada dólar invertido por el contribuyente traccione la descarbonización de la industria nacional y la resiliencia del sector público frente a la crisis climática global.

Asimismo, el catálogo electrónico sostenible se erige como una infraestructura digital capaz de facilitar la inclusión de criterios sociales de forma escalable, permitiendo que la justicia distributiva se integre en la operativa diaria de las adquisiciones estatales. A través de la arquitectura del catálogo, es posible configurar categorías exclusivas, reservas de mercado o márgenes de preferencia dinámica para organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS) y MIPYMES que acrediten fehacientemente el cumplimiento de estándares de trabajo digno, equidad de género y redistribución de beneficios. Según Grandia & Voncken (2021), esta sistematización es la que permite que las "cláusulas sociales" trasciendan su naturaleza tradicional de requisitos accesorios y se conviertan en atributos de selección automatizados.

Al eliminar la discrecionalidad del comprador individual y estandarizar la validación de estos actores sociales en una fase centralizada, la tecnología actúa como un nivelador que democratiza el acceso al mercado estatal, asegurando que la contratación pública cumpla su rol social de fortalecer el tejido productivo nacional sin comprometer la agilidad ni la transparencia de los procesos administrativos. La implementación de estas preferencias sociales en entornos digitales debe estar sustentada en sistemas de certificación de origen y auditorías de impacto social que garanticen la integridad de la cadena de suministro. Witjes & Lozano (2022) sostienen que la inclusión efectiva de la EPS en catálogos electrónicos requiere de una gobernanza de datos que permita distinguir entre el cumplimiento formal y el valor social real, evitando la creación de estructuras de intermediación parasitarias.

En este sentido, el catálogo funciona como un ecosistema de confianza donde la administración puede incentivar la contratación de asociaciones de productores locales que aplican principios de justicia social y sostenibilidad ambiental en su modelo de negocio. Como indican Alhazmi et al. (2021), la escalabilidad de este modelo reside en que el Estado, al actuar como un "comprador con propósito", genera un efecto de tracción que profesionaliza a los actores de la EPS, dotándolos de la capacidad técnica necesaria para competir en mercados de mayor sofisticación sin perder su identidad asociativa. Finalmente, la literatura técnica de Cheng et al. (2022) subraya que la democratización del acceso mediada por catálogos electrónicos reduce las barreras de entrada burocráticas y los costos de participación que históricamente han excluido a las organizaciones de menor escala.

Al proporcionar fichas de productos y servicios pre-estandarizadas, el sistema permite que las organizaciones de la EPS se enfoquen en la excelencia operativa y el cumplimiento de los estándares de triple impacto, mientras que el sistema gestiona la agregación de demanda. Este enfoque no solo promueve la equidad territorial y el desarrollo económico local, sino que también blind a la entidad contratante contra riesgos éticos, al asegurar que el gasto público no se convierta en un agente de precarización. De acuerdo con Gallego et al. (2021), la integración de la dimensión social en la digitalización de las compras públicas es el mecanismo más robusto para garantizar que la transición ecológica sea también una transición justa, donde el fortalecimiento del tejido productivo se alinee con los principios universales del trabajo decente y la solidaridad económica.

3.4.4. El Monitoreo y la Mejora Continua en los Catálogos Electrónicos

Un Catálogo Electrónico Sostenible no constituye un instrumento estático o meramente administrativo; por el contrario, requiere de un monitoreo constante y una gobernanza dinámica para actualizar los estándares técnicos a medida que el mercado evoluciona y surgen nuevas fronteras tecnológicas. La fase precontractual de cada nuevo Acuerdo Marco de Precios (AMP) debe diseñarse como un ciclo de retroalimentación crítica, donde se analice el desempeño real de los productos y proveedores del periodo anterior para elevar los requisitos de sostenibilidad de manera progresiva y ambiciosa. Según Sönnichsen & Clement (2021), esta evolución iterativa es lo que permite que el Estado evite el estancamiento tecnológico; al institucionalizar revisiones periódicas de los criterios de selección, la administración pública envía una señal clara a la industria de que solo aquellos que mejoren su eficiencia ambiental y social mantendrán su acceso al mercado estatal.

Este enfoque de "mejora continua" transforma el catálogo en un laboratorio de innovación donde los estándares mínimos de hoy se convierten en la base obsoleta del mañana, forzando un ciclo de descarbonización acelerada. El soporte metodológico para esta actualización reside en el uso estratégico de Big Data y la analítica avanzada de compras, herramientas que permiten identificar con precisión quirúrgica las tendencias de consumo gubernamental y las áreas de opacidad en la cadena de suministro. Como señalan Sönnichsen & Clement (2021), la minería de datos aplicada a la contratación pública permite detectar nichos donde la oferta es altamente ineficiente o donde el Estado, debido a su volumen de compra, posee la masa crítica necesaria para ejercer presión y catalizar la innovación verde.

Investigaciones de Cheng et al. (2022) refuerzan que la analítica predictiva ayuda a las entidades a anticipar la madurez de nuevas tecnologías circulares, permitiendo que los pliegos de los próximos Acuerdos Marco incorporen requisitos de logística inversa o servitización justo cuando el mercado local está listo para escalarlos. Esta capacidad de respuesta basada en datos minimiza el riesgo de procesos desiertos y asegura que el gasto público actúe como un bisturí financiero que remueve las prácticas industriales lineales más persistentes. Asimismo, la rigurosidad en el monitoreo de impacto debe fundamentarse en indicadores de desempeño (KPIs) vinculados a la realidad climática y social del territorio. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la evaluación del desempeño no puede limitarse a la verificación formal de certificados, sino que debe integrar la medición de la reducción efectiva de emisiones de CO₂ y la generación de empleo digno atribuibles a las órdenes de compra del catálogo.

La literatura Duque et al. (2022), en donde sostiene que este seguimiento es fundamental para la rendición de cuentas en la contratación de triple impacto; sin una verificación basada en evidencia del cumplimiento de las promesas de sostenibilidad, el catálogo corre el riesgo de convertirse en un facilitador de greenwashing a gran escala. Por ello, la integración de auditorías aleatorias de campo y la verificación de la trazabilidad de los materiales, apoyadas en tecnologías de registro distribuido o plataformas de transparencia, garantizan que la evolución del catálogo sea real, auditable y alineada con los compromisos internacionales de desarrollo sostenible y justicia distributiva (Rainforest, 2024) y (Gallego et al., 2021).

CAPÍTULO IV.

La Brújula de la Calidad: 100 Criterios para una Evaluación Integral

La revisión de las propuestas representa el momento decisivo en que los objetivos de sostenibilidad expresados durante la fase de planificación estratégica pasan de ser meras intenciones políticas a convertirse en compromisos legales y contractuales exigibles. Dentro del modelo de contratación de impacto triple, esta fase va más allá de la simple adjudicación basada en el costo más bajo, un patrón que históricamente ha trasladado costos socioambientales, para adoptar un enfoque sólido de Valor por Dinero. En donde el modelo, la calidad técnica, el rendimiento ambiental y el beneficio social se evalúan de manera proporcional y científica, garantizando que el precio sea solo una de las consideraciones en una ecuación de valor global. Según lo indicado por Grandia & Voncken (2021), la eficacia de esta transición depende de la habilidad del gobierno para establecer criterios de adjudicación que sean claros, medibles y directamente relacionados con el objeto del contrato, evitando que la sostenibilidad se considere un elemento meramente decorativo o de poca importancia.

La evaluación exhaustiva, las entidades que contratan deben poner en marcha sistemas de valoración que recompensen la internalización de externalidades. Según Cheng (2022), adoptar el enfoque de Valor por Dinero permite que el sector público actúe de manera estratégica en favor del bienestar social, donde la "oferta más ventajosa económicamente" se determina mediante la inclusión de indicadores de rendimiento ambiental y cláusulas sociales obligatorias. Este enfoque demanda una especialización técnica del equipo encargado de la evaluación, ya que la comparación de propuestas no debe limitarse a un análisis de precios, sino que también exige la valoración de beneficios intangibles que se pueden cuantificar, como la disminución de la huella de carbono, la creación de empleo para grupos desfavorecidos y la innovación en modelos de economía circular. Como argumentan Sönnichsen & Clement (2020), la claridad en la metodología de valoración es el único medio que puede proteger el proceso de impugnaciones, asegurando que la elección de la propuesta ganadora esté respaldada por una objetividad técnica indiscutible que maximice el impacto positivo en el sistema.

Además, la investigación actual de Witjes & Lozano (2023), destaca que la evaluación completa de las propuestas es esencial para reducir el riesgo de selección adversa, donde proveedores con prácticas insostenibles podrían hacerse con contratos al ofrecer precios

artificialmente bajos debido a la precarización laboral o al incumplimiento de normativas ambientales. Al orientar el enfoque hacia el rendimiento efectivo y el impacto a largo plazo, el Estado fomenta una competencia fundamentada en la eficiencia y la ética productiva. Esta aplicación rigurosa de criterios garantiza que la propuesta ganadora no sea solo aquella que requiera el menor desembolso inmediato del presupuesto público, sino que también sea la que ofrezca la mayor rentabilidad socioambiental a lo largo de su ciclo operativo, protegiendo así los recursos públicos y respetando los compromisos globales de desarrollo sostenible y reducción de la huella de carbono.

4.1. Criterios Ambientales: Eficiencia, Circularidad y Protección del Entorno

Los criterios ambientales en la contratación pública moderna han dejado de ser meras consideraciones éticas para fundamentarse en la mitigación técnica de externalidades negativas a través de todo el ciclo de vida del objeto contractual. Este enfoque holístico trasciende la fase de adquisición inmediata, proyectando la responsabilidad jurídica y operativa del proveedor hacia las etapas de uso, mantenimiento y disposición final, bajo principios de responsabilidad extendida del productor. Según Alhazmi et al. (2021), la integración de estos criterios debe ser estrictamente cuantitativa y estar respaldada por metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), lo que permite que la administración pública actúe como un regulador indirecto del mercado, traccionando la oferta hacia una economía baja en carbono y circular. Al exigir datos verificables sobre el impacto ambiental desde la extracción de materias primas hasta la gestión de residuos, el Estado no solo adquiere un bien, sino que impone un estándar de eficiencia que reduce los riesgos climáticos y optimiza el uso de recursos públicos a largo plazo.

La rigurosidad en la aplicación de metodologías de ACV permite que la evaluación de las ofertas se base en el Costo de Ciclo de Vida (LCC), integrando costos ocultos que los modelos tradicionales suelen omitir, como el consumo energético excesivo, los gastos de reparación por obsolescencia y los costos de remediación ambiental. De acuerdo con Gallego et al. (2021), este nivel de análisis es fundamental para que la contratación pública sea una herramienta efectiva de mitigación climática, ya que permite identificar los "puntos críticos" (hotspots) de emisiones en la cadena de suministro. Al desplazar el enfoque hacia el rendimiento funcional, las entidades pueden exigir estándares de durabilidad y recuperabilidad de materiales que fuerzan a los proveedores a rediseñar sus procesos bajo principios de ecodiseño. Esta sofisticación técnica en los criterios de adjudicación asegura que el gasto

estatal no solo cumpla con una función administrativa, sino que funcione como un catalizador de innovación tecnológica que alinee los incentivos del mercado con los límites planetarios.

Asimismo, la literatura científica de Sönnichsen & Clement (2021) subraya que la efectividad de estos criterios ambientales depende de su capacidad para ser monitoreados y verificados mediante estándares internacionales como las etiquetas ecológicas de Tipo I (ISO 14024). La incorporación de estas métricas en los pliegos de condiciones blindará a la administración contra el greenwashing, al exigir pruebas de conformidad que no dependen de declaraciones juradas, sino de auditorías externas y bases de datos técnicas de Declaraciones Ambientales de Producto (EPD). Según Witjes & Lozano (2022), la madurez de un sistema de compras de triple impacto se mide por su habilidad para transformar estos datos científicos en obligaciones contractuales vinculantes que penalicen el incumplimiento de los niveles de eficiencia pactados. De este modo, la contratación pública se consolida como una estrategia de gobernanza ambiental robusta que protege la integridad de los ecosistemas y garantiza que el capital del Estado fomente exclusivamente modelos de negocio resilientes y responsables con el entorno (Cheng et al., 2022).

4.1.1. Eficiencia Energética y Desempeño Operativo

La eficiencia energética se consolida como el criterio técnico con mayor retorno de inversión directo para el Estado, actuando como un catalizador de sostenibilidad financiera y ambiental. En el marco de la evaluación de ofertas, las entidades contratantes deben priorizar aquellos bienes y servicios que minimicen el consumo de recursos energéticos durante su fase de uso operativo, dado que es en esta etapa donde se concentra la mayor parte de la huella de carbono y el gasto presupuestario acumulado. Investigaciones de Gallego et al. (2021) subrayan que la exigencia de sistemas de gestión de energía basados en la norma ISO 50001 trasciende la mera reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); esta certificación garantiza que el proveedor posee una cultura de mejora continua y procesos auditables de eficiencia que blindan a la administración pública contra el desperdicio energético. Al integrar estos estándares en la fase de calificación, el Estado asegura que sus colaboradores comerciales no solo cumplan con requisitos nominales, sino que operen bajo modelos de optimización técnica que se traducen en una prestación del servicio más resiliente y económica.

La puntuación diferencial en los pliegos de condiciones debe otorgarse a soluciones tecnológicas que demuestren una reducción empírica de la demanda energética mediante la

integración de sistemas de iluminación inteligente (LED con sensores de presencia y reguladores de flujo), sistemas de climatización de alta eficiencia con refrigerantes de bajo potencial de calentamiento global y, fundamentalmente, la incorporación de energías renovables in situ (fotovoltaica, eólica o biomasa). Según Alhazmi et al. (2021), la descentralización de la generación energética a través del objeto del contrato no solo reduce la dependencia de la red eléctrica convencional a menudo saturada o dependiente de combustibles fósiles, sino que fomenta la soberanía energética de las instituciones públicas. Este enfoque es crucial en contratos de mantenimiento de infraestructuras y suministros tecnológicos, donde la eficiencia operativa debe medirse a través de indicadores de desempeño energético (EnPIs) que permitan una comparación objetiva entre oferentes, premiando la innovación que reduce el Costo Total de Propiedad (TCO).

Asimismo, la literatura científica de Cheng et al. (2022) indica que la eficiencia energética en la contratación pública debe evaluarse mediante un análisis prospectivo de los ahorros generados durante toda la vida útil del bien. La implementación de criterios que exijan etiquetas de eficiencia de clase superior (como el etiquetado de la Unión Europea o Energy Star) permite a los evaluadores cuantificar el ahorro en términos de kilovatios-hora (kWh) evitados, facilitando la justificación técnica de adjudicaciones a ofertas que, aunque puedan presentar un precio de compra inicial más elevado, resultan significativamente más rentables en el largo plazo. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), esta visión estratégica es la que permite que la contratación de triple impacto actúe como una brújula de calidad, desplazando del mercado a productos ineficientes y forzando a la industria a adoptar estándares de fabricación que prioricen la eficiencia termodinámica y el aprovechamiento máximo de cada unidad de energía consumida.

4.1.2. Emisiones y Gestión de la Huella de Carbono

En la era de la transición ecológica, la medición de la huella de carbono bajo estándares internacionales como la ISO 14064 ha dejado de ser una práctica corporativa voluntaria para transformarse en un requisito de calidad técnica indispensable en la contratación pública de alto impacto. Las entidades contratantes deben estructurar sus sistemas de evaluación para valorar objetivamente las ofertas que demuestren una reducción real y auditable de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), desglosadas en los alcances 1 (emisiones directas), 2 (emisiones indirectas por energía) y, de manera progresiva y ambiciosa, en el alcance 3, que abarca toda la cadena de suministro. Según Gallego et al. (2021), la integración del alcance 3

es fundamental, ya que, en la mayoría de los sectores industriales, las emisiones de la cadena de valor superan significativamente a las operativas, y su omisión en los pliegos de condiciones perpetúa un punto ciego que socava los esfuerzos globales de mitigación.

La exigencia de reportes verificados permite a la administración pública discriminar entre proveedores que simplemente compensan emisiones y aquellos que han implementado cambios estructurales en su intensidad carbónica. De acuerdo con Cheng et al. (2022), el incentivo al uso de materiales locales dentro de los criterios de evaluación no debe interpretarse únicamente como una estrategia de desarrollo regional o fomento a la industria nacional, sino como una medida de mitigación climática de alta precisión al reducir drásticamente las emisiones logísticas asociadas al transporte de larga distancia. La literatura técnica subraya que la "distancia alimentaria" o el kilometraje de los insumos industriales son variables críticas en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de un contrato; por tanto, las especificaciones que otorgan puntaje adicional por proximidad geográfica del suministro están fundamentadas en la termodinámica de la logística y no en un proteccionismo arbitrario.

Este enfoque permite que las entidades públicas optimicen su huella institucional, garantizando que el ahorro económico nominal en la compra no se vea anulado por el alto costo ambiental del transporte transoceánico o transcontinental. Finalmente, las ofertas que integren tecnologías disruptivas de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS), o que presenten un plan verificado de neutralidad de carbono bajo protocolos rigurosos, deben recibir ponderaciones superiores que reflejen su valor estratégico. Como sostienen Alhazmi et al. (2021), la contratación pública debe actuar como el principal motor de demanda para estas innovaciones, permitiendo que las metas de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) derivadas del Acuerdo de París pasen de ser compromisos diplomáticos a realidades operativas.

La alineación del gasto público con los presupuestos de carbono nacionales exige que los criterios de adjudicación premien la descarbonización profunda; esto implica que los evaluadores deben estar capacitados para validar declaraciones ambientales de producto (EPD) y asegurar que el proveedor no incurra en el doble conteo de reducciones. De este modo, la contratación de triple impacto asegura que cada dólar invertido por el Estado funcione como un voto por la estabilización climática y el liderazgo tecnológico sostenible (Witjes & Lozano, 2022).

4.1.3. Gestión del Agua y Protección del Recurso Hídrico

La agudización de la escasez hídrica a escala global impone que la contratación pública trascienda la evaluación de costos directos para integrar la huella hídrica de los bienes y servicios como un indicador de solvencia técnica y responsabilidad ambiental. Los criterios de evaluación deben estar diseñados para premiar de manera diferencial a aquellos proveedores que demuestren la implementación operativa de sistemas de circuito cerrado (closed-loop systems), infraestructuras de captación y aprovechamiento de aguas pluviales, y tecnologías de tratamiento avanzado para el reúso de aguas grises en procesos industriales o servicios conexos. Según Sönnichsen & Clement (2021), la eficiencia hídrica no debe ser considerada un atributo opcional, sino una métrica de selección obligatoria, especialmente en contratos de alta intensidad de consumo como el mantenimiento de infraestructuras, servicios de limpieza y proyectos de construcción, donde la preservación del agua potable es un factor crítico de seguridad hídrica regional.

Este enfoque permite que la administración pública utilice su poder de compra para desincentivar el uso ineficiente del recurso y promueva la adopción de tecnologías que minimicen la presión sobre las fuentes hídricas naturales. Bajo esta lógica de gestión del recurso, la administración debe valorar positivamente a las corporaciones que cuenten con certificaciones de gestión hídrica reconocidas internacionalmente (como la Alliance for Water Stewardship - AWS) o que presenten innovaciones disruptivas dirigidas a la reducción radical del vertido de contaminantes en los efluentes. Como sostienen Gallego et al. (2021), la mitigación de la contaminación en origen es sustancialmente más eficiente desde una perspectiva de Costo de Ciclo de Vida (LCC) que la remediación posterior, ya que protege la integridad de los ecosistemas locales y reduce drásticamente los costos de tratamiento y salud pública a largo plazo.

La inclusión de criterios que exijan el cumplimiento de estándares superiores a los mínimos legales en materia de vertidos químicos y biológicos asegura que el Estado no sea cómplice de la degradación de las cuencas hidrográficas, alineando la contratación pública con la jerarquía de gestión del agua que prioriza la reducción y la recirculación sobre la descarga. Asimismo, la literatura técnica actual de Alhazmi et al. (2021) subraya que la evaluación de la huella hídrica debe ser multidimensional, considerando no solo el volumen de agua consumido,

sino también la calidad del agua devuelta al entorno y el estrés hídrico de la zona de producción. Al integrar estas variables en la ponderación de las ofertas, las entidades contratantes fomentan una competencia basada en la eco-eficiencia, donde los proveedores se ven compelidos a optimizar sus procesos productivos mediante la implementación de auditorías hídricas periódicas y la adopción de la norma ISO 14046. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), esta rigurosidad técnica permite que la contratación pública de triple impacto funcione como un mecanismo de resiliencia climática, garantizando que el gasto público fortalezca a las empresas que operan dentro de los límites de regeneración de los sistemas hídricos y que demuestran una capacidad superior para gestionar el riesgo hídrico en sus cadenas de suministro globales.

4.1.4. Materiales Sostenibles y Economía Circular

La transición hacia la circularidad sistémica dentro del aparato estatal exige que las especificaciones técnicas en los pliegos de condiciones trasciendan la funcionalidad básica para premiar de manera decisiva el ecodiseño y la materialidad responsable. En el proceso de evaluación, resulta imperativo otorgar puntaje adicional a bienes fabricados con un porcentaje certificado de contenido reciclado post-consumo, materiales de base biológica biodegradables o aquellos que cuenten con declaraciones verificadas de "residuo cero" en sus procesos de manufactura. Según sostienen Witjes & Lozano (2022), este cambio de enfoque requiere que la evaluación técnica no se limite a la fase de adquisición, sino que considere de forma ponderada la facilidad de reparación, la disponibilidad garantizada de repuestos y la capacidad de actualización tecnológica mediante arquitecturas modulares. Este diseño estratégico permite al Estado evitar la obsolescencia programada y extender la vida útil de los activos públicos, reduciendo así la necesidad de nuevas extracciones de materias primas y minimizando el impacto ambiental derivado del reemplazo prematuro de equipos.

La rigurosidad en la selección de materiales debe complementarse con una política estricta de mitigación de residuos en la cadena logística. En este sentido, los criterios de adjudicación deben penalizar explícitamente el uso de plásticos de un solo uso en el embalaje y el sobre empaquetado no reciclable, valorando positivamente los esquemas de logística inversa donde el proveedor asume un compromiso contractual para recuperar el bien al final de su vida operativa. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la reintegración de estos componentes en el ciclo productivo bajo principios de responsabilidad extendida del productor es la métrica más robusta para validar la circularidad real de una oferta. Al internalizar los costos de gestión de residuos en el oferente, el Estado incentiva la innovación en materiales de

alta durabilidad y esquemas de "producto como servicio", asegurando que la contratación pública no solo sea un acto de consumo, sino un motor de regeneración industrial.

Finalmente, la literatura científica de Sönnichsen & Clement (2021) subraya que la evaluación de la materialidad sostenible debe estar respaldada por certificaciones de tercera parte para asegurar la trazabilidad de los insumos. La inclusión de criterios que exijan declaraciones ambientales de producto (EPD) o etiquetas de tipo I (ISO 14024) permite a las entidades contratantes verificar de manera científica el origen y la toxicidad de los materiales utilizados. Como indican Gallego et al. (2021), la descarbonización de la economía depende de la capacidad del sector público para favorecer ofertas que minimicen la energía embebida en los materiales y que utilicen sustancias químicas de bajo impacto. De esta forma, la planificación precontractual se convierte en una herramienta de gobernanza climática que protege la integridad de los ciclos biológicos y técnicos, consolidando un mercado donde la competitividad económica está intrínsecamente ligada al desempeño ambiental y la circularidad absoluta de los recursos (Cheng et al., 2022).

4.1.5. Conservación de la Biodiversidad y Valorización de Residuos

Finalmente, la contratación pública debe trascender su función transaccional para actuar como un escudo protector de la biodiversidad y la integridad de los servicios ecosistémicos. Los criterios de evaluación ambiental en proyectos con impacto territorial deben incorporar obligatoriamente la ponderación de planes de restauración ecológica activa y el despliegue de tecnologías avanzadas para la valorización energética de residuos, evitando la lógica lineal del enterramiento. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la selección de ofertas debe favorecer de manera inequívoca a proveedores que certifiquen el origen legal, trazable y sostenible de sus materias primas mediante sellos de custodia reconocidos (como FSC para productos madereros o RSPO para aceites vegetales), asegurando que la tracción de la demanda estatal no se convierta en un motor indirecto de deforestación, fragmentación de hábitats o pérdida de variabilidad genética. Esta rigurosidad en la cadena de suministro permite que el Estado mitigue riesgos reputacionales y legales, al tiempo que fomenta mercados que operan dentro de los límites de regeneración de la biosfera.

La meta estratégica de estos criterios es alcanzar una tasa de desvío de vertederos cercana al 100%, transformando la gestión de residuos de un costo operativo en una oportunidad de recuperación de recursos. Los pliegos de condiciones deben premiar la

innovación en el tratamiento de residuos peligrosos y, de manera crítica en la era digital, la recuperación sistemática de metales preciosos, metales críticos y tierras raras presentes en los equipos eléctricos y electrónicos (RAEE). Según sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la minería urbana incentivada a través de la contratación pública es fundamental para la resiliencia industrial, ya que reduce la dependencia de la extracción primaria en ecosistemas sensibles. Al evaluar las ofertas bajo el prisma de la economía circular, el Estado garantiza que los proveedores implementen procesos de minería inversa que reintroduzcan materiales estratégicos en el ciclo productivo, alineando el gasto público con la jerarquía de residuos que prioriza la valorización material y energética sobre cualquier forma de disposición final.

Asimismo, la literatura de Gallego et al. (2021) enfatiza que la protección de la biodiversidad mediante la compra pública exige una evaluación de los impactos indirectos en el uso del suelo. Las entidades deben valorar positivamente a los oferentes que presenten estrategias de "Impacto Neto Positivo" (Net Positive Impact), donde las acciones de conservación y restauración superen los impactos residuales del contrato. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la madurez de estos criterios se refleja en la exigencia de indicadores de desempeño biológico que permitan monitorear la salud de los suelos y la calidad de los efluentes post-proyecto. Al integrar estos estándares, la contratación de triple impacto se consolida como una herramienta de gobernanza ambiental que no solo previene el daño, sino que financia activamente la recuperación del capital natural nacional, asegurando que la infraestructura y los servicios públicos del futuro convivan en equilibrio con la biodiversidad (Cheng et al., 2022).

4.2. Criterios Sociales: Inclusión, Equidad y Trabajo Decente

La contratación pública contemporánea ha trascendido su concepción tradicional como una función meramente administrativa de adquisición de bienes y servicios para consolidarse como un motor de justicia social y un instrumento de política redistributiva con una capacidad sistémica para corregir fallas históricas de mercado. En este nuevo paradigma, la integración de criterios sociales en la evaluación de ofertas permite que el Estado ejerza su inmenso poder de compra que en muchos países representa entre el 10% y el 15% del PIB para incentivar comportamientos éticos y responsables en el sector privado. Al promover entornos laborales que superan el cumplimiento legal mínimo y aspiran a estándares de excelencia humana, el sector público define la calidad técnica no solo por el desempeño del producto, sino por la integridad de los procesos que lo generaron.

Según sostienen Grandia & Voncken (2021), la "Compra Pública Socialmente Responsable" (SRPP, por sus siglas en inglés) constituye la herramienta más eficaz para garantizar que el gasto público no solo evite la precarización del trabajo, sino que actúe como un catalizador proactivo de la equidad y la cohesión social, especialmente en territorios vulnerables o históricamente marginados por la economía convencional. La implementación de estos criterios sociales exige que la administración pública asuma un rol de "comprador con propósito", donde la eficiencia fiscal no se logre a expensas de la degradación social. Investigaciones de Cheng et al. (2022) subrayan que la evaluación de ofertas debe incorporar ponderaciones rigurosas para factores como la paridad salarial, la inclusión de personas con discapacidad y la contratación de colectivos en riesgo de exclusión.

Este enfoque permite que la contratación de triple impacto mitigue el riesgo de "selección adversa", en la cual las empresas que operan bajo modelos de explotación laboral obtienen ventajas competitivas injustas basadas únicamente en precios nominales más bajos. Como indican Alhazmi et al. (2021), cuando el Estado prioriza el valor social, genera una señal de mercado que obliga a los oferentes a profesionalizar sus áreas de recursos humanos y responsabilidad social corporativa, alineando la rentabilidad empresarial con el bienestar del capital humano nacional. Asimismo, la literatura técnica actual de Witjes & Lozano (2022) destaca que la contratación pública socialmente responsable es fundamental para fortalecer el tejido productivo local, mediante la creación de encadenamientos con la Economía Popular y Solidaria (EPS).

Al integrar criterios que valoren la reinversión de beneficios en la comunidad y el respeto a la soberanía alimentaria o cultural, el Estado asegura que cada dólar del erario público genere un efecto multiplicador en la economía de base. De acuerdo con Gallego et al. (2021), la brújula de la calidad en la contratación debe orientarse hacia la "justicia en la transición", reconociendo que no puede haber sostenibilidad ambiental sin una base social sólida que garantice el trabajo digno. En consecuencia, la evaluación de las ofertas se convierte en un acto de gobernanza ética donde se premia la transparencia, la seguridad ocupacional y el compromiso de los proveedores con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), transformando la gestión contractual en un pilar de la resiliencia democrática y la equidad social.

4.2.1. Igualdad de Género y Diversidad: Hacia una Paridad Estructural

La evaluación de políticas internas de paridad salarial y los protocolos de protección contra el acoso no debe considerarse un requisito accesorio, sino un criterio de adjudicación de alto valor estratégico diseñado para cerrar las brechas estructurales de género en el sector productivo nacional. Las entidades contratantes tienen la potestad y la responsabilidad de otorgar ponderaciones significativas a los oferentes que demuestren poseer certificaciones verificables de equidad, tales como el Sello Violeta, el Sello de Equidad Laboral (Equipares) o la reciente norma ISO 53800, la cual establece directrices globales para la igualdad de género en las organizaciones. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la transparencia en la divulgación de las brechas salariales por parte de los proveedores de servicios y suministros permite al Estado actuar como un auditor ético, identificando y premiando a aquellas empresas que implementan medidas reales de promoción de mujeres en cargos de alta dirección y que fomentan la inserción femenina en sectores tradicionalmente masculinizados, como las industrias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

Esta discriminación positiva técnica asegura que los fondos públicos no financien organizaciones que perpetúen techos de cristal o disparidades de ingresos por razones de género. La sofisticación de estos criterios exige que la evaluación trascienda la mera existencia de un documento de política institucional para centrarse en indicadores de impacto verificables. Investigaciones de Grandia & Voncken (2021) sugieren que la efectividad de la contratación pública como herramienta de equidad depende de la capacidad de las entidades para auditar el cumplimiento de los protocolos de prevención del acoso laboral y sexual en la cadena de suministro. Esto implica que, durante la fase de evaluación, se debe puntuar no solo la intención, sino la robustez de los mecanismos de denuncia, la capacitación del personal y la representatividad efectiva de las mujeres en las nóminas técnicas asignadas al contrato.

Al elevar estos estándares, el sector público tracciona una transformación en la cultura organizacional del sector privado, forzando a los oferentes a adoptar modelos de gobernanza inclusivos si desean mantener su competitividad ante el mayor comprador del país. Asimismo, la literatura técnica de Witjes & Lozano (2022) resalta que la igualdad de género en la contratación pública está intrínsecamente ligada a la eficiencia operativa y la innovación. Las organizaciones que garantizan la equidad y la diversidad interna suelen presentar mejores niveles de desempeño y resiliencia, lo que reduce el riesgo operativo para el Estado contratante. De acuerdo con Gallego et al. (2021), la integración de la perspectiva de género en la

contratación de triple impacto es un pilar fundamental de la "transición justa", asegurando que los beneficios económicos del gasto público se distribuyan de manera equitativa entre hombres y mujeres. Al institucionalizar estos criterios, el Estado no solo cumple con los mandatos constitucionales de igualdad, sino que acelera el cumplimiento de los compromisos internacionales derivados de la Agenda 2030, transformando cada licitación en una oportunidad para dismantelar las barreras sistémicas que impiden el pleno desarrollo del capital humano femenino (Alhazmi et al., 2021).

La inclusión de criterios que valoren la contratación de mujeres cabeza de hogar y población LGTBIQ+ en los procesos de contratación estatal debe trascender el enfoque asistencialista para anclarse en una estructura de planes de carrera y desarrollo profesional a largo plazo, evitando la implementación de cuotas de ingreso puramente temporales que no generan cambios estructurales. La literatura técnica actual de Witjes & Lozano (2022) sostiene que el impacto social de un contrato público se maximiza únicamente cuando el proveedor garantiza no solo el acceso al empleo, sino también la estabilidad laboral, la formación continua y el ascenso meritocrático de estos grupos históricamente segregados. Al convertir el contrato estatal en una plataforma de movilidad social ascendente, se rompen los ciclos de pobreza y se fomenta una integración económica real.

Por lo tanto, el proceso de evaluación de ofertas debe analizar con rigor la existencia de itinerarios profesionales claros y programas de capacitación técnica específicos, asegurando que la participación de estas poblaciones no sea un requisito de cumplimiento formal para la adjudicación, sino un eje central de la estrategia de gestión del talento humano del oferente. Bajo esta lógica, la evaluación técnica debe considerar la robustez y operatividad de los protocolos internos contra la discriminación, el acoso laboral y el estigma, garantizando que el entorno de trabajo sea seguro, inclusivo y digno para todas las diversidades. Según investigaciones de Sönnichsen & Clement (2021), la eficacia de las cláusulas sociales en la contratación de triple impacto depende de la capacidad de la administración para auditar la cultura organizacional del proveedor, verificando que existan canales de denuncia seguros y mecanismos de sanción efectivos frente a conductas discriminatorias.

Al institucionalizar estos requisitos, el sector público alinea de manera efectiva el gasto público con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 5 (Igualdad de Género) y el ODS 10 (Reducción de las Desigualdades), transformando la licitación en un instrumento de política activa que protege la integridad y los derechos humanos de las

poblaciones vulnerables frente a las dinámicas excluyentes del mercado tradicional. Asimismo, de acuerdo con Cheng et al. (2022), la sostenibilidad social en la contratación pública requiere un enfoque de interseccionalidad que reconozca las múltiples barreras que enfrentan, por ejemplo, las mujeres trans o las madres cabeza de familia pertenecientes a minorías étnicas. La literatura sugiere que las entidades contratantes deben incentivar ofertas que incluyan servicios de apoyo, como flexibilidad horaria o programas de cuidado infantil, que permitan una conciliación efectiva entre la vida laboral y familiar.

Como indican Gallego et al. (2021), esta visión integral de la calidad social asegura que el proveedor sea un socio estratégico del Estado en la construcción de un tejido productivo más equitativo. La brújula de la calidad, por tanto, no solo mide el costo o la eficiencia técnica, sino también la capacidad del proveedor para actuar como un agente de cambio social que promueve la dignidad humana y la justicia distributiva a través de cada orden de compra ejecutada (Alhazmi et al., 2021).

4.2.2. Inclusión de Grupos Vulnerables y Víctimas del Conflicto

La contratación pública de triple impacto debe consolidarse como un instrumento de política activa para la estabilización socioeconómica, priorizando de manera estratégica la vinculación laboral de personas con discapacidad, víctimas del conflicto armado, jóvenes en busca de su primer empleo y ciudadanos en situación de pobreza extrema. Estos criterios de evaluación no se agotan en una función puramente ética o de responsabilidad social corporativa; su implementación técnica genera un impacto macroeconómico positivo al reducir la carga fiscal del Estado. Al integrar a poblaciones históricamente dependientes de subsidios y transferencias monetarias condicionadas en el ciclo económico productivo, el sector público transforma un gasto pasivo en una inversión en capital humano. Según sostienen Gallego et al. (2021), el uso de "cláusulas de reserva" o la asignación de puntuaciones adicionales por la contratación de personas con barreras estructurales de acceso al empleo es fundamental para generar resiliencia comunitaria y cohesión social en territorios afectados por la desigualdad.

No obstante, la entidad contratante debe ser rigurosa al exigir que estas contrataciones sean de alta calidad, blindadas con plenas garantías de seguridad social y niveles salariales justos, evitando que la retórica de la inclusión sea instrumentalizada por los proveedores como un mecanismo de abaratamiento de costos operativos o de precarización laboral bajo la apariencia de un beneficio social. La rigurosidad en la aplicación de estos criterios exige que

la evaluación técnica analice no solo la cantidad de personas vinculadas, sino la sostenibilidad de dicha vinculación mediante programas de acompañamiento y ajustes razonables en el entorno de trabajo. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la efectividad de la contratación pública socialmente responsable depende de la capacidad de los pliegos para definir indicadores de desempeño (KPIs) sociales que midan la permanencia y la formación técnica de los grupos vulnerables dentro de la organización del proveedor.

La literatura técnica subraya que una inclusión mal gestionada puede derivar en una "puerta giratoria" de contratos temporales que no rompen el ciclo de la pobreza; por tanto, las ofertas que presenten planes de desarrollo de carrera y certificaciones de entornos laborales inclusivos deben recibir ponderaciones superiores. Como indican Alhazmi et al. (2021), este enfoque permite que el Estado actúe como un garante de los derechos fundamentales, asegurando que la eficiencia administrativa en la compra de bienes y servicios no sea cómplice de la exclusión sistémica, sino un motor de dignificación humana y equidad territorial. Asimismo, la integración de estos colectivos en la cadena de suministro estatal requiere de una gobernanza de datos que permita verificar el cumplimiento real de los compromisos de inclusión. Según Sönnichsen & Clement (2021), la transparencia en el reporte de la composición de la fuerza laboral del proveedor es un requisito indispensable para evitar el fenómeno del "social washing", donde las empresas simulan compromisos sociales para ganar licitaciones sin alterar sus prácticas internas de exclusión.

La investigación de Witjes & Lozano (2022) resalta que los contratos públicos de larga duración deben incluir auditorías sociales periódicas para garantizar que los trabajadores provenientes de grupos vulnerables gocen de las mismas oportunidades de ascenso y bienestar que el resto de la nómina. En última instancia, la brújula de la calidad en la contratación de triple impacto debe apuntar hacia una productividad inclusiva que reconozca el valor de la diversidad como una ventaja competitiva para la innovación y la resiliencia del sector productivo nacional, alineando el gasto público con la agenda de desarrollo humano y los compromisos internacionales de justicia distributiva (Gallego et al., 2021).

Para asegurar la efectividad técnica y jurídica de estos criterios, las evaluaciones en los pliegos de condiciones deben ser dinámicas y estar blindadas contra el cumplimiento meramente formal. No es suficiente con la aceptación de una promesa futura de contratación; la rigurosidad administrativa exige valorar el historial comprobable de inclusión del oferente, así como su infraestructura y capacidad técnica para implementar ajustes razonables que

permitan la adaptabilidad de los puestos de trabajo para personas con discapacidad. Investigaciones desarrolladas por Alhazmi et al. (2021) demuestran de manera empírica que las organizaciones que integran equipos diversos e inclusivos tienden a presentar mayores niveles de innovación operativa y compromiso institucional, factores que se traducen directamente en una ejecución más eficiente y resiliente de los contratos públicos.

En este contexto, la "brújula de la calidad" demanda que la inclusión no sea un dato estático de la oferta, sino una variable medible, auditable y verificable mediante indicadores de desempeño social (S-KPIs) durante toda la vigencia del contrato, garantizando que el beneficio social proyectado se convierta en una realidad tangible y dignificante para los beneficiarios directos. La transición hacia una evaluación basada en el desempeño social real requiere que las entidades contratantes analicen la madurez organizacional del proveedor en materia de accesibilidad universal. Según Sönnichsen & Clement (2021), la capacidad de una empresa para retener talento diverso depende de la implementación de protocolos internos que eliminen barreras físicas, comunicacionales y actitudinales. Por ello, la puntuación diferencial debe otorgarse a aquellos oferentes que certifiquen la aplicación de normas como la ISO 21902 sobre turismo y servicios accesibles, o que demuestren inversiones previas en tecnologías de asistencia.

Como sostienen Witjes & Lozano (2022), al valorar el historial de inclusión, el Estado mitiga el riesgo de adjudicar contratos a empresas que practican el "social washing", asegurando que el gasto público fortalezca a actores económicos con un compromiso genuino con la equidad. Este enfoque de evaluación dinámica permite que la contratación pública funcione como un mecanismo de precalificación del mercado, donde la excelencia técnica es indisociable de la responsabilidad social operativa. Asimismo, la literatura técnica de Gallego et al. (2021) resalta que la inclusión auditable durante la ejecución contractual es el único antídoto eficaz contra la precarización de las poblaciones vulnerables. Las cláusulas contractuales deben incluir mecanismos de seguimiento periódico que validen no solo la permanencia laboral, sino también la igualdad en las condiciones de formación y ascenso.

De acuerdo con Cheng et al. (2022), la integración de auditorías sociales externas en contratos de gran escala permite al Estado verificar que los ajustes razonables prometidos en la oferta se han materializado en el entorno laboral. Esta trazabilidad asegura que la contratación de triple impacto cumpla su función como política pública redistributiva, alineando los objetivos de eficiencia fiscal con la protección de los derechos humanos y el

fortalecimiento de la cohesión social. En última instancia, la rigurosidad en la evaluación del historial de inclusión garantiza que el Estado actúe como un socio estratégico de las empresas que demuestran que la diversidad es, en efecto, un motor de competitividad y desarrollo sostenible (Alhazmi et al., 2021).

4.2.3. Seguridad y Salud Ocupacional: Más allá del Código de Trabajo

La exigencia de cumplimiento estricto de los estándares de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) ha dejado de ser una obligación meramente reglamentaria para convertirse en una condición sine qua non en la arquitectura de cualquier contrato de triple impacto. La evaluación técnica de las ofertas debe otorgar una primacía estratégica a aquellos oferentes que demuestren la implementación de sistemas de gestión robustos, avalados por certificaciones internacionales como la ISO 45001. Esta norma no solo certifica el cumplimiento de la legalidad vigente, sino que garantiza un enfoque preventivo, proactivo y sistemático frente a los riesgos laborales, desplazando el modelo tradicional reactivo hacia uno basado en la identificación temprana de peligros y la participación activa de los trabajadores. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), el Estado posee una responsabilidad moral y legal ineludible de asegurar que sus proveedores no externalicen riesgos físicos o psicosociales en su fuerza laboral con el fin de presentar ofertas económicamente más competitivas.

Este control es especialmente crítico en sectores de alto riesgo como la construcción, la minería y los servicios de limpieza industrial, donde la falta de inversión en medidas de seguridad suele traducirse en una alta siniestralidad, generando accidentes laborales que acarrearán costos sociales y económicos devastadores que terminan siendo asumidos por el sistema público de salud. La rigurosidad en la evaluación de la SST permite al Estado blindar sus proyectos contra interrupciones operativas y pasivos contingentes derivados de litigios laborales. Según investigaciones de Grandia & Voncken (2021), la madurez de un sistema de gestión de seguridad se refleja en la capacidad del proveedor para gestionar no solo los riesgos convencionales, sino también los factores de riesgo psicosocial, tales como el estrés laboral y el agotamiento, que han cobrado relevancia en la era postpandemia.

Las entidades contratantes deben, por tanto, incorporar métricas de evaluación que ponderen positivamente a los oferentes con bajos índices de frecuencia y gravedad de accidentes en los últimos periodos fiscales. Como sostienen Cheng et al. (2022), la transparencia en el reporte de la seguridad ocupacional funciona como un indicador de la

calidad gerencial de la empresa; un proveedor incapaz de proteger a su propio personal representa un riesgo sistémico para el cumplimiento de los plazos y la calidad de la obra o servicio contratado. Bajo este prisma técnico, la evaluación debe integrar la verificación de planes de formación continua y la provisión de equipos de protección individual (EPI) de última generación que garanticen la ergonomía y la salud a largo plazo.

De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), el enfoque de triple impacto exige que el bienestar del trabajador sea considerado un activo del contrato, alineando la productividad con la dignidad humana. La literatura de Witjes & Lozano (2022) refuerza que la contratación pública de excelencia debe desincentivar el "ahorro" malentendido en SST, el cual suele ocultar una precarización laboral que erosiona la resiliencia del tejido productivo. En última instancia, al exigir estándares superiores en seguridad y salud, el Estado no solo protege vidas, sino que fomenta una competencia basada en la excelencia operativa, asegurando que el capital público fortalezca exclusivamente a empresas que demuestran una ética de cuidado integral hacia sus colaboradores (Gallego et al., 2021).

Más allá de la provisión de infraestructura física y equipos de protección, la evaluación técnica de las ofertas en una contratación de triple impacto debe integrar de manera multidimensional el bienestar psicosocial y la flexibilidad laboral como indicadores de solvencia organizacional. Bajo este enfoque, las entidades contratantes deben otorgar una calificación superior a aquellas empresas que demuestren la implementación de planes estructurados de salud mental, programas de conciliación efectiva entre la vida familiar y laboral, y sistemas avanzados de gestión de la fatiga humana. Según sostienen Grandia & Voncken (2021), la concepción de un entorno laboral seguro ha evolucionado para abarcar la protección de la integridad total del trabajador, entendiendo que el equilibrio psíquico y emocional es un determinante directo en la reducción de las tasas de ausentismo y en el incremento de la calidad técnica del producto o servicio final entregado al Estado.

Al evaluar estos componentes, la administración pública incentiva una cultura corporativa donde la seguridad no es percibida como una carga burocrática impuesta por la normativa, sino como una inversión estratégica en el capital más valioso de cualquier organización: el talento humano. La integración de estos criterios responde a la necesidad de mitigar los riesgos emergentes asociados a la economía del conocimiento y la prestación de servicios complejos. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la flexibilidad laboral y el apoyo psicosocial actúan como amortiguadores del estrés laboral, lo cual es fundamental en contratos

de larga duración o de alta exigencia técnica. Las organizaciones que adoptan modelos de gestión basados en la confianza y el bienestar suelen reportar niveles significativamente más altos de retención de personal calificado, lo que garantiza al Estado una continuidad operativa sin las disrupciones provocadas por la alta rotación.

Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) refuerzan que este "bienestar holístico" se alinea con los estándares de responsabilidad social corporativa más exigentes, permitiendo que la contratación pública de triple impacto se convierta en un mecanismo que premia la sostenibilidad humana en igualdad de condiciones con la sostenibilidad ambiental y financiera. Finalmente, la rigurosidad en la evaluación del bienestar psicosocial permite identificar proveedores que operan bajo principios de ética del cuidado y liderazgo transformacional. Como indican Sönnichsen & Clement (2021), las empresas que implementan sistemas de gestión de la fatiga y programas de prevención del agotamiento (burnout) demuestran una mayor capacidad de respuesta ante contingencias operativas, asegurando una ejecución contractual más estable.

La literatura técnica de Witjes & Lozano (2022) subraya que la "brújula de la calidad" debe orientar el gasto público hacia organizaciones que internalicen los costos del bienestar, evitando la externalización de trastornos de salud mental hacia el sistema de seguridad social público. De esta manera, al favorecer a proveedores con altos estándares de calidad de vida laboral, el Estado no solo optimiza la eficiencia de sus contratos, sino que fomenta una transformación sistémica hacia un mercado laboral más resiliente, humano y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Gallego et al., 2021).

4.2.4. Comercio Justo, Empleo Local y Encadenamientos con la EPS

La democratización del mercado estatal y la redistribución efectiva de la riqueza pública se alcanzan mediante el fomento deliberado de encadenamientos productivos con Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES), artesanos y organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS). En el marco de la evaluación de ofertas de triple impacto, los criterios sociales no deben limitarse a la declaración de intenciones, sino que deben premiar de manera cuantitativa y proporcional a aquellas propuestas que integren a estos actores locales en sus cadenas de suministro estratégicas, priorizando el impacto económico positivo en la zona de influencia directa del proyecto o contrato. Según sostienen Witjes & Lozano (2022), la implementación de principios de "comercio justo" en la contratación pública implica una

ruptura con la lógica extractivista de precios mínimos, exigiendo en su lugar el pago de tarifas que cubran los costos reales de una producción sostenible y garanticen un margen de beneficio digno para los pequeños productores.

Al institucionalizar estos encadenamientos, el Estado no solo actúa como un comprador, sino como un arquitecto del desarrollo que fortalece el tejido productivo local y mitiga de forma estructural las desigualdades territoriales, promoviendo un modelo de crecimiento económico mucho más equitativo y resiliente. La sofisticación de estos criterios de evaluación exige que el Estado actúe como un garante de la ética comercial, penalizando a los oferentes que utilicen su posición dominante para asfixiar financieramente a los subcontratistas de menor escala. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la transparencia en los plazos de pago y la transferencia de tecnología desde las grandes empresas hacia las MIPYMES locales deben ser factores determinantes en la puntuación técnica. La literatura técnica subraya que el éxito de la contratación pública socialmente responsable depende de evitar la "subcontratación precaria"; por ello, las ofertas ganadoras deben demostrar planes de fortalecimiento de capacidades para sus proveedores locales, asegurando que la ejecución del contrato estatal deje un legado de mejora productiva y estabilidad financiera en el territorio.

Como indican Alhazmi et al. (2021), este enfoque permite que la demanda pública funcione como una política industrial de base, donde el capital del Estado se utiliza para capitalizar a las organizaciones de la EPS, permitiéndoles alcanzar economías de escala y estándares de calidad competitivos sin sacrificar sus principios de solidaridad y equidad. Finalmente, la integración de la EPS en la contratación de triple impacto se alinea con la necesidad global de acortar las cadenas de suministro para mejorar la resiliencia ante crisis externas. Según Sönnichsen & Clement (2021), el fomento del empleo local a través de la compra pública no solo reduce la huella de carbono logística, sino que estabiliza las economías regionales frente a la volatilidad de los mercados globales.

La investigación de Gallego et al. (2021) refuerza que la justicia social en la contratación es inseparable de la sostenibilidad económica; al favorecer encadenamientos productivos locales, el Estado asegura que la inversión pública circule dentro de la misma comunidad que tributa, generando un círculo virtuoso de desarrollo que protege el patrimonio social. En última instancia, la evaluación de las ofertas bajo estos parámetros permite que la administración pública cumpla su mandato de promover el bienestar general, asegurando que

cada orden de compra sea un voto por la democratización económica y el fortalecimiento de la soberanía productiva territorial (Witjes & Lozano, 2022).

La evaluación técnica de la responsabilidad social en los procesos de contratación pública de vanguardia exige que el oferente principal no solo declare sus intenciones, sino que demuestre con evidencia auditable compromisos vinculantes de pago oportuno a sus subcontratistas y la implementación de programas formales de transferencia tecnológica destinados a robustecer las capacidades de las MIPYMES locales. Esta exigencia es fundamental para evitar la captura de rentas por parte de grandes corporaciones que actúan como meros intermediarios financieros. Como subrayan Cheng et al. (2022), el Estado tiene la obligación de actuar como el garante último de la ética en la cadena de suministro, estableciendo mecanismos de supervisión y sanción que penalicen severamente a aquellos proveedores que utilicen su posición de dominio en el mercado para asfixiar financieramente a los actores más pequeños mediante retrasos injustificados en los pagos o imposiciones contractuales abusivas.

La contratación de triple impacto debe ser, en consecuencia, un catalizador de modelos de gobernanza asociativa y solidaria que aseguren que la riqueza derivada del erario público se distribuya de manera equitativa y transparente entre todos los eslabones del proceso productivo, consolidando un ecosistema económico más resiliente, humano y alineado con los principios de justicia distributiva. Para que esta democratización económica sea efectiva, la administración debe incorporar en la etapa de evaluación métricas que ponderen la profundidad de los encadenamientos productivos propuestos. Según la literatura técnica de Grandia & Voncken (2021), la "compra pública socialmente responsable" no termina con la adjudicación, sino que requiere una vigilancia de los flujos financieros hacia abajo en la cadena.

Las ofertas que integren cláusulas de pronto pago (pago en plazos menores a 30 días para MIPYMES) y que detallen planes de capacitación técnica para proveedores de la Economía Popular y Solidaria (EPS) deben recibir una calificación diferencial. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), esta estrategia mitiga el riesgo sistémico de quiebra de pequeños proveedores, el cual suele ser una de las principales causas de parálisis en la ejecución de grandes obras y servicios estatales. Al incentivar que el contratista principal actúe como un mentor tecnológico para sus subcontratistas, el Estado no solo adquiere un bien, sino que financia la actualización industrial del territorio, reduciendo la brecha de productividad que

históricamente ha marginado a la pequeña empresa de los grandes contratos de infraestructura y tecnología.

Finalmente, el fortalecimiento de la resiliencia económica a través de la contratación pública exige un monitoreo riguroso de la trazabilidad financiera. Como indican Alhazmi et al. (2021), la adopción de tecnologías de libro mayor distribuido o sistemas de facturación electrónica interoperables permite al Estado verificar en tiempo real que el valor generado está llegando efectivamente a la base de la pirámide productiva local. Este nivel de transparencia es esencial para cumplir con las metas de desarrollo sostenible, pues evita que el gasto público alimente monopolios que erosionan la competencia y la innovación. En última instancia, la brújula de la calidad en la contratación de triple impacto debe premiar la creación de valor compartido; esto es, ofertas que demuestren que el éxito del proveedor principal es indisoluble del crecimiento y la estabilidad de sus socios locales (Gallego et al., 2021). De esta forma, la política de compras públicas se transforma en una herramienta de cohesión social que protege el patrimonio económico comunitario y garantiza una gobernanza ética y descentralizada de los recursos nacionales (Sönnichsen & Clement, 2021).

4.3. Criterios de Gobernanza y Ética Corporativa

La gobernanza en la contratación pública de triple impacto trasciende la mera vigilancia procedimental para constituirse como la infraestructura moral y jurídica fundamental que garantiza que los objetivos ambientales y sociales no sean erosionados por prácticas corruptas, conflictos de interés o la opacidad informativa. En este paradigma disruptivo, la ética corporativa deja de ser una declaración de principios abstracta o un componente de relaciones públicas para transformarse en un criterio de evaluación técnica estrictamente ponderable, auditable y vinculante. Según sostienen Grandia & Voncken (2021), la integridad del proceso de contratación es el pilar ontológico sobre el cual descansa la legitimidad de la compra pública sostenible; sin una arquitectura de gobernanza robusta, los esfuerzos institucionales por mitigar el cambio climático o promover la inclusión social corren el riesgo sistémico de ser instrumentalizados para el beneficio de élites económicas o redes de clientelismo, desvirtuando por completo el propósito superior del Valor por Dinero (VfM) y socavando la confianza ciudadana en la administración.

La implementación de una gobernanza efectiva exige que la evaluación de las ofertas integre mecanismos de debida diligencia que permitan verificar la coherencia entre el discurso

de sostenibilidad del oferente y sus prácticas operativas reales. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la transparencia radical en la cadena de valor es un requisito de calidad técnica indispensable para prevenir el "lavado de imagen" (greenwashing o social washing), donde proveedores con antecedentes de infracciones éticas intentan acceder a contratos estatales mediante promesas de impacto positivo no verificables. Este nivel de escrutinio requiere que la administración pública evalúe la solidez de los sistemas de cumplimiento (compliance) del oferente, valorando positivamente la existencia de canales de denuncia protegidos, políticas de conflicto de interés auditadas y certificaciones de gestión antisoborno bajo estándares internacionales como la ISO 37001. Como señalan Sönnichsen & Clement (2021), una gobernanza madura en la contratación de triple impacto asegura que el proveedor actúe como un custodio de los recursos públicos, garantizando que cada unidad de capital invertida fomente la resiliencia ética del mercado.

Asimismo, la literatura técnica de Witjes & Lozano (2022) resalta que la gobernanza corporativa del proveedor debe ser analizada bajo un enfoque prospectivo de gestión de riesgos. Las ofertas ganadoras deben demostrar que poseen estructuras de toma de decisiones transparentes y que rinden cuentas de sus impactos externos de manera sistemática. Según Alhazmi et al. (2021), la ausencia de una gobernanza interna sólida en el oferente predice fallos en la ejecución de las cláusulas sociales y ambientales del contrato, ya que la falta de integridad organizativa tiende a priorizar el beneficio financiero de corto plazo sobre las obligaciones de impacto sistémico. Por lo tanto, la "brújula de la calidad" en este apartado debe premiar la trazabilidad financiera y la revelación de beneficiarios reales, asegurando que el Estado fortalezca exclusivamente a actores económicos que operan bajo principios de justicia, legalidad y responsabilidad compartida, consolidando así un sistema de contratación que es, a la vez, eficiente en términos de costos y ejemplar en términos de conducta pública (Gallego et al., 2021).

4.3.1. Debida Diligencia en Derechos Humanos y Transparencia Radical

La evaluación técnica de las ofertas en el marco de la contratación de triple impacto debe priorizar de manera categórica a los proveedores que demuestren la implementación de sistemas avanzados de debida diligencia en derechos humanos, estrictamente alineados con los Principios Rectores de las Naciones Unidas. Este criterio de adjudicación no es meramente declarativo; exige que las empresas oferentes acrediten metodologías robustas para identificar, prevenir, mitigar y rendir cuentas sobre los riesgos de violaciones de derechos fundamentales

en la totalidad de su cadena de valor. Este nivel de escrutinio es vital en contratos globales de alta complejidad, donde los insumos críticos a menudo provienen de jurisdicciones con marcos regulatorios débiles o instituciones de supervisión laxas.

De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la transparencia radical en la cadena de suministro, respaldada por tecnologías de trazabilidad disruptivas como el blockchain, dota a la administración pública de las herramientas necesarias para verificar, mediante datos inmutables, que los productos o servicios adquiridos están libres de trabajo infantil, trabajo forzoso o prácticas de discriminación sistémica. Por tanto, las ofertas que integren auditorías de tercera parte independientes sobre sus proveedores de segundo y tercer nivel (Tier 2 y Tier 3) deben recibir una puntuación diferencial jerarquizada, reconociendo su compromiso con una ética operativa que garantiza la integridad de la cadena de suministro estatal. La sofisticación de estos sistemas de debida diligencia permite a las entidades contratantes gestionar proactivamente los riesgos reputacionales y legales asociados a la cadena de suministro.

Investigaciones de Cheng et al. (2022) subrayan que la gobernanza ética del proveedor es un indicador directo de su resiliencia operativa; las empresas que gestionan activamente sus impactos sociales suelen presentar menores interrupciones por conflictos laborales o sanciones internacionales. En este sentido, la evaluación debe ponderar la existencia de mecanismos internos de queja y reparación que sean accesibles para los trabajadores de toda la cadena, asegurando que la responsabilidad del contratista principal no se diluya a través de la subcontratación. Según Sönnichsen & Clement (2021), la integración de la debida diligencia en los pliegos de condiciones fuerza una profesionalización de los departamentos de cumplimiento (compliance), desplazando el mercado hacia un modelo donde la competitividad depende de la capacidad de la empresa para demostrar un impacto humano positivo y auditable.

Finalmente, el despliegue técnico de estos criterios permite que el Estado actúe como un regulador indirecto de los estándares laborales globales. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la contratación pública que exige trazabilidad total actúa como un desincentivo económico para las prácticas de explotación, al cerrar las puertas del mercado estatal a aquellos actores que basan su rentabilidad en la externalización de abusos contra los derechos humanos. La literatura de Gallego et al. (2021) refuerza que la sostenibilidad es indivisible; no puede existir una compra "verde" que sea socialmente injusta. Por ello, la puntuación otorgada a la debida diligencia debe estar vinculada a compromisos contractuales exigibles, donde el incumplimiento de los estándares éticos durante la ejecución del contrato sea motivo de sanción

o resolución. De esta manera, la evaluación de las ofertas se consolida como un filtro de alta precisión que protege el interés general y garantiza que el capital público fortalezca exclusivamente modelos de negocio coherentes con la dignidad humana y el derecho internacional (Grandia & Voncken, 2021).

La rigurosidad técnica en la evaluación de la gobernanza exige que el oferente presente políticas explícitas y operativas de protección a denunciantes (whistleblowing) y mecanismos internos de remediación que garanticen el debido proceso. No basta con la existencia de un buzón de sugerencias; la administración debe auditar la independencia de los canales de denuncia y la efectividad de las garantías contra represalias, asegurando que el anonimato y la protección del informante sean pilares de la cultura organizacional del proveedor. Investigaciones desarrolladas por Cheng et al. (2022) subrayan de manera empírica que la gobernanza ética actúa como un indicador predictivo crítico de la estabilidad del contrato a largo plazo.

Las empresas que han institucionalizado estructuras de cumplimiento (compliance) robustas presentan una probabilidad significativamente menor de enfrentar parálisis operativas derivadas de litigios éticos, investigaciones de corrupción o sanciones internacionales que comprometan la continuidad de la prestación del servicio público. En consecuencia, el Estado debe trascender la simple verificación de antecedentes para valorar proactivamente la presencia de un ecosistema de integridad institucional que incluya códigos de conducta vinculantes, aplicables con el mismo rigor a todos los niveles de la organización y a la totalidad de sus subcontratistas. Este enfoque de evaluación sistémica permite al Estado mitigar riesgos de gobernanza que suelen quedar invisibilizados bajo criterios de selección meramente económicos.

De acuerdo con Grandia & Voncken (2021), la profesionalización de la compra pública socialmente responsable requiere que las entidades contratantes analicen la "madurez ética" del mercado; esto implica evaluar si los oferentes poseen sistemas de gestión de riesgos que identifiquen áreas de vulnerabilidad institucional antes de que se materialicen en actos ilícitos. La presencia de un oficial de cumplimiento (Compliance Officer) con autonomía de decisión y reporte directo a la alta dirección es un indicador de calidad que reduce la exposición del Estado a contingencias por fraude o colusión. Según sostienen Sönnichsen & Clement (2021), al premiar la integridad verificable, el sector público fomenta una purga natural de los agentes económicos que basan su ventaja competitiva en la opacidad, asegurando que el capital público

fortalezca exclusivamente a empresas que operan bajo principios de transparencia y rendición de cuentas.

Asimismo, la literatura técnica de Witjes & Lozano (2022) resalta que los mecanismos internos de remediación son el complemento indispensable de la protección a denunciantes, ya que permiten al proveedor corregir desviaciones de manera oportuna sin afectar la ejecución contractual. La evaluación debe considerar la existencia de planes de acción correctiva que incluyan la reparación del daño a posibles afectados, ya sea en términos ambientales o sociales. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la capacidad de autorregulación y corrección ética de una empresa es un factor de resiliencia que protege la inversión estatal de los sobrecostos asociados a la resolución de conflictos y a la rotación de proveedores por causas de integridad. En última instancia, la brújula de la calidad en este apartado institucionaliza el principio de que la solvencia ética del contratista es tan vital para el interés general como su solvencia técnica o financiera, consolidando un marco de contratación que premia la excelencia humana y la legalidad absoluta (Gallego et al., 2021).

4.3.2. Programas de Compliance y Prevención de la Corrupción

La exigencia de programas de cumplimiento normativo (Compliance) basados en la norma técnica internacional ISO 37001 (Sistemas de Gestión Antisoborno) trasciende la mera formalidad procedimental para constituirse como un requisito técnico de primer orden, diseñado para blindar la contratación estatal contra las patologías del fraude, la colusión y la captura de rentas. La arquitectura de evaluación de los pliegos debe otorgar una primacía estratégica a los oferentes que acrediten la existencia de oficiales de cumplimiento con autonomía funcional e independencia de criterio, canales de denuncia anónimos protegidos por protocolos de no represalia y procesos rigurosos de debida diligencia sobre sus propios socios comerciales y cadenas de suministro. Según sostienen Alhazmi et al. (2021), la corrupción en la contratación pública opera como un "impuesto oculto" regresivo que erosiona sistemáticamente la calidad de los servicios públicos y desvía recursos fiscales críticos que deberían estar destinados a las metas de sostenibilidad y desarrollo humano.

Al puntuar positivamente a las empresas que demuestran una cultura de legalidad verificable y auditable, el Estado no solo protege el erario, sino que incentiva una competencia de mercado sana, basada exclusivamente en el mérito técnico, la eficiencia operativa y la innovación, y no en el tráfico de influencias o el acceso privilegiado a la información

corporativa. La implementación de estos estándares de integridad permite a la administración pública mitigar los riesgos de selección adversa, donde los oferentes menos éticos suelen presentar precios artificialmente bajos que luego derivan en sobrecostos por incumplimiento o litigiosidad recurrente. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), la madurez de un sistema de cumplimiento se mide por su capacidad de permear en todos los niveles jerárquicos de la empresa, transformando la ética en un activo intangible, pero con valor contractual tangible.

La literatura de Cheng et al. (2022) resalta que los proveedores que adoptan de forma voluntaria marcos antisoborno de alta exigencia tienden a presentar una mayor transparencia en sus estados financieros y una mejor gestión de sus obligaciones fiscales, lo que reduce la exposición del Estado a contingencias por lavado de activos o financiación de actividades ilícitas. Por lo tanto, la validación de estos programas durante la etapa precontractual debe ser exhaustiva, exigiendo no solo la certificación documental, sino pruebas de la ejecución efectiva de los controles, auditorías internas recurrentes y la capacitación periódica del personal involucrado en la ejecución del contrato. Finalmente, el fortalecimiento de la gobernanza mediante el cumplimiento normativo es esencial para garantizar la "Justicia en la Transición" hacia la circularidad y la sostenibilidad integral.

Como indican Witjes & Lozano (2022), los criterios ambientales y sociales de triple impacto pierden toda eficacia si los procesos de adjudicación están viciados por prácticas anticompetitivas que favorecen a empresas con baja responsabilidad corporativa. Según Gallego et al. (2021), el Estado tiene el poder soberano de reconfigurar el mercado al establecer la integridad como una barrera de entrada; solo aquellos actores con gobernanza sólida y trazabilidad absoluta pueden ser socios estratégicos en proyectos de largo plazo. Al alinear los incentivos económicos con la ética operativa, la contratación pública se convierte en un baluarte contra la degradación institucional, asegurando que la inversión pública financie exclusivamente a organizaciones que respetan el Estado de derecho y contribuyen genuinamente al bienestar social y ambiental de la nación (Grandia & Voncken, 2021).

La evaluación de la solvencia técnica y moral en los procesos de contratación pública de triple impacto debe trascender el análisis de balances contables para considerar, de manera exhaustiva, la transparencia financiera del oferente, con un énfasis crítico en la revelación obligatoria de sus beneficiarios reales (beneficial ownership). Esta práctica, rigurosamente recomendada por estándares internacionales de transparencia como los del Grupo de Acción

Financiera Internacional (GAFI) y la OCDE, es el mecanismo más efectivo para evitar que los contratos públicos sean adjudicados a empresas fachada, vehículos de propósito especial o estructuras corporativas opacas diseñadas específicamente para el lavado de activos, la financiación de actividades ilícitas o la evasión fiscal agresiva.

Como sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la gobernanza ética en la contratación de triple impacto requiere que el proveedor actúe con una transparencia absoluta frente al fisco y la sociedad, garantizando que el flujo de capital público fortalezca exclusivamente a empresas que contribuyen equitativamente al sostenimiento del Estado mediante el pago justo de impuestos en las jurisdicciones exactas donde generan sus utilidades, eliminando así las ventajas competitivas desleales obtenidas mediante el uso de paraísos fiscales.

La implementación de este estándar de transparencia financiera permite a las entidades contratantes identificar posibles conflictos de interés y redes de colusión que permanecen ocultas tras complejas capas de propiedad legal. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la integridad del gasto público depende de la capacidad de la administración para verificar quiénes son las personas naturales que finalmente controlan, poseen o se benefician de la ejecución de un contrato estatal. La literatura técnica subraya que la falta de visibilidad sobre los beneficiarios reales es una de las mayores vulnerabilidades en la contratación pública sostenible, ya que permite que actores sancionados o éticamente cuestionables participen en proyectos de alto impacto social y ambiental. Investigaciones de Alhazmi et al. (2021) refuerzan que una gobernanza corporativa robusta debe incluir la divulgación proactiva de la estructura de propiedad, lo cual funciona como una garantía de que el proveedor no está utilizando el contrato para erosionar la base imponible del país contratante, alineando así los objetivos del sector privado con la justicia fiscal y la transparencia institucional.

Finalmente, la trazabilidad del beneficio real se consolida como un pilar de la resiliencia democrática y la eficiencia económica. Según indican Witjes & Lozano (2022), la exigencia de transparencia fiscal y societaria actúa como un filtro de calidad que selecciona a proveedores con una visión de largo plazo y un compromiso genuino con el desarrollo nacional. Al integrar estos criterios, el Estado protege la integridad del ciclo de contratación, asegurando que la inversión de triple impacto no sea vulnerada por esquemas de arbitraje fiscal que privan al sector público de los recursos necesarios para financiar la misma transición hacia la sostenibilidad que los contratos pretenden promover. En consecuencia, como sugieren Gallego et al. (2021), la evaluación de la transparencia financiera debe ser considerada una condición

habilitante de primer orden, donde el cumplimiento de la ética tributaria se convierte en un indicador determinante de la solvencia moral y técnica de cualquier oferente que aspire a ser socio estratégico del Estado (Grandia & Voncken, 2021).

4.3.3. Ciberseguridad y Protección de Datos: El Nuevo Estándar Ético

En un escenario de digitalización acelerada y dependencia tecnológica sistémica, la ética corporativa en la contratación pública ha evolucionado para abarcar de forma imperativa la protección de la privacidad y la seguridad de la información. Los criterios de evaluación técnica en los pliegos de condiciones deben integrar la valoración rigurosa de protocolos de ciberseguridad fundamentados en estándares internacionales, específicamente la norma ISO/IEC 27001, cuya implementación es crítica en contratos que involucren la gestión de datos sensibles de la ciudadanía o la operación de infraestructuras críticas nacionales. Según sostienen Gallego et al. (2021), la definición contemporánea de un "proveedor ético" trasciende la probidad financiera para incluir la capacidad técnica de garantizar la integridad, disponibilidad y soberanía de los datos públicos, protegiéndolos activamente contra ciberataques, exfiltraciones y usos no autorizados que vulneren los derechos civiles.

En consecuencia, la administración debe asignar una puntuación diferencial estratégica a las propuestas que demuestren soluciones alineadas con el principio de "privacidad por diseño y por defecto" (Privacy by Design), respaldadas por planes de respuesta ante incidentes verificados y auditorías de penetración (pentesting) recurrentes que aseguren la resiliencia del ecosistema digital estatal. La sofisticación de estos criterios es esencial para mitigar los riesgos asociados a la externalización de servicios tecnológicos que manejan grandes volúmenes de información (Big Data). De acuerdo con Cheng et al. (2022), la gobernanza de datos en la contratación pública no solo es una salvaguarda técnica, sino una dimensión fundamental de la justicia social, dado que la vulnerabilidad de las bases de datos públicas afecta de manera desproporcionada a las poblaciones más expuestas a la vigilancia o al fraude digital.

La literatura técnica subraya que las entidades contratantes deben exigir a los oferentes certificaciones de seguridad en la nube y protocolos de cifrado de extremo a extremo que impidan el acceso de terceros a la información soberana del Estado. Investigaciones de Sönnichsen & Clement (2021) refuerzan que la ética digital del proveedor debe ser evaluada mediante la transparencia en el manejo de metadatos y la garantía de que no existan cláusulas de monetización de información pública, asegurando que el contrato estatal no se convierta en

un vehículo para el extractivismo de datos por parte de actores privados. Asimismo, la integración de la ciberseguridad como criterio de adjudicación permite al Estado fomentar un mercado de proveedores tecnológicamente responsables y alineados con la seguridad nacional.

Según indican Witjes & Lozano (2022), la resiliencia de las instituciones democráticas depende de la capacidad de sus contratistas para gestionar la fatiga de seguridad y prevenir vulnerabilidades en la cadena de suministro de software (Supply Chain Security). La evaluación de las ofertas debe considerar la robustez de los sistemas de gestión de parches, el control de accesos basados en roles (RBAC) y la capacitación ética del personal técnico que tendrá acceso a los activos de información pública. Como sugieren Alhazmi et al. (2021), la brújula de la calidad en la era digital exige que el Estado no solo compre funcionalidad, sino confianza técnica auditable; un proveedor que no garantiza la seguridad de la información está, por definición, incumpliendo los principios básicos de la gobernanza de triple impacto, ya que pone en riesgo la estabilidad del tejido social y la integridad del aparato estatal (Grandia & Voncken, 2021).

La gobernanza de datos en la contratación pública contemporánea ha dejado de ser un reto exclusivamente técnico para consolidarse como una dimensión crítica de la justicia social y la equidad democrática. El despliegue de soluciones tecnológicas en el sector público conlleva el riesgo intrínseco de que el uso sesgado de algoritmos o la gestión negligente de datos sensibles derive en nuevas y sofisticadas formas de exclusión socioeconómica, profundizando la vulnerabilidad de grupos históricamente marginados. En este sentido, los procesos de evaluación deben otorgar una ponderación positiva y estratégica a las ofertas que demuestren marcos éticos robustos para el desarrollo y uso de la Inteligencia Artificial (IA), así como una transparencia absoluta en la lógica algorítmica empleada.

De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la confianza ciudadana en las instituciones públicas depende, de manera determinante, de la capacidad de sus proveedores tecnológicos para manejar la información bajo los más altos estándares de sigilo y responsabilidad ética. Esta integridad operativa garantiza que el progreso tecnológico actúe como un habilitador de derechos y no como un mecanismo que comprometa los derechos fundamentales a la privacidad, la protección de datos personales y la autodeterminación digital de los individuos. La rigurosidad en la selección de proveedores tecnológicos implica una auditoría profunda sobre la trazabilidad y la auditabilidad de los modelos de aprendizaje automático (machine learning) contratados por el Estado. Según sostienen Cheng et al. (2022), la opacidad de los

algoritmos de "caja negra" representa una amenaza para la transparencia administrativa, ya que impide comprender los criterios subyacentes en la toma de decisiones que afectan la vida de los ciudadanos, como la asignación de subsidios o la priorización en servicios de salud.

La literatura técnica sugiere que el Estado debe exigir a los oferentes la entrega de evaluaciones de impacto ético y pruebas de mitigación de sesgos (debiasing) antes de la implementación de cualquier sistema automatizado. Como indican Sönnichsen & Clement (2021), la gobernanza de datos orientada al triple impacto requiere que los proveedores garanticen la explicabilidad de la IA, permitiendo que tanto la entidad contratante como los usuarios finales puedan auditar los procesos lógicos y corregir desviaciones discriminatorias que contravengan los principios de igualdad y no discriminación. Finalmente, el fortalecimiento de la infraestructura ética digital es indispensable para asegurar que la innovación tecnológica no erosione la soberanía de los datos públicos.

De acuerdo con Gallego et al. (2021), la soberanía digital del Estado se ve comprometida cuando los proveedores de tecnología imponen arquitecturas cerradas que dificultan el control institucional sobre la información soberana. La brújula de la calidad en este apartado debe orientarse hacia proveedores que adopten estándares de datos abiertos e interoperabilidad, protegiendo la información contra el extractivismo de datos por parte de terceros actores. Como argumentan Alhazmi et al. (2021), una gestión de datos éticamente responsable es aquella que reconoce el valor social de la información y la protege como un bien público inalienable. Al alinear el gasto público con proveedores que respetan la autonomía digital y la privacidad ciudadana, el Estado no solo optimiza su eficiencia operativa, sino que actúa como un garante de la seguridad humana en el entorno digital, cumpliendo con los mandatos de gobernanza democrática y responsabilidad corporativa global (Grandia & Voncken, 2021).

4.3.4. Costo Total de Propiedad (TCO) y Análisis Prospectivo de Gobernanza

Finalmente, la gobernanza en la contratación pública avanzada se manifiesta en la capacidad técnica y analítica de evaluar las ofertas bajo el prisma multidimensional del Costo Total de Propiedad (TCO), integrando de manera sistemática no solo los desembolsos directos de adquisición y operación, sino también las externalidades negativas y los costos potenciales derivados de fallas éticas o riesgos de cumplimiento normativo. Un análisis de TCO riguroso debe actuar como un filtro de integridad, penalizando con severidad aquellas ofertas que

presenten precios "temerarios" o artificialmente bajos, los cuales, bajo una apariencia de eficiencia fiscal inmediata, a menudo ocultan prácticas sistémicas de dumping social o ambiental, o una gobernanza interna deficiente que, inevitablemente, conducirá a sobrecostos futuros por incumplimientos contractuales, litigios laborales o remediaciones ambientales.

Según sostienen Cheng et al. (2022), la sostenibilidad financiera de un contrato estatal está intrínsecamente ligada a la salud ética y estructural del proveedor; las organizaciones con marcos de gobernanza sólidos ofrecen garantías superiores de cumplimiento en los plazos de entrega y en la calidad técnica pactada, minimizando la incertidumbre operativa que suelen generar los oferentes con modelos de negocio basados en la precarización de costos. La sofisticación de este modelo evaluativo requiere que la administración pública cuantifique los riesgos contingentes asociados a la irresponsabilidad corporativa. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), el cálculo del TCO en contratos de triple impacto debe internalizar el costo de los posibles fallos en la cadena de suministro, tales como retrasos por huelgas derivadas de condiciones laborales precarias o sanciones por incumplimiento de normativas de descarbonización.

La literatura técnica subraya que una oferta con un costo de adquisición bajo, pero con una gobernanza débil, representa en realidad un pasivo financiero para el Estado, debido a la alta probabilidad de adiciones presupuestarias y correctivos de emergencia. Como indican Sönnichsen & Clement (2021), la aplicación de metodologías de TCO permite desplazar el mercado hacia una competencia por valor y resiliencia, donde la transparencia financiera y la debida diligencia del oferente son tratadas como activos que reducen el riesgo de quiebra del proveedor o de abandono prematuro de la ejecución contractual. Asimismo, la integración de la ética en el análisis financiero del contrato permite al Estado proteger la integridad de sus metas de desarrollo sostenible a largo plazo. Según Witjes & Lozano (2022), el uso del TCO desincentiva el "oportunismo contractual", donde los oferentes se enfocan únicamente en ganar la licitación mediante la supresión de costos esenciales de seguridad y salud, para luego renegociar las condiciones ante la imposibilidad técnica de cumplir con lo pactado.

La investigación de Gallego et al. (2021) refuerza que la justicia económica en la contratación pública es inseparable de la rigurosidad analítica; al valorar la gobernanza como un componente del costo, el Estado asegura que el capital público fortalezca a empresas capaces de internalizar sus responsabilidades ambientales y sociales sin comprometer su viabilidad financiera. En última instancia, la brújula de la calidad exige que la eficiencia del

gasto público sea medida por la capacidad del contrato para generar valor público total, protegiendo al Estado de los costos ocultos de la corrupción y la mediocridad operativa (Grandia & Voncken, 2021).

La administración pública tiene el deber técnico de valorar con rigurosidad los planes de gestión de riesgos y de continuidad del negocio (BCP, por sus siglas en inglés) presentados por los oferentes, entendiéndolos como salvaguardas de la estabilidad operativa del Estado. Como indican Alhazmi et al. (2021), la resiliencia institucional del proveedor no es una variable periférica, sino un componente crítico que asegura que, ante crisis externas sean de naturaleza climática, sanitaria o económica, la prestación del servicio público no se vea interrumpida por una gestión deficiente o una infraestructura organizativa frágil. Bajo este enfoque, la evaluación técnica debe trascender la verificación documental y analizar la capacidad de respuesta del oferente ante escenarios de estrés, ponderando la existencia de redundancias logísticas, protocolos de recuperación ante desastres y la solidez de sus reservas financieras. Este análisis prospectivo permite al Estado identificar socios estratégicos capaces de absorber choques externos sin trasladar la vulnerabilidad al usuario final, garantizando así la continuidad de los derechos ciudadanos que dependen de la ejecución contractual.

En última instancia, la brújula de la calidad en la gobernanza exige que el Estado actúe con una visión de largo plazo, premiando de manera diferencial a aquellos socios estratégicos que demuestren que su modelo de negocio es éticamente sostenible y financieramente transparente. La literatura de Grandia & Voncken (2021) resalta que un mercado público de alta integridad se consolida únicamente cuando el gasto estatal deja de ser un mero intercambio transaccional para funcionar como un motor de excelencia corporativa y un baluarte contra la degradación de los estándares institucionales. Al incentivar la transparencia radical y la rendición de cuentas en los procesos de selección, el sector público fuerza una reconfiguración del mercado, donde solo las empresas con gobernanza robusta pueden prosperar. De acuerdo con Sönnichsen & Clement (2021), este nivel de exigencia actúa como un mecanismo de autolimpieza del sistema, desplazando a oferentes con estructuras de costos basadas en la opacidad o el riesgo sistémico, y fortaleciendo a organizaciones que internalizan la responsabilidad social como una ventaja competitiva.

Asimismo, la integración de planes de resiliencia en la evaluación de ofertas permite alinear el gasto público con la gestión de riesgos a escala nacional. Según Cheng et al. (2022), la sostenibilidad de un contrato no se mide solo en su ejecución presente, sino en su capacidad

de persistir ante la volatilidad de los mercados globales. La investigación de Witjes & Lozano (2022) sugiere que el Estado debe exigir a los contratistas de servicios críticos la certificación en normas como la ISO 22301, asegurando que la gestión de riesgos esté estandarizada y bajo supervisión continua. Al premiar la solidez estructural del proveedor, la contratación de triple impacto asegura que el capital público no se pierda en la resolución de crisis evitables, sino que se invierta en socios capaces de escalar soluciones inclusivas y sostenibles. En conclusión, como sostienen Gallego et al. (2021), la gobernanza de excelencia es aquella que transforma la licitación en una herramienta de estabilidad macroeconómica y protección social, blindando el interés general contra la mediocridad operativa y la fragilidad del tejido empresarial convencional.

4.4. Metodologías de Ponderación Científica para la Adjudicación de Triple Impacto

La integración de criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) en los sistemas contemporáneos de contratación estatal exige una transición disruptiva desde los modelos de evaluación unidimensionales, centrados casi exclusivamente en el precio, hacia metodologías de Decisión Multicriterio (MCDM) de alta precisión. Esta evolución es necesaria dado que el equilibrio técnico entre el costo económico, el impacto social y la reducción de la huella de carbono demanda un rigor matemático que elimine cualquier rastro de arbitrariedad administrativa y blinde la transparencia institucional. Según sostienen Cheng et al. (2022), la efectividad real de la contratación pública sostenible no reside únicamente en la ambición cualitativa de los criterios definidos, sino en la robustez algorítmica de la ponderación utilizada para procesarlos. Sin la aplicación de una metodología científica rigurosa, las entidades contratantes se exponen al riesgo de asignar pesos desproporcionados a variables marginales, comprometiendo el principio de Valor por Dinero (VfM) y la integridad estructural del proceso de adjudicación.

En la literatura técnica actual, las metodologías MCDM más sólidas para este propósito incluyen el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), PROMETHEE y TOPSIS, las cuales facilitan una evaluación multidimensional alineada con los estándares de gobernanza global de la OCDE y las directivas europeas de compra pública circular. El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) se destaca como una herramienta fundamental para desglosar la complejidad de los contratos de triple impacto en una estructura jerárquica de criterios y subcriterios. Esta metodología permite a los comités evaluadores realizar comparaciones pareadas, transformando juicios subjetivos sobre la importancia de la sostenibilidad en pesos numéricos

exactos. De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), la implementación de AHP mitiga el sesgo cognitivo de los evaluadores al incorporar un índice de consistencia que verifica la lógica interna de las ponderaciones asignadas. Al estructurar la decisión de esta manera, el Estado garantiza que los objetivos ambientales y sociales tengan un peso real en el ranking final, evitando que sean diluidos por el peso histórico del costo inicial.

Como señalan Witjes & Lozano (2022), el uso de AHP facilita la justificación técnica de la adjudicación ante entes de control, ya que proporciona una trazabilidad matemática completa de por qué una oferta con mayor impacto social puede ser preferible a una oferta con el precio más bajo, alineando el gasto público con la estrategia de desarrollo nacional de largo plazo. Por otro lado, la técnica de ordenación TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) ofrece una ventaja operativa única al clasificar a los oferentes basándose en su distancia geométrica respecto a una "solución ideal" hipotética. En licitaciones de alta complejidad, TOPSIS permite integrar variables heterogéneas, desde emisiones de $\text{\$CO}_2$ hasta indicadores de equidad de género, comparándolas simultáneamente bajo una métrica unificada de proximidad relativa.

Según Sönnichsen & Clement (2021), esta metodología es ideal para evitar adjudicaciones a proveedores que sobresalen en un solo aspecto (como el costo) pero fallan catastróficamente en estándares éticos o de gobernanza. Complementariamente, el método PROMETHEE permite gestionar las compensaciones o "trade-offs" entre criterios en conflicto, proporcionando un análisis de superación que revela la dominancia neta de una propuesta sobre otra. Como argumentan Gallego et al. (2021), estas herramientas elevan la contratación a una disciplina de ingeniería financiera y social, asegurando que la elección del proveedor se base en un desempeño sistémico superior y no en el cumplimiento de mínimos reglamentarios, fortaleciendo así la resiliencia del tejido productivo y la legitimidad de la acción estatal frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Grandia & Voncken, 2021).

4.4.1. El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP): Estructuración del Juicio Experto

El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), conceptualizado originalmente por Thomas Saaty y validado extensamente en la literatura científica reciente por autores como Alhazmi et al. (2021), se erige como la metodología de referencia técnica para la descomposición de problemas de contratación pública de alta complejidad en una estructura jerárquica inteligible de criterios y subcriterios. Este enfoque matemático permite a los comités evaluadores realizar

comparaciones pareadas (pairwise comparisons) entre factores de triple impacto que son, por naturaleza, heterogéneos, asignando pesos relativos fundamentados en la importancia estratégica de cada variable dentro del ciclo de vida del proyecto. En escenarios prácticos, como los contratos de infraestructura a gran escala, el AHP permite determinar con precisión matemática la ponderación específica que debe otorgarse a la reducción de emisiones de CO₂ en relación con otros objetivos de política pública, tales como la vinculación laboral de víctimas del conflicto armado o la transferencia tecnológica a MIPYMES locales.

De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la ventaja competitiva del AHP sobre otros modelos de decisión reside en su capacidad intrínseca para cuantificar la consistencia de los juicios humanos mediante el cálculo del "Índice de Consistencia" (CI) y la "Razón de Consistencia" (CR), mecanismos que aseguran que las ponderaciones finales no sean el resultado de sesgos cognitivos, presiones externas o decisiones arbitrarias, sino de un análisis técnico coherente, auditable y plenamente defendible ante los entes de control y regulación. La implementación del AHP en la contratación de triple impacto facilita la resolución de conflictos entre objetivos contrapuestos mediante la normalización de vectores de prioridad que equilibran el rendimiento económico con el valor público generado.

Investigaciones desarrolladas por Cheng et al. (2022) subrayan que la robustez del AHP radica en su flexibilidad para integrar tanto datos cuantitativos derivados de métricas de ingeniería como valoraciones cualitativas de expertos en impacto social, garantizando que ninguna dimensión del desarrollo sostenible quede subordinada por falta de métricas directas. Esta metodología exige que los evaluadores sigan una escala fundamental de comparación (generalmente del 1 al 9), lo que fuerza una deliberación técnica profunda sobre la jerarquía de necesidades territoriales. Según Grandia & Voncken (2021), la transparencia que aporta el AHP es fundamental para la profesionalización de la compra pública, ya que permite a los oferentes comprender exactamente la lógica de valoración de la entidad estatal, incentivando la presentación de propuestas más equilibradas que no sacrifiquen la gobernanza ética en favor de una reducción marginal de costos.

Finalmente, la integración de esta metodología en los pliegos de condiciones blindará el proceso de adjudicación contra posibles impugnaciones jurídicas, al proporcionar una base racional y matemática para la toma de decisiones. Como indican Sönnichsen & Clement (2021), la capacidad del AHP para manejar la incertidumbre y la subjetividad controlada lo convierte en el estándar de oro para la "compra pública verde" y circular en contextos donde la

calidad técnica debe primar sobre el precio nominal. Al utilizar este modelo, el Estado actúa con una visión de largo plazo, reconociendo que la selección de un proveedor no es solo un acto administrativo, sino una inversión estratégica en capital social y ambiental. La literatura de Gallego et al. (2021) refuerza que la validación científica de los criterios de selección mediante MCDM (Decisión Multicriterio) es el único camino viable para asegurar que el gasto público funcione efectivamente como un motor de transformación estructural, garantizando que el ganador de la licitación sea el actor que ofrezca el mayor beneficio sistémico para la comunidad y el ecosistema nacional (Witjes & Lozano, 2022).

La implementación técnica del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) en los ecosistemas de contratación de triple impacto trasciende la mera asignación de puntajes para convertirse en una herramienta de gobernanza estratégica que facilita la comunicación multidireccional entre los interesados (stakeholders). Al hacer explícitos los valores institucionales y las prioridades políticas de la entidad pública a través de vectores de prioridad, el AHP elimina la opacidad en la toma de decisiones. Según sostienen Grandia & Voncken (2021), esta metodología posee la capacidad de transformar el pliego de condiciones de un documento estático a un modelo matemático dinámico y adaptativo, donde los criterios sociales y ambientales dejan de ser considerados "puntos extra" marginales o accesorios para erigirse como variables estructurales y determinantes que pueden definir de manera autónoma el resultado de la adjudicación.

Este enfoque asegura que la sostenibilidad sea el eje de la oferta y no un componente periférico, forzando a los oferentes a optimizar su desempeño ASG (Ambiental, Social y de Gobernanza) para mantener su competitividad en el mercado estatal. La literatura especializada sugiere que, para maximizar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los pesos derivados del modelo AHP deben ser calibrados para reflejar con precisión las necesidades territoriales específicas y las brechas socioeconómicas locales. Por ejemplo, en zonas geográficas con altas tasas de desempleo informal o vulnerabilidad económica, el sistema de ponderación debe otorgar una relevancia matemática superior a la inclusión de MIPYMES y organizaciones de la Economía Popular y Solidaria (EPS). Al utilizar matrices de comparación pareada, el AHP garantiza que cada factor de gobernanza y ética corporativa reciba una valoración técnica proporcional a su nivel de riesgo asociado, blindando la resolución de adjudicación contra posibles impugnaciones jurídicas por falta de motivación o arbitrariedad.

De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), esta metodología permite que el Estado actúe como un comprador inteligente que no solo busca el precio más bajo, sino que internaliza las externalidades positivas y negativas, asegurando que la inversión pública genere un retorno social medible y un fortalecimiento del tejido productivo regional. Adicionalmente, la robustez del AHP reside en su capacidad para gestionar la complejidad inherente a la contratación de servicios e infraestructura donde los criterios técnicos a menudo entran en conflicto con las restricciones presupuestarias. Investigaciones de Cheng et al. (2022) subrayan que la utilización de este marco científico permite a las instituciones públicas justificar la selección de ofertas con mayor valor social incluso si presentan un costo de adquisición nominalmente superior, siempre que el análisis de ciclo de vida demuestre una mayor eficiencia global. Como indican Alhazmi et al. (2021), la aplicación de matrices de consistencia dentro del AHP funciona como un filtro de integridad que detecta contradicciones en los juicios de los evaluadores, previniendo la manipulación deliberada de los pesos para favorecer a determinados oferentes. En consecuencia, el AHP se consolida como un estándar de excelencia técnica que profesionaliza la función de compra pública, alineando el gasto del erario con la ética operativa y la resiliencia económica de largo plazo (Sönnichsen & Clement, 2021).

4.4.2. Metodologías de Ordenación: TOPSIS y PROMETHEE

Complementando la ponderación de criterios, las metodologías de ordenación basadas en la proximidad a la solución ideal, tales como TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), permiten una jerarquización científica de los oferentes fundamentada en su distancia geométrica respecto a un "proveedor ideal" hipotético, el cual representa el cumplimiento máximo de todos los atributos de triple impacto definidos en los pliegos. Según sostienen Sönnichsen & Clement (2021), la técnica TOPSIS resulta excepcionalmente eficaz en licitaciones de alta complejidad o masivas, donde la administración debe procesar y comparar simultáneamente múltiples variables heterogéneas, tales como niveles de decibelios para mitigación de ruido, porcentajes de paridad de género en juntas directivas y costos nominales en divisas.

Esta metodología garantiza que el adjudicatario sea el oferente que demuestre el mejor equilibrio sistémico entre las dimensiones económica, ambiental y social, neutralizando el riesgo de seleccionar propuestas que, aunque sobresalientes en precio, presenten deficiencias críticas en gobernanza o sostenibilidad. El rigor de TOPSIS reside en su sofisticación matemática para manejar datos objetivos (cuantitativos) y subjetivos (cualitativos) de forma

concomitante, calculando una métrica de proximidad relativa que posiciona a cada postor en función de su cercanía a la excelencia técnica y social y su lejanía respecto a la solución ideal negativa. La implementación de TOPSIS en la contratación pública de triple impacto permite superar las limitaciones de los métodos aditivos simples, al introducir un análisis de distancias euclidianas en un espacio dimensional de criterios.

De acuerdo con Alhazmi et al. (2021), esta técnica facilita una evaluación de "compromiso", donde se penaliza a los proveedores que presentan valores extremos de deficiencia en criterios críticos, independientemente de su desempeño en otras áreas. En la práctica, esto significa que una oferta con un precio extremadamente bajo no podrá compensar una calificación paupérrima en derechos humanos o gestión de residuos si dicha deficiencia la aleja significativamente de la solución ideal positiva. Investigaciones de Cheng et al. (2022) refuerzan que TOPSIS es el estándar de oro para la profesionalización de la compra pública, ya que proporciona un ranking robusto y menos sensible a pequeñas fluctuaciones en los datos de entrada, otorgando a las entidades estatales una base técnica inimpugnable para justificar la selección del socio estratégico más resiliente y alineado con los intereses colectivos.

Asimismo, la metodología favorece la transparencia algorítmica y la rendición de cuentas, elementos esenciales de la gobernanza pública moderna. Como indican Witjes & Lozano (2022), la capacidad de TOPSIS para normalizar los pesos de los criterios asegura que las variables con unidades de medida dispares puedan integrarse en un único índice de desempeño sin perder su significancia técnica. Según la literatura de Gallego et al. (2021), la adopción de estos modelos matemáticos en la contratación estatal incentiva a los oferentes a mejorar su desempeño integral, pues entienden que el éxito de su propuesta depende de una armonía operativa en todas las dimensiones del contrato. En última instancia, el uso de TOPSIS transforma el acto de adjudicación en un ejercicio de ingeniería de decisiones que protege el erario y garantiza que el capital público se invierta en organizaciones que reflejan los estándares éticos y ambientales más elevados de la sociedad contemporánea (Grandia & Voncken, 2021).

Por otro lado, la metodología PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) ofrece un enfoque avanzado de superación (outranking) que permite gestionar de manera científica las compensaciones o "trade-offs" entre criterios a menudo divergentes. De acuerdo con Gallego et al. (2021), PROMETHEE resulta ideal en contextos de contratación pública donde existen conflictos directos entre objetivos estratégicos, como ocurre cuando una tecnología de vanguardia con un impacto ambiental

significativamente menor presenta un costo de adquisición inicial más elevado que las alternativas convencionales. Esta herramienta dota a los comités evaluadores de la capacidad de definir "funciones de preferencia" personalizadas, las cuales determinan matemáticamente qué tan superior debe ser una oferta en un criterio social o ambiental específico para compensar su debilidad relativa en el factor económico.

A diferencia de los métodos aditivos simples, PROMETHEE no permite que una excelencia desproporcionada en una sola variable oculte deficiencias inaceptables en otras, garantizando que el flujo neto de preferencia refleje un equilibrio técnico real y alineado con los principios de sostenibilidad integral. La literatura técnica especializada destaca que la aplicación de PROMETHEE facilita una visualización nítida y multidimensional de las fortalezas y debilidades competitivas de cada proveedor, permitiendo al Estado identificar no solo al adjudicatario óptimo, sino también las brechas estructurales de competitividad en el mercado local. Según indican Sönnichsen & Clement (2021), el uso de los flujos de superación positivos (ϕ^+) y negativos (ϕ^-) permite realizar una ordenación parcial (PROMETHEE I) y una ordenación completa (PROMETHEE II) de los oferentes, proporcionando una base analítica inexpugnable ante posibles auditorías o impugnaciones.

Este nivel de detalle en la evaluación permite que la administración pública identifique áreas donde los proveedores locales requieren mayor fortalecimiento de capacidades, transformando el proceso de compra en un diagnóstico industrial continuo. Al implementar estos modelos de decisión multicriterio, el Estado eleva el estándar de la contratación pública, profesionalizando la función de compra al convertirla en una disciplina de ingeniería de decisiones que garantiza que cada unidad de capital público invertida maximice el bienestar colectivo de manera medible, justa y transparente (Alhazmi et al., 2021). Asimismo, la integración de PROMETHEE en la evaluación de ofertas de triple impacto fortalece la gobernanza institucional al eliminar la discrecionalidad en la comparación de alternativas heterogéneas.

De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la capacidad de este método para incorporar umbrales de indiferencia y de preferencia estricta asegura que pequeñas variaciones irrelevantes en los datos técnicos no alteren artificialmente el ranking final de los oferentes. Esta metodología es particularmente robusta frente a la incertidumbre del mercado, ya que permite realizar análisis de estabilidad (GAIA) para visualizar cómo las diferentes prioridades políticas de la entidad contratante influyen en la selección final. Como subrayan Cheng et al.

(2022), la adopción de estos marcos matemáticos por parte del sector público incentiva a las empresas a adoptar modelos de negocio circulares y éticos, pues el rigor del algoritmo de evaluación impide que el greenwashing o las ofertas temerarias prevalezcan sobre el compromiso genuino con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Grandia & Voncken, 2021).

4.4.3. Validación de Resultados y Sensibilidad del Modelo

La gobernanza técnica de la ponderación científica en los modelos de Decisión Multicriterio (MCDM) alcanza su fase crítica con la ejecución del análisis de sensibilidad, un proceso matemático indispensable para verificar la estabilidad y confiabilidad de la decisión de adjudicación. Este análisis permite a los comités evaluadores simular de manera dinámica cómo fluctuaría el ranking de los oferentes si los pesos asignados a los criterios sociales, ambientales o económicos variaran dentro de un rango determinado. Según sostienen Cheng et al. (2022), este paso es crucial para detectar la presencia de "soluciones frágiles", es decir, casos donde la victoria de un oferente depende excesivamente de la ponderación específica de un solo criterio, lo que podría indicar una falta de equilibrio en la propuesta. Por el contrario, un análisis de sensibilidad riguroso confirma si una oferta es "robusta" frente a diferentes escenarios de valoración, garantizando que el proveedor seleccionado mantenga su posición dominante bajo diversas prioridades estratégicas del Estado.

La documentación exhaustiva de estos análisis es un imperativo de transparencia que demuestra que los criterios de triple impacto han sido aplicados bajo una lógica de optimización matemática y no como un instrumento de arbitrariedad administrativa. La implementación de estas pruebas de estabilidad técnica actúa como un mecanismo de blindaje jurídico y ético para la administración pública. De acuerdo con Witjes & Lozano (2022), la transparencia en la metodología de ponderación y su posterior validación mediante análisis de sensibilidad constituye el antídoto más efectivo contra la desconfianza del mercado y la percepción de favoritismo. Cuando los actores económicos comprenden que su desempeño será evaluado mediante modelos matemáticos rigurosos y resilientes, se ven forzados a una mejora sustantiva de su desempeño ASG (Ambiental, Social y de Gobernanza) para mantener niveles competitivos, lo que genera un efecto multiplicador que eleva los estándares de calidad de todo el tejido empresarial nacional.

Como indican Grandia & Voncken (2021), la profesionalización de la compra pública mediante estas herramientas no solo asegura el Valor por Dinero (VfM), sino que

institucionaliza una cultura de integridad donde la adjudicación se basa en la evidencia técnica y la eficiencia sistémica de largo plazo. Finalmente, el análisis de sensibilidad permite a los gestores públicos anticipar y mitigar el riesgo de impugnaciones, al proveer una base científica que justifica la superioridad de la oferta ganadora ante variaciones en las preferencias políticas o sociales. Según la literatura técnica de Alhazmi et al. (2021), la robustez del modelo asegura que los beneficios de sostenibilidad prometidos no sean vulnerables a pequeños cambios en los parámetros del mercado, protegiendo así la inversión del erario.

Este nivel de sofisticación en la gobernanza de la contratación permite que el Estado cumpla su rol como comprador estratégico, asegurando que cada contrato adjudicado sea una pieza coherente dentro de la arquitectura de desarrollo sostenible del país. Como sugieren Sönnichsen & Clement (2021), la integración de estos procesos garantiza que la transición hacia una economía circular y equitativa sea financieramente viable y técnicamente inobjetable, consolidando la legitimidad de las políticas públicas de triple impacto (Gallego et al., 2021).

CAPÍTULO V.

Infraestructura y Movilidad: Construyendo el Futuro Sostenible

La inversión pública en infraestructura y transporte constituye el instrumento más potente de los Estados para catalizar la resiliencia climática y operacionalizar la descarbonización de las economías nacionales en el marco de los compromisos del Acuerdo de París. No obstante, para que el gasto público cumpla este rol transformador, es imperativo trascender la visión tradicional de la "obra civil" centrada exclusivamente en la funcionalidad física y el costo inicial y alinear la inversión con las estrategias nacionales de adaptación, adoptando criterios de sostenibilidad holísticos en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos. De acuerdo con Cheng et al. (2022), la planificación estratégica en la contratación pública sostenible actúa como un facilitador crítico para superar las barreras sistémicas del sector público, permitiendo que la infraestructura no solo sea un activo físico, sino un nodo de resiliencia que mitigue los riesgos climáticos a largo plazo.

Esta transición exige que las entidades estatales evalúen la "madurez de sostenibilidad" de sus proveedores, asegurando que los proyectos de infraestructura integren soluciones basadas en la naturaleza y tecnologías bajas en carbono que respondan a la vulnerabilidad específica del territorio. El cambio de paradigma hacia una infraestructura resiliente requiere una integración profunda entre la ingeniería civil y los marcos de gobernanza ambiental. Según investigaciones de Alhazmi et al. (2021), la evaluación económica y ambiental de las estrategias de economía circular en la contratación pública demuestra que la inversión en activos resilientes reduce significativamente los costos de mantenimiento y reconstrucción ante eventos climáticos extremos. La literatura técnica subraya que la infraestructura debe ser diseñada bajo el principio de "adaptación incremental", permitiendo que los sistemas de transporte y las obras hidráulicas evolucionen conforme cambian los patrones climáticos.

Como sostienen Witjes & Lozano (2022), la integración de modelos de negocio sostenibles en la contratación pública permite que el Estado no solo adquiera una obra, sino que fomente un ecosistema industrial capaz de innovar en materiales y procesos constructivos que minimicen la entropía ambiental y maximicen el valor social generado por cada unidad de capital invertido. Finalmente, el éxito de la inversión pública en infraestructura sostenible depende de la capacidad del Estado para institucionalizar criterios de selección que premien la eficiencia de recursos y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (\$GEIS).

Según Sönnichsen & Clement (2021), la compra pública verde debe funcionar como un catalizador para la transición hacia una economía circular, donde la infraestructura de transporte público y movilidad eléctrica se convierta en la columna vertebral de las ciudades descarbonizadas.

La investigación de Grandia & Voncken (2021) refuerza que esta transformación es inseparable de una profesionalización de los agentes de contratación, quienes deben ser capaces de auditar la huella de carbono incorporada en los materiales y la eficiencia energética operativa de los proyectos. Al alinear los incentivos contractuales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el Estado no solo moderniza su base física, sino que blindo su economía contra la obsolescencia tecnológica y la degradación ambiental, asegurando una estabilidad institucional que trascienda los ciclos políticos (Gallego et al., 2021).

5.1. Inversión pública resiliente: Alineación de proyectos de infraestructura con los ODS

La premisa de que la inversión en infraestructura debe trascender el crecimiento lineal se sustenta en la evidencia de que el modelo de desarrollo actual en ALC es altamente vulnerable a las externalidades climáticas no internalizadas. La brecha de infraestructura en la región no es solo cuantitativa, sino cualitativa. Según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), la región enfrenta una pérdida potencial de hasta el 2% del PIB anual debido a daños directos en infraestructura por eventos climáticos extremos. Por tanto, la movilización de recursos de entre el 7% y el 19% del PIB no debe interpretarse como un gasto operativo, sino como una estrategia de preservación de capital. Galindo et al. (2022) argumentan que esta inversión es el único camino para desacoplar el crecimiento económico de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), un proceso conocido como absolute decoupling. Sin esta reorientación, los activos físicos construidos hoy se convertirán en "activos varados" (stranded assets) antes de cumplir su vida útil, debido a la evolución de las regulaciones de carbono y la inviabilidad física frente al aumento del nivel del mar o el estrés térmico extremo.

La gestión del riesgo ha evolucionado de una visión reactiva hacia una Ingeniería de Resiliencia Proactiva. El desastre provocado por los huracanes Eta e Iota en 2020, que generó pérdidas superiores a los 6.800 millones de dólares en Centroamérica, subrayó la obsolescencia de los estándares de diseño basados en promedios históricos. Investigaciones publicadas en Nature Climate Change (2021) demuestran que la probabilidad de eventos "cisne negro"

climáticos ha aumentado en un 25% en el corredor seco centroamericano. En consecuencia, la reconstrucción resiliente (Build Back Better) debe integrar el concepto de Robustez Adaptativa. Esto implica que la inversión pública debe priorizar sistemas de infraestructura que posean redundancia y capacidad de recuperación autónoma. Por ejemplo, en el sector energético, esto se traduce en microrredes descentralizadas con fuentes renovables que puedan operar de forma aislada tras un desastre natural, reduciendo drásticamente el tiempo de inactividad de los servicios críticos (Cavallo et al., 2023).

Para que la alineación de proyectos con los ODS sea efectiva, es imperativo el establecimiento de Taxonomías de Finanzas Sostenibles. Estas taxonomías actúan como sistemas de clasificación técnica que determinan qué actividades económicas son ambientalmente sostenibles, mitigando el riesgo de greenwashing. En ALC, países como Colombia, México y Chile han liderado la implementación de estas herramientas, alineándolas con la Taxonomía de la Unión Europea, pero adaptándolas a las realidades biogenéticas y sociales locales. De acuerdo con el Consejo de Estabilidad Financiera (FSB, 2024), el uso de taxonomías robustas reduce las asimetrías de información y baja el costo del capital para proyectos verdes al proporcionar certidumbre a los inversores institucionales sobre el impacto real de sus carteras. La taxonomía no es solo un glosario; es una métrica de desempeño que obliga a los proyectos de infraestructura a demostrar una contribución sustancial a la mitigación del cambio climático sin perjudicar significativamente otros objetivos ambientales (principio Do No Significant Harm o DNSH).

La ejecución de infraestructura sostenible requiere una transformación del derecho administrativo y contractual. El marco legal debe elevar la Licencia Ambiental de un trámite procedimental a una condición esencial de validez del contrato público. La literatura jurídica contemporánea sugiere la integración de Cláusulas de Transición Climática en las APP (Asociaciones Público-Privadas), donde los riesgos climáticos se distribuyan de manera equitativa entre el Estado y el concesionario. Autores como Esty & Gentry (2023) sostienen que la planeación de largo plazo debe incorporar el Costo Social del Carbono en la evaluación socioeconómica de los proyectos. Si un proyecto de carretera no es viable tras internalizar el costo de las emisiones generadas durante su construcción y operación, la inversión debe reorientarse hacia sistemas ferroviarios eléctricos o soluciones basadas en la naturaleza. Este enfoque de Interés General Climático redefine la utilidad pública, supeditando la expansión física a la integridad ecológica y la justicia intergeneracional.

Un pilar fundamental de la nueva inversión pública es la hibridación de la infraestructura gris con la infraestructura verde. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) ofrecen servicios ecosistémicos que aumentan la vida útil de las obras civiles tradicionales. Por ejemplo, la restauración de manglares como barreras naturales de protección costera es significativamente más costo-efectiva que la construcción de muros de contención de concreto (Seddon et al., 2021). Un estudio de The Lancet Planetary Health (2022) destaca que la inversión en infraestructura verde urbana no solo gestiona el riesgo de inundaciones, sino que reduce la mortalidad asociada a las islas de calor urbanas, cumpliendo simultáneamente con el ODS 3 (Salud y Bienestar) y el ODS 11 (Ciudades Sostenibles). La planificación estatal debe, por tanto, cuantificar estos co-beneficios para justificar la asignación de recursos presupuestarios en un entorno de restricciones fiscales.

5.1.1. Gestión del Riesgo y Reconstrucción Resiliente

La vulnerabilidad sistémica de la infraestructura física en América Latina ante eventos hidrometeorológicos extremos no es un fenómeno coyuntural, sino una falla estructural de la planificación que ha ignorado las proyecciones de variabilidad climática no estacionaria. La métrica establecida por Hallegatte et al. (2023) en el informe Lifelines del Banco Mundial, que postula un beneficio neto de cuatro dólares por cada dólar invertido en resiliencia, se queda corta si no se analiza bajo el prisma del Costo de la Inacción. Investigaciones publicadas en Nature Climate Change (2022) sugieren que la interrupción de servicios básicos (energía, transporte y agua) debido a fallos en la infraestructura genera pérdidas indirectas en el sector privado que pueden duplicar los costos de reparación física. En ALC, donde las cadenas de suministro dependen de corredores logísticos únicos, un colapso en la infraestructura de transporte no solo destruye el activo, sino que desarticula mercados regionales enteros. Por ende, la inversión resiliente debe ser reclasificada contablemente no como un gasto de capital (CAPEX) incrementado, sino como una estrategia de mitigación de riesgo macroeconómico esencial para mantener la solvencia fiscal ante desastres (Cavallo & Powell, 2021).

El concepto de "Reconstruir para Mejorar" (Build Back Better) ha evolucionado de ser un eslogan post-desastre a un marco normativo vinculante en la contratación pública moderna. El impacto de los huracanes Eta e Iota en 2020 fue el catalizador para que organismos como la CEPAL (2023) redefinieran los estándares de diseño para puentes, presas y redes viales en el istmo centroamericano. La ingeniería convencional, basada en periodos de retorno de 50 o 100 años calculados con datos históricos, resulta hoy insuficiente debido a la intensificación del

ciclo hidrológico. Autores como O'Donnell et al. (2024) en el *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience* argumentan que el BBB debe integrar la Redundancia Adaptativa, permitiendo que los sistemas de infraestructura fallen de manera "segura" y recuperen su funcionalidad en tiempos mínimos. Esto implica una transición desde materiales rígidos hacia sistemas modulares y el uso de gemelos digitales (Digital Twins) para simular el comportamiento de activos ante escenarios de estrés climático extremo antes de su ejecución física, garantizando que el diseño soporte proyecciones de calentamiento global de +2°C.

La literatura científica actual, liderada por investigadores como Seddon et al. (2021) y ampliada por el Global Center on Adaptation (2023), propone un cambio radical: la hibridación de la infraestructura. La dependencia exclusiva de la ingeniería "gris" (concreto y acero) para la gestión de inundaciones y protección costera ha demostrado ser inelástica y, en ocasiones, contraproducente al desplazar el riesgo hacia zonas adyacentes. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como la restauración de manglares, la creación de llanuras de inundación y el despliegue de humedales artificiales actúan como amortiguadores dinámicos que absorben la energía de eventos extremos mientras secuestran carbono. Según un estudio de The Lancet Planetary Health (2024), la integración de infraestructura verde en zonas urbanas de ALC reduce el efecto de isla de calor y mejora la infiltración de escorrentía, aliviando la carga sobre los sistemas de alcantarillado obsoletos. El reto para el Estado radica en la valoración económica de estos "activos naturales"; la contabilidad pública debe comenzar a reconocer los servicios ecosistémicos como infraestructura crítica, permitiendo que la inversión en capital natural sea elegible para financiamiento a través de bonos verdes y préstamos vinculados a la sostenibilidad (BID, 2023).

Para que la alineación de los proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) sea efectiva, la inversión debe estar regida por Taxonomías Verdes robustas. El International Platform on Sustainable Finance (2024) destaca que sin criterios técnicos de cribado (Screening Criteria), los proyectos de infraestructura corren el riesgo de incurrir en greenwashing o de financiar tecnologías que bloqueen la descarbonización (carbon lock-in). En este sentido, la contratación pública debe exigir el cumplimiento de estándares internacionales como el Protocolo Envision o las certificaciones LEED para ciudades y comunidades. Estos marcos aseguran que desde la fase de prefactibilidad se evalúe el ciclo de vida completo del proyecto, incluyendo el carbono embebido en los materiales de construcción y el impacto social en las comunidades locales. La gobernanza de la infraestructura debe, por

tanto, transitar hacia un modelo de Planificación Espacial Integrada, donde el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) se interconecte directamente con el ODS 11 (Ciudades Sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el Clima), creando una red de activos que sean socialmente inclusivos y climáticamente neutros (UNESCO, 2025).

5.1.2. Taxonomías Verdes y Finanzas Sostenibles

La canalización de flujos de capital hacia la infraestructura sostenible no es simplemente una cuestión de disponibilidad de liquidez, sino de la precisión en la definición técnica de lo que constituye una "inversión verde". El desarrollo de taxonomías verdes ha pasado de ser un ejercicio voluntario a convertirse en una infraestructura blanda de gobernanza financiera esencial para mitigar el riesgo de greenwashing y la mala asignación de recursos. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), una taxonomía robusta debe basarse en criterios científicos medibles que permitan una clasificación binaria o gradual de las actividades económicas según su contribución a objetivos ambientales, como la mitigación y adaptación al cambio climático, la protección de recursos hídricos y la transición hacia una economía circular. En América Latina, la implementación de la Taxonomía Verde de Colombia (2022) y el marco de México (2023) han establecido un precedente regional al alinear los umbrales de emisiones con las trayectorias de descarbonización necesarias para no superar el umbral de 1.5°C establecido en el Acuerdo de París.

La arquitectura de estas taxonomías se fundamenta en el principio de "No Causar Daño Significativo" (Do No Significant Harm - DNSH), el cual exige que una inversión en infraestructura, aunque contribuya positivamente a un objetivo (como la generación de energía renovable), no degrade otros servicios ecosistémicos o viole salvaguardas sociales mínimas. Investigaciones de Ehlers, Gao & Packer (2022) en el Journal of Financial Stability sugieren que la falta de armonización entre las taxonomías regionales genera costos de transacción elevados para los inversores institucionales, lo que subraya la importancia de la Plataforma Internacional sobre Finanzas Sostenibles (IPSF) para crear una "Taxonomía de Base Común". En el sector transporte, esto implica que las inversiones en movilidad eléctrica solo se consideran verdes si la matriz energética de recarga cumple con un umbral máximo de intensidad de carbono, evitando así el desplazamiento de emisiones desde el tubo de escape hacia la planta de generación térmica (International Energy Agency [IEA], 2024).

El impacto de estas herramientas en el mercado de capitales es tangible. La alineación con estándares internacionales, como los de la Climate Bonds Initiative (CBI, 2024), facilita el acceso a los bonos verdes, sociales y sostenibles (GSS), que han demostrado una resiliencia notable en mercados emergentes. Según datos del Fondo Monetario Internacional (FMI, 2023), los activos bajo gestión que integran criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG) han crecido exponencialmente, pero su efectividad depende de la transparencia de los datos. La implementación de taxonomías permite a los emisores de deuda pública y privada reducir el "spread de riesgo" al ofrecer a los inversores seguridad sobre la resiliencia climática de los activos subyacentes. En el contexto de la infraestructura pública, esto significa que un proyecto de tren ligero o de infraestructura de carga eléctrica puede acceder a tasas de interés preferenciales (el llamado greenium o prima verde) si demuestra, bajo criterios taxonómicos, que su ciclo de vida reduce drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con las alternativas fósiles (World Bank, 2023).

Sin embargo, el reto persiste en la Interoperabilidad y la Reportabilidad. La literatura técnica reciente subraya que las taxonomías no deben ser estáticas; deben evolucionar con el progreso tecnológico. Autores como Fatica & Panzica (2021) en *European Economic Review* argumentan que la efectividad de las finanzas sostenibles está intrínsecamente ligada a la obligatoriedad de los reportes climáticos bajo marcos como el Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), ahora integrado en las normas de la International Sustainability Standards Board (ISSB). Para América Latina, esto implica que la contratación pública de infraestructura debe exigir que los consorcios adjudicatarios no solo cumplan con el diseño físico, sino con la trazabilidad del impacto ambiental del proyecto a través de indicadores clave de desempeño (KPIs) alineados con la taxonomía nacional. Esta convergencia entre la política fiscal, la regulación financiera y la ingeniería de infraestructura es la que finalmente permitirá cerrar la brecha de inversión de forma resiliente y sostenible (OECD, 2024).

5.1.3. Marco Legal, Planeación y Viabilidad Integral

La integración de criterios ambientales en el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura ha dejado de ser una aspiración ética para convertirse en una obligación técnica y jurídica sine qua non. La planeación moderna exige una ruptura con el análisis de costo-beneficio (ACB) tradicional, el cual históricamente ha subestimado las externalidades negativas y ha ignorado los riesgos de cola (tail risks) asociados al cambio climático. En su lugar, la viabilidad integral debe fundamentarse en el Costo Social del Carbono (CSC), una

métrica que monetiza el daño económico causado por cada tonelada adicional de CO2 emitida. Según Rennert et al. (2022) en *Nature*, el CSC estimado ha aumentado significativamente a medida que los modelos climáticos incorporan retroalimentaciones más complejas, situándose en valores que pueden superar los 185 USD por tonelada. Al internalizar estos costos en la fase de prefactibilidad, los proyectos de infraestructura intensivos en carbono que anteriormente parecían rentables pierden su viabilidad financiera frente a alternativas de movilidad baja en emisiones o infraestructuras resilientes. Esta transición metodológica asegura que el capital público no se asigne a activos que aceleren la crisis climática, alineando el gasto estatal con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) bajo el Acuerdo de París.

En esta nueva arquitectura de planeación, las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) de nueva generación juegan un papel crítico como herramientas de mitigación de riesgos financieros y no meramente como trámites burocráticos. Como señalan Wang et al. (2024) en el *Journal of Cleaner Production*, la obtención temprana de licencias ambientales basadas en datos científicos rigurosos reduce la probabilidad de litigios sociales y paralizaciones de obra, factores que históricamente han inflado los presupuestos de infraestructura en América Latina hasta en un 30%. Las EIA contemporáneas deben incorporar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) completo, desde la extracción de áridos hasta el desmantelamiento final, evaluando no solo el impacto local sobre la biodiversidad, sino también la huella hídrica y de carbono embebida. La jurisprudencia climática emergente, documentada por la International Bar Association (2025), sugiere que los Estados que no apliquen estos estándares de diligencia debida en la planeación de obras públicas pueden ser sujetos de demandas por responsabilidad civil ante la vulnerabilidad de dichas infraestructuras frente a desastres previsibles.

La alineación con los ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y 13 (Acción por el Clima) exige una reforma profunda en la contratación pública a través de la inclusión de Cláusulas de Desempeño Ambiental y mecanismos de "Inmunidad Climática" en los contratos de Asociaciones Público-Privadas (APP). Estas cláusulas deben estipular umbrales máximos de emisiones durante la fase de construcción y penalizaciones por el incumplimiento de objetivos de eficiencia energética en la operación. El concepto de "activo varado" (stranded asset) es aquí fundamental: si una infraestructura vial o energética se diseña sin considerar la trayectoria hacia las "cero emisiones netas" para 2050, corre el riesgo de ser legalmente obsoleta o físicamente inoperable mucho antes de recuperar su inversión. Kriebler et al. (2024) argumentan en *Energy Policy* que la planificación de infraestructura debe basarse en un

enfoque de "diseño para la incertidumbre", utilizando opciones reales y flexibilidad contractual para adaptar los activos a cambios tecnológicos disruptivos, como la electrificación masiva del transporte de carga o la integración de hidrógeno verde.

Finalmente, la viabilidad integral de los proyectos debe ser validada mediante la Gobernanza de Datos y el uso de Modelos de Información de Construcción (BIM) vinculados a parámetros de sostenibilidad. La digitalización de la planeación permite realizar simulaciones de resiliencia ante inundaciones o estrés térmico con una precisión sin precedentes. De acuerdo con la CEPAL (2024), la adopción de estándares BIM sostenibles en la contratación pública de la región permitiría un ahorro del 15% en el uso de materiales y una reducción del 20% en las emisiones operativas. Este marco legal y de planeación no solo garantiza la protección del entorno, sino que fortalece la seguridad jurídica de los inversores al asegurar que los proyectos cuentan con una licencia social para operar y una estructura financiera robusta frente a la transición energética global. La infraestructura del futuro será aquella que logre armonizar el derecho al desarrollo con el imperativo de la supervivencia climática.

5.2. Materiales de construcción sostenibles

5.2.1. Descarbonización del Cemento y el Acero: El Desafío del Carbono Embebido

El sector de la construcción representa un nodo crítico en la acción climática global, siendo responsable de aproximadamente el 38% de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía y procesos industriales. De este porcentaje, el "carbono embebido" aquel liberado durante la extracción, fabricación y transporte de materiales constituye la frontera más difícil de abatir. Investigaciones de Monteiro et al. (2024) en Nature Reviews Materials demuestran que la industria del cemento enfrenta un límite termodinámico en la reducción de emisiones si se mantiene el uso de clínker convencional, ya que el 60% de sus emisiones proviene de la descarbonatación química de la piedra caliza y no solo del consumo energético. Por ello, la descarbonización del hormigón debe abordarse mediante una estrategia de Sustitución de Clínker por Materiales Cementantes Suplementarios (MCS) de baja reactividad o activados alcalinamente. El uso de cenizas volantes activadas, escorias granulares de alto horno y, especialmente, arcillas calcinadas localmente (LC3), permite reducir el factor de clínker hasta en un 50%, disminuyendo la intensidad de carbono del hormigón sin comprometer su resistencia a la compresión ni su durabilidad frente a la carbonatación en ambientes agresivos.

La contratación pública moderna, actuando como principal comprador de estos insumos, debe transitar hacia un modelo de Límites Máximos de Carbono Embebido por unidad de volumen estructural. Esto implica que los pliegos de condiciones no solo deben especificar la resistencia característica (f_c), sino también un presupuesto de carbono. Según el Global Cement and Concrete Association (GCCA, 2025), la adopción de "Cementos de Desempeño" en lugar de "Cementos de Composición" es fundamental para permitir que la industria innove en mezclas con menor huella de carbono. Además, la integración de tecnologías de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS) en las plantas cementeras se perfila como la única vía técnica para alcanzar el "Net-Zero" hacia 2050, aunque su viabilidad económica actual depende de la implementación de impuestos al carbono robustos o subsidios estatales estratégicos que nivelen el campo de juego para los materiales verdes (Habert et al., 2021).

En el ámbito de la metalurgia estructural, el desafío es igualmente disruptivo. La transición hacia el "Acero Verde" marca el fin de la era del alto horno alimentado por carbón coquizable, un proceso que emite aproximadamente 1.8 toneladas de CO₂ por cada tonelada de acero producida. La frontera tecnológica actual se sitúa en la Reducción Directa de Hierro con Hidrógeno (H-DRI) en hornos de arco eléctrico (EAF), lo que permite eliminar casi por completo las emisiones de proceso si el hidrógeno utilizado es de origen electrolítico renovable. Investigaciones publicadas en *The Journal of Cleaner Production* por Fan & Friedmann (2023) indican que, para 2026, la paridad de costos entre el acero convencional y el acero verde comenzará a estrecharse gracias a las economías de escala y a la maduración de las cadenas de suministro de hidrógeno. Para el investigador y el gestor público, esto exige que la adjudicación de contratos de infraestructura de transporte como puentes, túneles y estaciones priorice proveedores que demuestren una trazabilidad ambiental transparente mediante Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) bajo la norma ISO 14025, lo que garantiza una competencia basada en el desempeño climático real y no en meras promesas de sostenibilidad.

Finalmente, la viabilidad de estos materiales en la obra pública depende de una actualización de los códigos de construcción nacionales, los cuales a menudo actúan como barreras normativas para la innovación. La World Steel Association (2025) sostiene que la estandarización de aceros de alta resistencia y baja aleación permite reducir la masa total de las estructuras, lo que indirectamente disminuye la demanda de material y, por ende, las emisiones totales. La planeación de infraestructura debe, por tanto, adoptar un enfoque de Ingeniería de

Valor Climático, donde la optimización geométrica y el uso de materiales avanzados se sincronicen para maximizar la vida útil del activo y minimizar su impacto térmico y químico en la biósfera. Este cambio de paradigma legal y técnico es lo que permitirá que la inversión pública en ALC sea el motor de una industria de materiales soberana, resiliente y descarbonizada (CEPAL, 2024).

5.2.2. Priorización de lo Local y Optimización de la Cadena de Suministro

La logística de transporte de materiales pesados y voluminosos constituye una de las variables más críticas y, paradójicamente, menos internalizadas en la modelación de la huella de carbono de la obra pública. Mientras que la eficiencia operativa de los activos (emisiones de alcance 1 y 2) ha sido objeto de regulaciones estrictas, el impacto indirecto derivado del suministro (alcance 3) suele ser subestimado en las fases de prefactibilidad. La Priorización de lo Local debe ser entendida bajo una lente científica bidimensional: primero, como una medida de termodinámica del transporte, orientada a reducir la entropía y el consumo energético por tonelada-kilómetro; y segundo, como una estrategia de mitigación climática activa, basada en el aprovechamiento de sumideros de carbono biogénico locales. Investigaciones de Heeren & Hellweg (2021) en *Environmental Science & Technology* han cuantificado que el impacto ambiental de los áridos, el acero y el cemento aumenta de forma no lineal (exponencial) conforme se incrementa la distancia del transporte terrestre, debido a la baja densidad energética del transporte por carretera en regiones con flotas de carga obsoletas. Por lo tanto, la "proximidad técnica" no es solo un concepto geográfico, sino una métrica de viabilidad ambiental que determina si un proyecto es climáticamente responsable o si, por el contrario, sus emisiones logísticas anulan cualquier beneficio derivado de su diseño eficiente.

Esta reconfiguración de la cadena de suministro exige que el marco legal de la contratación pública integre criterios de preferencia por proximidad y compras públicas circulares. Según Zhu et al. (2024) en el *Journal of Cleaner Production*, la optimización de la cadena de suministro mediante la implementación de Gemelos Digitales (Digital Twins) permite mapear en tiempo real la disponibilidad de materiales reciclados y recursos vírgenes en radios de acción locales, minimizando los trayectos en vacío y optimizando la carga de los vehículos. La adopción de estas tecnologías de "logística de precisión" permite que los entes contratantes exijan un "Certificado de Kilometraje de Materiales", obligando a los contratistas a justificar cualquier suministro que supere un umbral de distancia predefinido. Este enfoque no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino que mitiga las

externalidades sociales negativas, como la degradación prematura de las redes viales secundarias por exceso de carga y la contaminación por material particulado (PM 2.5) en asentamientos rurales adyacentes a las rutas de suministro de obra.

Más allá de la eficiencia logística, la priorización de lo local abre la puerta a la soberanía de materiales vernáculos de alta ingeniería. La literatura científica contemporánea propone un retorno a materiales tradicionales tierra, bambú, cal y madera, pero bajo procesos de estabilización físico-química de vanguardia. Un estudio de Churkina et al. (2022) en *Nature Sustainability* destaca que si se sustituyera el uso masivo de hormigón y acero por Madera Laminada Cruzada (CLT) y otros materiales biogénicos de origen local, los edificios públicos se transformarían en reservorios globales de carbono, secuestrando CO₂ de forma permanente durante su vida útil. La tierra estabilizada con polímeros naturales derivados de residuos agrícolas locales ofrece una inercia térmica superior al ladrillo convencional, reduciendo simultáneamente la demanda energética de los edificios. Para que estos materiales pasen de la periferia a la corriente principal de la obra pública, es imperativo que los Estados inviertan en laboratorios nacionales de certificación que validen su desempeño estructural, permitiendo que la "minería urbana" y la "cosecha de materiales" local sean la base de una infraestructura que respire y se adapte a su entorno biotecnológico.

Finalmente, la viabilidad integral de esta estrategia reside en la creación de Ecosistemas de Suministro Regionales. Según la CEPAL (2024), la fragmentación de los mercados de materiales sostenibles en América Latina y el Caribe eleva los costos de transacción. La solución radica en la conformación de hubs logísticos cooperativos donde las pequeñas y medianas empresas (pymes) locales puedan procesar residuos de construcción y demolición (RCD) o fabricar componentes biogénicos bajo estándares internacionales. La inversión pública debe, por tanto, subsidiar la transición tecnológica de estos proveedores locales para garantizar que la "proximidad técnica" no sea un obstáculo a la calidad. Alinear la infraestructura con la geografía de los recursos no solo construye un futuro sostenible desde el punto de vista climático, sino que genera una resiliencia económica frente a las crisis de las cadenas de suministro globales, garantizando que el desarrollo de la movilidad y la infraestructura sea, en última instancia, un acto de regeneración territorial (OCDE, 2024).

5.2.3. Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y Economía Circular

La circularidad en el sector de la infraestructura ha dejado de ser una estrategia de mitigación de residuos para convertirse en un paradigma de Minería Urbana, donde el entorno construido se percibe como una reserva de recursos de alto valor. La operativización de esta circularidad se manifiesta en la transformación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) históricamente gestionados como pasivos ambientales de baja prioridad en insumos técnicos de alta eficiencia. Investigaciones recientes publicadas en el Journal of Cleaner Production (2024) y por Zhu et al. (2024) demuestran que el uso de agregados reciclados (AR) provenientes de concreto triturado no solo es viable desde una perspectiva mecánica, sino que, mediante protocolos de preprocesamiento como el tratamiento térmico o la carbonatación acelerada, es posible eliminar la pasta de cemento adherida, mejorando la zona de transición interfacial (ITZ) del nuevo hormigón. Este avance permite sustituir hasta el 30% del agregado virgen en aplicaciones estructurales de alta exigencia y hasta el 100% en capas granulares de bases y subbases viales, garantizando un desempeño equivalente al de materiales convencionales mientras se reduce la presión extractiva sobre los cauces de los ríos y canteras vírgenes.

Para que esta integración de materiales secundarios sea escalable y segura, el Estado debe liderar la transición hacia la Gobernanza Digital de Materiales mediante la implementación de Pasaportes de Materiales (Material Passports) integrados en entornos de Building Information Modeling (BIM). Estos pasaportes son registros digitales que contienen información técnica detallada sobre la composición química, el origen, la capacidad de desmontaje y el potencial de reciclabilidad de cada componente de una infraestructura. Según Ghisellini et al. (2023), este enfoque de "la infraestructura como banco de materiales" permite cuantificar el valor residual de los activos públicos, facilitando que al final de su vida útil operativa, los puentes, edificios y pavimentos sean "desensamblados" en lugar de demolidos. Esta trazabilidad digital es indispensable para mitigar las asimetrías de información que actualmente frenan el mercado de materiales reciclados, proporcionando a los ingenieros y contratistas la confianza necesaria respecto a la homogeneidad y seguridad estructural de los materiales recuperados, alineándose así con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables).

La viabilidad económica de la economía circular en la obra pública depende, además, de una reconfiguración de la logística y la fiscalidad. El modelo lineal actual se ve favorecido por los bajos costos de vertido y la ausencia de impuestos a la extracción de materiales vírgenes.

No obstante, estudios de la OCDE (2024) sugieren que la implementación de Centros de Valorización de RCD regionales puede reducir los costos operativos de la circularidad al centralizar el procesamiento y asegurar economías de escala. En América Latina, la integración de la circularidad en los pliegos de contratación pública exigiendo un porcentaje mínimo de contenido reciclado en las mezclas asfálticas y de concreto actúa como un motor de demanda que incentiva la inversión privada en tecnologías de reciclaje. Este cambio estructural no solo minimiza el vertido de residuos sólidos en ecosistemas frágiles, sino que reduce significativamente el carbono embebido de la infraestructura, ya que la producción de agregados reciclados consume hasta un 40% menos de energía que la trituración de roca virgen y su transporte desde canteras distantes (European Commission, 2025).

Finalmente, el éxito de la economía circular en la infraestructura requiere una actualización de los Estándares de Calidad y Normas Técnicas que tradicionalmente han restringido el uso de materiales no convencionales. El desarrollo de normativas basadas en el desempeño (performance-based codes) en lugar de especificaciones prescriptivas es fundamental para permitir la innovación en materiales circulares. Autores como López et al. (2025) sostienen que la infraestructura del futuro debe ser diseñada desde el inicio bajo principios de Diseño para el Desensamblaje (DfD), lo que implica el uso de conexiones mecánicas en lugar de uniones monolíticas, facilitando la recuperación de componentes íntegros para su reutilización directa en nuevas obras. Esta visión sistémica convierte a la gestión de residuos en una herramienta de resiliencia económica y soberanía de recursos, asegurando que el capital invertido en infraestructura permanezca dentro del ciclo productivo nacional de manera indefinida (UNEP, 2024).

5.2.4. Madera Estructural y Certificaciones de Origen Sostenible

El resurgimiento de la madera como material de alta ingeniería, liderado por el desarrollo de la Madera Laminada Cruzada (CLT - Cross Laminated Timber) y la Madera Laminada Encolada (Glulam), representa una de las disrupciones tecnológicas más significativas para la descarbonización de la infraestructura pública. A diferencia de los materiales de construcción convencionales como el acero y el hormigón, cuya producción es intrínsecamente intensiva en energía y emisiones, la madera opera bajo un balance de carbono negativo debido al secuestro fotosintético. Investigaciones de Churkina et al. (2022) en Nature Sustainability demuestran que la transición hacia una infraestructura basada en madera de origen sostenible podría secuestrar hasta 0.7 gigatoneladas de carbono anualmente,

transformando el entorno urbano de un emisor neto en un sumidero antropogénico de largo plazo. No obstante, para que la madera se consolide en la contratación pública, es imperativo que los pliegos de condiciones exijan una trazabilidad rigurosa mediante sellos internacionales como FSC (Forest Stewardship Council) o PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Estas certificaciones no son meras etiquetas comerciales, sino protocolos de gobernanza que garantizan que el ciclo de vida del material no contribuya a la deforestación, protegiendo la biodiversidad y asegurando que la tasa de extracción sea inferior a la tasa de regeneración del ecosistema forestal local (Andersen et al., 2024).

Desde una perspectiva técnica y de seguridad, la integración de la madera estructural en edificios de mediana y gran altura exige una actualización profunda de los códigos de incendios y normativas sismo-resistentes. Existe una percepción errónea sobre la vulnerabilidad de la madera ante el fuego; sin embargo, la evidencia científica contemporánea en el *Fire Safety Journal* indica que la madera masiva posee un comportamiento predecible de carbonatación superficial que protege el núcleo estructural, manteniendo la capacidad de carga por periodos superiores a los de estructuras metálicas sin protección térmica (Hadden et al., 2023). En regiones de alta sismicidad, como el cordón de fuego del Pacífico en América Latina, la madera estructural ofrece una ventaja competitiva debido a su alta relación resistencia-peso. Un estudio de Zhang et al. (2025) sobre sistemas híbridos de madera y acero demuestra que la baja masa sísmica de las estructuras de CLT reduce significativamente las fuerzas inerciales durante un evento telúrico, permitiendo diseños más ligeros y eficientes que minimizan el uso de cimentaciones profundas y, por ende, el consumo de hormigón en el subsuelo.

La viabilidad de la madera estructural en la inversión pública también está ligada a la Industrialización de la Construcción y el Ecodiseño. El uso de CLT permite un proceso de prefabricación off-site de alta precisión, lo que reduce los tiempos de ejecución de obra en un 30% a 50% y minimiza la generación de residuos en el sitio de construcción. Según el International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB, 2024), esta eficiencia operativa se traduce en un menor impacto social por ruidos y tráfico en zonas urbanas densas. Para que este modelo sea exitoso en economías emergentes, la contratación pública debe incentivar la creación de plantas regionales de procesamiento de madera certificada, fomentando una cadena de valor bioeconomía que vincule la gestión forestal rural con la demanda de infraestructura urbana. Este enfoque no solo cumple con el ODS 9 (Industria e Innovación), sino que promueve el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) al dar valor

económico a los bosques en pie y desincentivar el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias expansivas (European Forest Institute, 2025).

Finalmente, el marco legal debe evolucionar para reconocer el Almacenamiento de Carbono Biogénico como un beneficio monetizable en las evaluaciones de costo-beneficio de los proyectos públicos. La implementación de Bonos de Carbono de Infraestructura vinculados al volumen de madera certificada utilizada podría compensar los costos iniciales de transición que algunos mercados aún enfrentan frente al hormigón convencional. Autores como Pomponi et al. (2024) sostienen que la verdadera sostenibilidad estructural requiere un enfoque de "diseño para el fin de la vida", donde los elementos de madera puedan ser reutilizados en nuevas estructuras tras el desmantelamiento del edificio original. Esta visión de circularidad total, respaldada por gemelos digitales que rastrean el historial de cada panel de CLT, posiciona a la madera estructural no solo como un material del pasado revalorizado, sino como la piedra angular de una ingeniería civil regenerativa capaz de reconciliar el desarrollo urbano con los límites planetarios (FAO, 2024).

5.2.5. Pavimentos Permeables y Gestión Hídrica Urbana: Infraestructura Esponja

La selección de materiales para la envolvente horizontal de las ciudades pavimentos, aceras y plazas constituye la última frontera en la lucha contra la vulnerabilidad hidrometeorológica urbana. Históricamente, el diseño de infraestructura vial se ha basado en el paradigma de la evacuación rápida, utilizando superficies impermeables que aceleran la escorrentía hacia sistemas de alcantarillado a menudo saturados o infra dimensionados. La transición hacia la implementación de pavimentos permeables y superficies porosas representa un cambio de paradigma hacia la infiltración in situ, una estrategia de ingeniería crítica para mitigar el riesgo de inundaciones pluviales recurrentes. De acuerdo con investigaciones publicadas en Water Research (2025) y estudios de Li et al. (2024), los sistemas de pavimentos porosos ya sean de concreto previos, asfalto poroso o adoquines articulados con juntas filtrantes funcionan como un reactor hidrológico que reduce los picos de caudal de escorrentía hasta en un 90%. Al permitir la percolación directa del agua de lluvia hacia las capas inferiores de agregados y, eventualmente, hacia el acuífero, estos materiales no solo previenen el colapso de la infraestructura gris, sino que contribuyen a la recarga hídrica subterránea y a la eliminación de contaminantes (metales pesados e hidrocarburos) mediante procesos de filtración biológica en la subbase.

Además de la gestión de fluidos, la termodinámica de los pavimentos permeables es fundamental para combatir el fenómeno de Isla de Calor Urbana (ICU). Los pavimentos convencionales de asfalto poseen un albedo bajo y una alta inercia térmica, absorbiendo y reemitiendo radiación solar que eleva la temperatura nocturna de las ciudades. La ciencia de materiales actual propone el uso de pavimentos fríos y permeables con alta reflectancia solar. Estudios experimentales documentados por Wang & Santamouris (2024) en *Renewable and Sustainable Energy Reviews* señalan que el uso de concretos porosos con agregados de color claro y alta porosidad facilita la refrigeración evaporativa, permitiendo que la humedad atrapada en las capas inferiores se evapore durante el día, reduciendo la temperatura superficial urbana hasta en 4°C durante olas de calor extremas. Este efecto no solo mejora el confort térmico del peatón, sino que reduce la demanda de energía para climatización en los edificios colindantes, generando un beneficio directo para la salud pública al disminuir la incidencia de patologías respiratorias y cardiovasculares asociadas al estrés térmico.

La integración de estas tecnologías en la contratación pública requiere que los pliegos de condiciones trasciendan la simple resistencia mecánica y adopten indicadores de desempeño hidrológico. El concepto de Infraestructura Esponja, popularizado por el éxito de las políticas urbanas en Asia y ahora adoptado por la OCDE (2024), exige que los contratos de pavimentación y espacio público incluyan especificaciones sobre el coeficiente de permeabilidad (k) y el índice de reflectancia solar (SRI). La implementación de estas soluciones no debe verse como un incremento en el costo de inversión, sino como un ahorro en infraestructura de drenaje profundo y en costos de emergencia por desastres. Autores como Nguyen et al. (2023) sostienen que la vida útil de los pavimentos permeables puede igualar a la de los convencionales si se implementan programas de mantenimiento preventivo mediante limpieza por succión, lo que evita la colmatación de los poros por sedimentos urbanos. La ciudad esponja es, por tanto, una ciudad que utiliza sus materiales como una primera línea de defensa resiliente y regenerativa.

Finalmente, el marco legal de la obra pública debe incentivar la hibridación de la infraestructura verde-gris en el diseño vial. Los pavimentos permeables son más efectivos cuando se integran con celdas de biorretención, jardines de lluvia y sistemas de almacenamiento subterráneo modulares contruidos con materiales reciclados. Según el reporte de UNESCO (2025) sobre ingeniería para los ODS, esta visión sistémica permite cumplir simultáneamente con el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), el ODS 11 (Ciudades

Sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el Clima). La transformación de las superficies urbanas en activos ecosistémicos permite que el Estado no solo construya vías de transporte, sino que restaure el ciclo hidrológico natural en entornos densamente poblados, garantizando una habitabilidad urbana sostenible frente a la incertidumbre climática del siglo XXI.

5.3. Movilidad Sostenible: Electromovilidad, infraestructuras para transporte público y flotas eléctricas

El sector transporte en América Latina y el Caribe representa un nodo crítico de vulnerabilidad y oportunidad, siendo el principal consumidor de energía fósil y el responsable del 15% de las emisiones regionales de gases de efecto invernadero (GEI). No obstante, el impacto más inmediato se traduce en una crisis de salud pública: la combustión de combustibles líquidos en entornos urbanos densos genera una concentración de material particulado (PM 2.5) y óxidos de nitrógeno (NOx) que supera los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024). La transición hacia una movilidad sostenible, por tanto, trasciende la mera sustitución tecnológica de motores de combustión interna por eléctricos; implica una reconfiguración sistémica del metabolismo urbano. Esta metamorfosis exige que la inversión pública abandone el enfoque autocéntrico y se oriente hacia sistemas de transporte masivo de alta eficiencia, donde la electricidad actúe como el vector energético primario para desacoplar el derecho a la movilidad de la degradación ambiental (IEA, 2024).

5.3.1. Transformación de Flotas Públicas y Paridad de Costos (TCO)

La contratación pública en América Latina y el Caribe (ALC) se posiciona como el instrumento de política económica más potente para romper la inercia del carbono en el transporte. La Transformación de Flotas Administrativas y de Servicio Público no debe abordarse bajo la lógica de la sustitución simple, sino como una reingeniería del gasto fiscal. Investigaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2024) subrayan que el sector público, al gestionar flotas con altos niveles de utilización y rutas predecibles, es el candidato ideal para capitalizar la ventaja competitiva de la electromovilidad. Aunque el gasto de capital inicial (CAPEX) de un autobús eléctrico o un vehículo de carga pesada puede ser entre un 40% y un 80% superior a su contraparte de combustión interna, el análisis del Costo Total de Propiedad (TCO - Total Cost of Ownership) revela que la paridad económica es ya una realidad técnica. Esta convergencia financiera se fundamenta en la drástica reducción de los costos operativos (OPEX), donde la eficiencia energética de un motor eléctrico que transforma más

del 85% de la energía almacenada en movimiento frente al escaso 20-30% de los motores de ciclo diésel se traduce en ahorros significativos en el costo por kilómetro recorrido.

La sostenibilidad de esta paridad de costos se ve reforzada por una simplificación radical de la ingeniería mecánica. Los vehículos eléctricos carecen de sistemas complejos de escape, transmisión multietapa y sistemas de refrigeración de alta presión, lo que permite una reducción comprobada del 60% en los costos de mantenimiento preventivo y correctivo. Según Zhu et al. (2025), la longevidad de las baterías de nueva generación (LFP y estado sólido) ha extendido la vida útil operativa de los activos públicos hasta los 15 años, diluyendo el CAPEX inicial en un periodo de amortización más amplio. En este contexto, la alineación con el ODS 11 (Ciudades Sostenibles) obliga a los estados a evolucionar sus marcos de licitación, transitando de la selección por precio más bajo" a modelos de valor por dinero (Value for Money) que integren el Costo Social del Carbono y las externalidades de salud. La implementación de contratos de leasing operativo o modelos de "batería como servicio (Battery-as-a-Service) permite a las administraciones públicas esquivar la barrera del costo inicial, desplazando el gasto hacia el presupuesto de funcionamiento, donde el ahorro en combustible fósil financia directamente la transición.

Un componente ineludible de la viabilidad integral es la monetización de los beneficios colaterales en la salud urbana. La investigación de Tessum et al. (2023) en The Lancet Planetary Health establece una correlación directa entre la electrificación de flotas y la reducción drástica de contaminantes locales como los óxidos de nitrógeno (NOx) y el material particulado (PM2.5). En las megaciudades de ALC, donde la topografía y la densidad urbana suelen exacerbar las inversiones térmicas, la eliminación de las emisiones de tubo de escape tiene el potencial de reducir la mortalidad prematura y las admisiones hospitalarias por enfermedades cardiorrespiratorias en un 15% para 2030. Estos ahorros en el sistema de salud pública, aunque a menudo se omiten en los balances financieros de las agencias de transporte, constituyen un retorno social de la inversión (RSII) que justifica plenamente el uso de subsidios cruzados o bonos verdes para el financiamiento de flotas eléctricas. La planeación de la movilidad debe, por tanto, ser entendida como una política de salud preventiva, donde cada dólar invertido en buses de cero emisiones ahorra múltiples dólares en atención médica de alta complejidad (OMS, 2024).

Finalmente, el éxito de la transformación de flotas depende de la creación de un Ecosistema de Recarga Inteligente integrado en la planificación urbana. Según el Banco

Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), la infraestructura de carga no debe ser vista como una estación de servicio estática, sino como un nodo de una red eléctrica inteligente (Smart Grid). La gestión de la demanda y la carga programada durante las horas valle permiten a los operadores de transporte público acceder a tarifas eléctricas preferenciales, optimizando aún más el TCO. Además, la estandarización de protocolos de carga (como el sistema CCS2) asegura la interoperabilidad de las flotas y evita la obsolescencia tecnológica. Este enfoque sistémico garantiza que la infraestructura pública no solo sirva al transporte, sino que actúe como una reserva de almacenamiento de energía para la ciudad, aumentando la resiliencia del sistema eléctrico ante desastres naturales. En conclusión, la paridad de costos no es un destino estático, sino un objetivo dinámico que requiere una gobernanza técnica capaz de integrar la ingeniería de transporte, la economía de la energía y la salud ambiental en un solo marco estratégico de inversión.

5.3.2. Infraestructura de Soporte y Carga Bidireccional (V2G)

La viabilidad de la electromovilidad masiva no reside únicamente en la autonomía de las baterías, sino en la capacidad de la infraestructura física para soportar y gestionar flujos energéticos bidireccionales de alta intensidad. La Infraestructura de Soporte debe ser concebida como un sistema robusto, inteligente y resiliente que trascienda la simple instalación de cargadores. En el marco de la contratación pública moderna, la adecuación de las redes de distribución eléctrica y la instalación de puntos de recarga ultrarrápida (superiores a 150 kW) deben ser requisitos vinculantes en el diseño de corredores viales y terminales de transporte. Un avance disruptivo, documentado extensamente en el Journal of Power Sources por Zhu et al. (2025), es la tecnología Vehicle-to-Grid (V2G), la cual permite una comunicación activa y un flujo de energía bidireccional entre la flota de vehículos eléctricos y el sistema interconectado nacional. Bajo este paradigma, los buses eléctricos y las flotas gubernamentales dejan de ser solo medios de transporte para convertirse en Sistemas Distribuidos de Almacenamiento de Energía (BESS). Esta capacidad de inyectar energía a la red durante los picos de demanda máxima permite a los operadores de red suavizar la curva de carga y reducir la necesidad de activar plantas térmicas de respaldo, las cuales suelen ser costosas y altamente contaminantes.

La integración de la movilidad eléctrica con las Redes Inteligentes (Smart Grids) es, según la IRENA (2024), una condición sine qua non para maximizar la penetración de energías renovables no convencionales (ERNC), como la solar y la eólica. Dado que estas fuentes son

inherentemente variables y estocásticas, la flota eléctrica actúa como un amortiguador sistémico: carga las baterías en momentos de exceso de producción renovable (evitando el curtailment o desperdicio de energía) y devuelve dicha energía en periodos de baja generación o alta demanda. Este modelo de Gestión de la Demanda (Demand Response) estabiliza los costos operativos del sistema eléctrico nacional al minimizar las fluctuaciones de frecuencia y voltaje, lo que a su vez reduce los cargos por servicios auxiliares en la tarifa eléctrica pública. Investigaciones de Mwasilu et al. (2024) sugieren que un sistema V2G bien implementado en flotas públicas de transporte puede reducir los costos de inversión en infraestructura de red fija hasta en un 20%, al postergar la necesidad de refuerzos en transformadores y subestaciones gracias a la capacidad de almacenamiento distribuido que ofrecen los vehículos.

La dimensión de la Resiliencia ante Eventos Extremos añade una capa de valor estratégico a la infraestructura de carga bidireccional. Ante el incremento de desastres hidrometeorológicos derivados del cambio climático, la capacidad de los buses eléctricos para operar en modo de isla o microrred permite que actúen como fuentes de energía de respaldo para servicios críticos, tales como hospitales, refugios o centros de mando, en situaciones donde el suministro eléctrico principal sufra interrupciones prolongadas. Como destacan Liu et al. (2023) en el *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, el uso de flotas públicas como unidades móviles de emergencia redefine el concepto de infraestructura resiliente, integrando la movilidad y la seguridad energética en un solo esquema de planificación. Para que esto sea operativo, el marco legal de la infraestructura vial debe exigir la estandarización de protocolos de comunicación (como el ISO 15118) y la implementación de inversores bidireccionales de alta eficiencia, garantizando que la inversión estatal en movilidad eléctrica sea simultáneamente una inversión en la estabilidad y seguridad del sistema energético nacional.

Finalmente, el escalamiento de la infraestructura de soporte requiere una revisión de los modelos de incentivos y la Estructura Tarifaria. La literatura técnica actual propone esquemas de Tarificación por Tiempo de Uso (ToU) dinámicos que incentiven a los operadores de flotas a participar en programas V2G a cambio de remuneraciones directas por servicios de red. Según el Global Center on Adaptation (2025), la infraestructura de carga debe ser planificada mediante modelos de optimización espacial que consideren tanto la densidad de tráfico como la capacidad remanente de los nodos eléctricos, evitando cuellos de botella técnicos. La transición hacia una movilidad eléctrica resiliente depende, por tanto, de una visión holística

donde la planeación del transporte y la planeación energética se fusionen en un único proceso de ingeniería de sistemas, asegurando que la infraestructura de soporte sea el cimiento de una ciudad inteligente, capaz de autogestionar su energía de manera eficiente y sostenible (UNEP, 2024).

5.3.3. Movilidad No Motorizada e Intermodalidad Sostenible

El diseño de la movilidad moderna ha dejado de ser un ejercicio puramente logístico para convertirse en un acto de justicia espacial y ambiental, donde la Jerarquía de la Movilidad (o Pirámide de la Movilidad) sitúa al peatón y al ciclista en la cúspide de la planeación urbana. El desarrollo de infraestructuras para la movilidad no motorizada debe trascender la visión simplista de la construcción de ciclovías aisladas o segregadas, las cuales a menudo fallan por falta de continuidad sistémica. En su lugar, el enfoque técnico contemporáneo se centra en la creación de Redes Interconectadas de Movilidad Activa que faciliten una intermodalidad fluida con los sistemas de transporte masivo. Según las investigaciones de Nieuwenhuijsen et al. (2024), la integración estratégica de estaciones de ciclo-parqueaderos masivos y seguros, junto con sistemas de bicicletas compartidas (tanto mecánicas como eléctricas) en los nodos de transferencia del transporte masivo, permite reducir el uso del automóvil privado en la gestión del "último kilómetro" hasta en un 40%. Esta reducción no solo optimiza la eficiencia del sistema de transporte en su conjunto, sino que mitiga drásticamente las emisiones de GEI asociadas a trayectos cortos, los cuales son los más ineficientes para los motores de combustión interna debido a su fase de calentamiento.

La sostenibilidad de estas infraestructuras también debe evaluarse desde la óptica de la Economía Circular y el Carbono Embebido, vinculándose con los criterios de materiales desarrollados en los apartados anteriores. La construcción de estaciones de transferencia, señalética vial y mobiliario urbano debe priorizar el uso de materiales reciclados como polímeros recuperados para ciclocarriles o pavimentos asfálticos reciclados (RAP) para senderos peatonales y adoptar Diseños Modulares y Desmontables. Este enfoque modular permite que la infraestructura se adapte rápidamente a los cambios en la dinámica urbana sin generar residuos masivos de construcción. Al respecto, el World Resources Institute (WRI, 2023) sostiene que la implementación del concepto de "Calles Completas" (Complete Streets) es la herramienta de diseño más eficaz para garantizar que el espacio vial se redistribuya de manera equitativa, incorporando no solo vías de circulación, sino también infraestructura verde y zonas de pacificación del tráfico (traffic calming). Al internalizar la seguridad vial como un

parámetro de diseño primordial, se reducen las tasas de siniestralidad de los usuarios vulnerables, eliminando una de las principales barreras psicológicas para la adopción masiva de la movilidad activa.

Desde la perspectiva de la salud pública y la termodinámica urbana, la movilidad no motorizada ofrece co-beneficios que deben ser cuantificados en las evaluaciones de costo-beneficio de la obra pública. La promoción de estilos de vida activos reduce la carga económica sobre los sistemas nacionales de salud al prevenir enfermedades no transmisibles (ENT) como la obesidad y la diabetes tipo II. Investigaciones de Khreis et al. (2025) en el *Journal of Transport & Health* indican que las ciudades que invierten significativamente en infraestructura peatonal de alta calidad experimentan una mejora medible en el bienestar mental de la población y una reducción de la "isla de calor urbana" gracias a la sustitución de superficies asfálticas por pavimentos permeables y arbolado de sombra asociado a los corredores activos. Para que esto sea viable, la normativa técnica nacional debe actualizarse para incluir Estándares de Diseño Universal, garantizando que la infraestructura sea inclusiva para personas con movilidad reducida (PMR) y adultos mayores, cumpliendo así con los compromisos del ODS 10 (Reducción de las Desigualdades) y el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles).

Finalmente, la intermodalidad sostenible requiere una Gobernanza Digital del Transporte. La integración de sistemas de pago únicos (MaaS - Mobility as a Service) que vinculen el uso de bicicletas compartidas, buses eléctricos y metros, permite una experiencia de usuario sin fricciones. Como señala la ITF (International Transport Forum, 2024), el uso de datos abiertos para la planificación de rutas ciclistas basadas en la demanda real mejora la eficiencia de la inversión pública. En América Latina, el reto reside en formalizar e integrar los sistemas de transporte informales en esta red de movilidad activa, asegurando que la transición hacia una movilidad de cero emisiones no sea excluyente. En conclusión, la infraestructura no motorizada no es un complemento de la movilidad urbana, sino su cimiento; es la capa que humaniza la infraestructura pública y garantiza que la descarbonización del transporte sea, ante todo, una mejora tangible en la calidad de vida de los ciudadanos (CEPAL, 2024).

5.3.4. Logística Verde y Descarbonización del Transporte de Carga

La Logística Verde vinculada a los contratos de obra pública constituye una de las palancas más poderosas para la descarbonización de las emisiones de alcance 3, las cuales suelen ser ignoradas en la planificación convencional de infraestructura. El transporte de

materiales y mercancías es responsable de una fracción desproporcionada de las emisiones de CO₂ y contaminantes locales debido a la baja eficiencia de las flotas de carga pesada y su dependencia estructural de los destilados del petróleo. En este contexto, la contratación pública debe evolucionar para exigir Planes de Movilidad Logística Sostenible que optimicen las rutas de suministro mediante el uso de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data. Estas herramientas permiten reducir drásticamente los trayectos en vacío estimados en un 25-30% en las cadenas de suministro de ALC y maximizar el factor de carga de los vehículos. Según la OCDE (2024), la optimización algorítmica de la logística de obra puede reducir el consumo de combustible y las emisiones asociadas hasta en un 15% sin necesidad de cambios en la tecnología de propulsión, simplemente mejorando la eficiencia operativa y la coordinación entre proveedores y sitios de construcción.

No obstante, la optimización operativa es insuficiente para alcanzar las metas de neutralidad de carbono sin una transición tecnológica en los vectores energéticos. La investigación de Fan y Friedmann (2023) en el *Journal of Cleaner Production* establece una clara bifurcación tecnológica basada en la densidad energética y el peso de la carga: mientras que para la logística urbana de "última milla" y distancias cortas la electrificación de camiones de carga ligera es la solución más costo-eficiente debido al bajo costo de la electricidad y el mantenimiento, el transporte pesado de larga distancia presenta desafíos que las baterías de litio actuales no pueden resolver de manera óptima debido a su baja densidad energética y largos tiempos de recarga. Es aquí donde el Hidrógeno Verde (H₂V) se perfila como el vector energético dominante. El uso de celdas de combustible de hidrógeno permite rangos de operación superiores a los 800 km con tiempos de repostaje comparables a los del diésel, lo que garantiza la productividad de las flotas de carga pesada necesarias para proyectos de infraestructura a gran escala. La planeación estatal debe, por tanto, fomentar la creación de Corredores de Hidrógeno que conecten centros de producción con los principales nodos logísticos del país (IRENA, 2024).

La circularidad en la logística verde también exige que la contratación pública valore la alta reciclabilidad de componentes y la durabilidad de los activos de transporte. Los operadores logísticos deben ser incentivados para utilizar neumáticos de baja resistencia a la rodadura que pueden mejorar la eficiencia de combustible hasta en un 5% y lubricantes biodegradables. Según estudios de la CEPAL (2024), la implementación de sistemas de gestión de flotas basados en datos permite realizar un mantenimiento predictivo que extiende la vida

útil de los componentes, reduciendo la demanda de repuestos y minimizando la generación de residuos industriales peligrosos. Este enfoque de ciclo de vida cerrado garantiza que la sostenibilidad no se limite al combustible utilizado, sino que abarque desde la provisión de suministros hasta la disposición final o remanufactura de los vehículos de carga. La integración de estos criterios en los pliegos de licitación no solo descarboniza la obra pública, sino que impulsa la modernización de todo el parque automotor de carga nacional, generando una externalidad positiva en la competitividad económica y la calidad del aire.

Finalmente, el escalamiento de la logística verde requiere un marco regulatorio que penalice las ineficiencias y premie la innovación. La implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) para la logística urbana y la aplicación de peajes diferenciados por nivel de emisiones son herramientas de política pública que aceleran la adopción de tecnologías limpias. Como señala el reporte de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2025), la infraestructura de recarga eléctrica de alta potencia y las estaciones de servicio de hidrógeno deben ser planificadas de forma coordinada con las rutas de transporte de carga para evitar cuellos de botella. En conclusión, la logística verde transforma el transporte de mercancías de ser un problema ambiental a ser una solución de eficiencia económica; una infraestructura sostenible solo es posible si los materiales que la componen llegan al sitio de obra a través de una cadena de suministro que respete los límites planetarios y aproveche la vanguardia tecnológica del siglo XXI.

5.4. Tecnologías Limpias e Innovación: Digitalización, Ecodiseño y Energías Renovables

La innovación en la obra pública ha dejado de ser una opción de vanguardia para convertirse en un requisito de viabilidad climática y financiera ineludible. El concepto de Infraestructura Inteligente no se limita a la mera adición de componentes electrónicos, sino que integra de manera holística la ciencia de datos, la eficiencia energética y la ingeniería bioclimática para reducir el impacto ambiental durante todo el ciclo de vida del activo. Esta sección analiza cómo la convergencia tecnológica desde el Internet de las Cosas (IoT) hasta la inteligencia artificial aplicada permite que la infraestructura no solo sea un receptor pasivo de servicios, sino un nodo activo, bidireccional y eficiente de la red urbana, capaz de responder en tiempo real a las fluctuaciones ambientales y a las demandas de la población.

5.4.1. Building Information Modeling (BIM) y Gemelos Digitales para la Descarbonización

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) y el desarrollo de Gemelos Digitales (Digital Twins) representan el avance más disruptivo en la optimización de recursos durante la fase de diseño, construcción y, crucialmente, operación de infraestructuras públicas. A diferencia de los métodos de representación estática, BIM permite la integración de dimensiones adicionales que trascienden la geometría 3D, incorporando el tiempo (4D), el costo (5D), la sostenibilidad (6D) y la gestión de activos (7D). Estas herramientas permiten realizar simulaciones multivariantes de alta fidelidad que predicen el comportamiento térmico, estructural y energético de un activo antes de que se vierta el primer metro cúbico de hormigón. Según investigaciones fundamentales de Grieves et al. (2024), el uso de gemelos digitales en la infraestructura pública permite una reducción del 20% en el desperdicio de materiales mediante la optimización de la cadena de suministro y la reducción de errores en obra, además de una optimización del 15% en el consumo energético operativo. Este ahorro no solo tiene un impacto fiscal directo, sino que reduce la huella de carbono operacional al alinear el rendimiento del edificio con las condiciones climáticas dinámicas de su entorno.

La verdadera potencia de los gemelos digitales reside en su capacidad de actualización bidireccional mediante la integración de sensores de Internet de las Cosas (IoT) y redes de comunicación de baja latencia. Un gemelo digital no es una maqueta virtual inerte; es un ecosistema de datos que monitorea en tiempo real la integridad estructural, el flujo de fluidos y el rendimiento térmico de los sistemas. Como señalan Zhu et al. (2025) en *Engineering Structures*, esta capacidad permite transitar desde el mantenimiento correctivo a menudo ineficiente y costoso hacia un modelo de Mantenimiento Predictivo basado en algoritmos de inteligencia artificial. Al detectar anomalías imperceptibles para el ojo humano, como microfisuras estructurales o pérdidas de eficiencia en sistemas de climatización, el gemelo digital extiende la vida útil de la infraestructura de forma segura, evitando demoliciones prematuras y el consecuente desperdicio de carbono embebido que implicaría una nueva construcción. Para el Estado, esto significa una transición del modelo reactivo de "gestión de crisis" a uno proactivo de "gestión del rendimiento", donde la eficiencia no es una promesa de diseño, sino una métrica ajustada continuamente en función de datos empíricos.

Desde la perspectiva de la descarbonización profunda, los gemelos digitales facilitan la implementación de estrategias de Economía Circular mediante la creación de Bancos de

Materiales. Al registrar digitalmente la composición química, la procedencia y el potencial de reciclaje de cada componente estructural, el gemelo digital asegura que, al final de la vida útil del activo, los materiales puedan ser recuperados e integrados en nuevos ciclos productivos con una mínima pérdida de valor. Investigaciones de López et al. (2024) sugieren que la integración de BIM con tecnologías de blockchain permite una trazabilidad total del carbono, garantizando que los créditos de carbono asociados a la obra pública sean verificables y transparentes. Este nivel de auditoría digital es esencial para que los gobiernos cumplan con los compromisos del Acuerdo de París y las metas nacionales de descarbonización, transformando la infraestructura en un activo financiero y ambientalmente responsable.

Finalmente, el escalamiento de estas tecnologías requiere una actualización de los Marcos Legales de Contratación Pública, donde el uso de BIM sea obligatorio no solo para la fase de construcción, sino como un requisito de entrega para la operación del activo. El desarrollo de Ciudades Esponja y distritos de energía positiva depende de la capacidad de estos gemelos digitales para interoperar entre sí, creando una Red de Infraestructura Inteligente que optimice el flujo de agua, energía y transporte a escala urbana. Como sostiene la OCDE (2024), la soberanía tecnológica de las naciones dependerá de su capacidad para gestionar sus activos físicos mediante infraestructuras de datos soberanas. La digitalización no es, por tanto, un fin en sí mismo, sino el sustrato tecnológico que permitirá que la ingeniería civil del siglo XXI sea regenerativa, eficiente y, ante todo, compatible con los límites termodinámicos de la biósfera.

5.4.2. Edificios Inteligentes (BMS) y el Concepto de Net-Zero Energy Buildings (NZEB)

La construcción de edificios públicos debe alinearse con el estándar de Edificios de Energía Casi Nula (NZEB - Net-Zero Energy Buildings), un paradigma que redefine la edificación no como un consumidor de recursos, sino como una unidad activa de generación y eficiencia. Este estándar se fundamenta en una jerarquía de diseño que prioriza, en primera instancia, la reducción drástica de la demanda mediante el ecodiseño y, en segunda instancia, la cobertura del consumo remanente a través de fuentes renovables in situ. La operativización de este concepto se logra mediante la integración de Sistemas de Gestión de Edificios (BMS - Building Management Systems) de quinta generación, los cuales utilizan algoritmos de aprendizaje automático para automatizar la iluminación, la climatización y la ventilación en función de la ocupación real detectada por redes de sensores y las fluctuaciones de las condiciones climáticas externas. Investigaciones de Santamouris et al. (2024) en *Renewable and Sustainable Energy Reviews* destacan que la implementación de estrategias de

enfriamiento pasivo como la masa térmica activada, el enfriamiento radiactivo nocturno y la ventilación natural asistida combinadas con sistemas de control inteligente, puede reducir la demanda de refrigeración en climas tropicales y subtropicales hasta en un 40%.

La arquitectura de un edificio inteligente bajo el estándar NZEB debe integrar la envolvente como una interfaz termodinámica activa. La contratación pública debe transitar hacia una normativa que exija que cada nuevo edificio gubernamental funcione como una planta de energía virtual, integrando Sistemas Fotovoltaicos Integrados en Edificios (BIPV) en fachadas y cubiertas, junto con sistemas de almacenamiento térmico de alta densidad. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2025), la adopción de estos estándares en el sector público es fundamental para alcanzar la neutralidad de carbono hacia 2050, ya que los edificios institucionales poseen perfiles de carga predecibles que facilitan la optimización del autoconsumo. El uso de Materiales de Cambio de Fase (PCM) en los elementos constructivos permite que el edificio almacene energía térmica durante las horas de baja demanda y la libere de forma pasiva cuando la carga térmica aumenta, reduciendo los picos de consumo eléctrico y suavizando la interacción con la red eléctrica nacional. Este enfoque no solo mitiga la huella de carbono operacional, sino que reduce significativamente los costos operativos fiscales a largo plazo, garantizando que el Estado lidere con el ejemplo en la transición energética (UNEP, 2024).

Desde una perspectiva de innovación digital, el estándar NZEB se potencia mediante la convergencia con los Gemelos Digitales. El BMS alimenta continuamente al modelo virtual con datos empíricos, permitiendo que un sistema de inteligencia artificial optimice los set-points de confort térmico basándose en predicciones meteorológicas locales. Investigaciones de Zhu et al. (2025) demuestran que el uso de Model Predictive Control (MPC) en edificios públicos permite anticipar las ganancias térmicas solares y ajustar la inercia del edificio con horas de antelación, logrando una eficiencia energética que supera en un 25% a los sistemas de control PID tradicionales. Esta "inteligencia operativa" permite que el edificio participe en programas de respuesta a la demanda (Demand Response), desconectando cargas no críticas durante picos de demanda en la red urbana, lo que genera ingresos adicionales para la administración pública y aumenta la estabilidad del sistema eléctrico.

Finalmente, el marco legal de la obra pública debe integrar criterios de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para evitar que la búsqueda del estándar NZEB resulte en un aumento desproporcionado del carbono embebido en los materiales de alta tecnología. La innovación

debe equilibrar la sofisticación del BMS con el uso de materiales vernáculos tecnológicamente mejorados y aislamientos de base biogénica. Como sostiene la OCDE (2024), la transición hacia edificios inteligentes en el sector público debe ser vista como una inversión en resiliencia urbana; en un escenario de cambio climático extremo, los edificios NZEB pueden mantener condiciones de habitabilidad y servicios críticos incluso durante interrupciones en el suministro energético externo. En conclusión, el edificio NZEB no es solo un objetivo técnico, sino una herramienta de soberanía energética y responsabilidad climática que transforma la infraestructura del Estado en el motor de una economía descarbonizada.

5.4.3. Integración de Energías Renovables en la Obra Pública

La infraestructura vial y civil, tradicionalmente concebida como un conjunto de activos pasivos destinados al soporte de cargas o al tránsito, ofrece en la actualidad superficies masivas y subutilizadas que poseen un potencial técnico disruptivo para la generación de energía limpia in situ. El concepto de Infraestructura Energéticamente Activa representa la transición hacia un modelo donde el activo público se convierte en un nodo de generación distribuida, mitigando la necesidad de expandir redes de transmisión de larga distancia y reduciendo las pérdidas por transporte energético. Esta integración incluye la instalación de Sistemas Fotovoltaicos en Cobertizos de Autopistas, el uso de barreras de sonido fotovoltaicas (PVNB - Photovoltaic Noise Barriers) y la implementación de turbinas micro eólicas de eje vertical en puentes urbanos, donde el efecto túnel de los vientos puede ser aprovechado para una generación constante. Según la IRENA (2024), el potencial de generación fotovoltaica integrada en la infraestructura vial de América Latina es de tal magnitud que podría cubrir el 100% de la demanda energética necesaria para la iluminación pública, la señalización inteligente y los sistemas de monitoreo de tráfico, eliminando la dependencia de la red eléctrica nacional y permitiendo que estas infraestructuras operen de manera autónoma incluso durante apagones sistémicos.

Más allá de la superficie, la innovación se extiende al subsuelo mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica superficial. La implementación de cimientos termo-activos (Energy Piles) en estaciones de metro, túneles y grandes edificios públicos permite utilizar la inercia térmica de la corteza terrestre como un intercambiador de calor natural. Esta tecnología utiliza tuberías de polietileno integradas en los elementos estructurales de cimentación para circular fluidos caloportadores, permitiendo la climatización de espacios interiores con un Coeficiente de Desempeño (COP) que oscila entre 4.0 y 6.0, una eficiencia

muy superior a cualquier sistema de aire acondicionado o calefacción eléctrica convencional basado en el ciclo de compresión de vapor. Investigaciones de Luo et al. (2025) en el Journal of Cleaner Production demuestran que los cimientos termo-activos no solo reducen el consumo energético operacional hasta en un 50%, sino que su integración durante la fase de construcción de la obra pública tiene un impacto marginal en el costo de capital, acelerando el retorno de la inversión mediante ahorros operativos inmediatos y reduciendo el estrés térmico sobre la red eléctrica urbana durante olas de calor extremas.

La evaluación de estos proyectos en la contratación pública debe trascender el análisis financiero tradicional (TIR/VAN) y adoptar métricas de Soberanía Energética Local y Resiliencia Sistémica. De acuerdo con el UNEP (2024), la descentralización de la generación energética a través de la infraestructura pública actúa como una salvaguarda ante fallos del sistema centralizado y desastres naturales, garantizando la continuidad de servicios críticos. La adopción de Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS) integrados en las subestaciones de carga de transporte público permite que la infraestructura actúe como una microrred capaz de suministrar energía de emergencia a la comunidad circundante. La literatura técnica actual de Zhu et al. (2026) sugiere que los estados deben implementar "Tarifas de Alimentación de Infraestructura" que permitan a los activos públicos vender el excedente de energía generada a la red nacional, creando un flujo de ingresos no tributarios que puede ser reinvertido en el mantenimiento del mismo activo, garantizando su sostenibilidad financiera a largo plazo.

Finalmente, el marco legal debe evolucionar para reconocer la Multifuncionalidad de la Infraestructura. La integración de energías renovables no debe ser un "anexo" del proyecto, sino un componente intrínseco desde la fase de prefactibilidad. La actualización de los códigos de construcción y las normas de seguridad vial es imperativa para permitir, por ejemplo, el uso de Pavimentos Solares en zonas peatonales o ciclovías, donde además de generar energía, pueden integrar sistemas de calefacción para evitar la acumulación de hielo o señalización LED dinámica. Como sostiene la OCDE (2024), la infraestructura del futuro será aquella que sea capaz de producir más energía de la que consume, transformando al Estado en un prosumidor (productor y consumidor) de energía limpia. Este enfoque cierra el ciclo de la innovación tecnológica, alineando la ingeniería civil con los límites termodinámicos de la biósfera y posicionando a la obra pública como el principal motor de la transición energética global.

5.4.4. Ecodiseño Urbano y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

La innovación en el siglo XXI debe, paradójicamente, retornar a los principios biológicos fundamentales para garantizar la resiliencia de los asentamientos humanos. El Ecodiseño Urbano y las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) no deben entenderse como elementos ornamentales de la arquitectura contemporánea, sino como infraestructuras de alto rendimiento diseñadas para restaurar servicios ecosistémicos críticos en entornos antropizados. La integración sistémica de cubiertas vegetales (techos verdes), jardines verticales y corredores de biodiversidad en los proyectos de infraestructura pública es una estrategia de ingeniería esencial para mitigar el Efecto de Isla de Calor Urbana (ICU) y gestionar de manera eficiente las aguas pluviales. Estudios fundamentales publicados en *Nature Sustainability* por Churkina et al. (2022) demuestran que la infraestructura verde posee una capacidad de secuestro de carbono biogénico que, a escala urbana, puede transformar a las ciudades de emisores netos en sumideros de carbono. Además, estas soluciones reducen la temperatura ambiente mediante la evapotranspiración y mejoran la calidad del aire al filtrar material particulado (PM10 y PM2.5), demostrando ser más costo-efectivas y resilientes que las soluciones tradicionales de "ingeniería gris" basadas exclusivamente en concreto y acero.

La transición hacia este paradigma exige que la contratación pública evolucione desde una visión de cumplimiento normativo hacia un modelo de Ingeniería Regenerativa. Bajo este enfoque, el objetivo del proyecto de infraestructura deja de ser la simple minimización del daño para centrarse en la maximización del impacto positivo en el ecosistema local. Esto implica que la obra pública debe ser diseñada para coexistir y potenciar la flora y fauna autóctona, actuando como un conector ecológico en lugar de una barrera física. Según la OCDE (2024), este cambio requiere una reestructuración de las competencias profesionales; los ingenieros y arquitectos públicos deben ser capacitados en el uso de materiales de bajo impacto, biopolímeros y técnicas de construcción que favorezcan la permeabilidad del suelo y la conectividad hídrica. La infraestructura se convierte, de este modo, en un componente vivo de la biósfera urbana, donde los sistemas de drenaje sostenible (SUDs) y los bosques urbanos actúan como una red de seguridad climática que protege a la población ante inundaciones extremas y olas de calor, cumpliendo con el ODS 11 (Ciudades Sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el Clima).

Desde la perspectiva de la eficiencia operativa, el ecodiseño aplicado a la envolvente de los edificios públicos reduce la carga térmica, disminuyendo la dependencia de sistemas

mecánicos de climatización intensivos en energía. Investigaciones de Santamouris et al. (2024) destacan que los techos verdes de alta densidad pueden reducir la temperatura interior de los edificios hasta en 5°C durante el verano, lo que se traduce en un ahorro directo en el gasto público de energía. Asimismo, la implementación de Corredores Verdes Multifuncionales no solo promueve la movilidad no motorizada, sino que facilita la recarga de acuíferos mediante el uso de bioswales (cunetas verdes) que filtran contaminantes antes de que el agua retorne al ciclo hidrológico. Como señala el UNEP (2024), la valorización de estos beneficios ecosistémicos en los pliegos de contratación pública permite justificar inversiones iniciales ligeramente superiores mediante un análisis de costo-beneficio que incorpore la reducción de riesgos de desastres y la mejora en la salud mental y física de los ciudadanos, factores que tradicionalmente han sido externalizados por la ingeniería civil clásica.

Finalmente, el éxito de las SbN en la obra pública depende de la Gobernanza y el Monitoreo Digital. El uso de gemelos digitales y sensores IoT es fundamental para supervisar el estado fitosanitario de la infraestructura verde y optimizar el riego mediante el uso de agua de lluvia recuperada. Autores como López et al. (2025) sostienen que la infraestructura regenerativa debe ser entendida como un sistema dinámico que requiere una gestión adaptativa basada en datos. En América Latina, la integración de SbN ofrece una oportunidad única para cerrar la brecha de infraestructura mediante soluciones que aprovechan la rica biodiversidad regional y los conocimientos locales, reduciendo la vulnerabilidad de las poblaciones más expuestas al cambio climático. En conclusión, el ecodiseño y las SbN representan la madurez de la tecnología limpia: una ingeniería que ya no lucha contra la naturaleza para dominarla, sino que se mimetiza con ella para garantizar la supervivencia y el bienestar de la sociedad en un planeta con recursos finitos (European Environment Agency, 2025).

CAPÍTULO VI.

Gestión del Impacto: Indicadores, Seguimiento y Transparencia

La contratación pública sostenible (CPS) representa una de las palancas más poderosas de los Estados para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las metas del Acuerdo de París. Sin embargo, como bien señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2021), existe una brecha crítica entre la intención política y la implementación operativa. El éxito de estas políticas no reside en la mera inclusión de cláusulas ambientales en los pliegos de condiciones, sino en la capacidad institucional para monitorear el cumplimiento de dichas obligaciones durante la ejecución contractual. La gestión del impacto requiere, por tanto, un cambio de paradigma: pasar del enfoque de precio más bajo a un análisis de "valor por dinero" (Value for Money) que integre externalidades negativas y positivas en todo el ciclo de vida del objeto contractual.

6.1. Herramientas Digitales de Control: El rol del SECOP y el SOCE en la visibilidad de la compra verde

La transición del modelo de contratación pública hacia la sostenibilidad es, fundamentalmente, un desafío de gestión de información. Como sostienen Sönnichsen y Clement (2020), la implementación de la Contratación Pública Verde (CPV) a menudo se ve obstaculizada por la "opacidad de los datos" y la incapacidad de los compradores para verificar las declaraciones ambientales de los proveedores. En este escenario, el e-Procurement deja de ser una mera digitalización de archivos para convertirse en una herramienta de control preventivo. En el caso de Ecuador, el Sistema Oficial de Contratación del Estado (SOCE), gestionado por el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), actúa como el eje gravitacional que permite la visibilidad del gasto público con criterios de triple impacto. La literatura reciente de Casas & Vivas (2021) subraya que la digitalización en la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG) ha permitido reducir la discrecionalidad administrativa, sustituyendo la evaluación subjetiva por algoritmos de cumplimiento basados en datos estructurados que vinculan la oferta con estándares internacionales de economía circular.

El SOCE no solo facilita la transacción, sino que permite la parametrización de la sostenibilidad desde la fase preparatoria. Según investigaciones de Panchenko et al. (2023), la

eficacia de las plataformas digitales radica en su capacidad para integrar campos de datos obligatorios que exijan al funcionario público justificar el uso (o la omisión) de criterios ambientales. En el contexto ecuatoriano, esto se traduce en la capacidad del SERCOP para monitorear, a través del sistema, la inclusión de fichas técnicas con requisitos de eficiencia energética o certificaciones de origen lícito de materiales. La visibilidad que otorga el SOCE es crítica para evitar el greenwashing institucional, ya que permite la trazabilidad completa del ciclo de vida del proceso. Al respecto, Grandia (2021) enfatiza que la transparencia digital es el antídoto contra la resistencia al cambio, puesto que permite a los entes de control y a la sociedad civil auditar en tiempo real si los beneficios ambientales declarados en los pliegos se traducen en obligaciones contractuales exigibles en la fase de ejecución.

Uno de los avances más significativos del SERCOP ha sido la implementación de Catálogos Dinámicos Inclusivos (CDI). Estos instrumentos digitales funcionan como mercados electrónicos precalificados donde los criterios de sostenibilidad y economía social ya han sido verificados por la autoridad central. Igarza (2022) argumenta que estas herramientas son fundamentales para la justicia distributiva, ya que el sistema prioriza algorítmicamente a las asociaciones de economía popular y solidaria y a los productores locales. El SOCE, al automatizar esta priorización, elimina las barreras burocráticas que tradicionalmente marginaban a las MIPYMES sostenibles. Además, la integración de la factura electrónica y el registro único de proveedores permite que la plataforma realice un seguimiento cruzado de los impactos, asegurando que el proveedor adjudicado mantenga sus estándares de sostenibilidad durante toda la vigencia del acuerdo marco, una práctica alineada con las recomendaciones de la OCDE (2021) sobre la conducta empresarial responsable en las cadenas de suministro estatales.

6.1.1. La Transformación Digital como Habilitadora de la Sostenibilidad

La transición del modelo de contratación pública hacia la sostenibilidad no es una simple evolución normativa, sino un cambio de paradigma informático. Como bien exponen Sönnichsen & Clement (2020), la carencia de datos estructurados ha sido históricamente el "cuello de botella" que ha impedido que la Contratación Pública Sostenible (CPS) escale de proyectos piloto a políticas de Estado transversales. Sin embargo, la maduración de los ecosistemas de e-Procurement está reconfigurando esta realidad. La transformación digital permite que los criterios de sostenibilidad dejen de ser cláusulas estáticas y se conviertan en flujos de datos dinámicos, capaces de ser monitoreados en tiempo real. Investigaciones

recientes de Panchenko et al. (2023) sugieren que la integración de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) y el Machine Learning en las plataformas estatales permite realizar una vigilancia predictiva del impacto ambiental, transformando el expediente administrativo en un activo de inteligencia climática.

El núcleo del problema en la compra verde reside en la asimetría de información entre el comprador público y el proveedor privado. El comprador, a menudo, carece de los medios técnicos para verificar la veracidad de una declaración ambiental. Aquí, la digitalización actúa como un mecanismo de transparencia radical. Según Casas & Vivas (2021), las plataformas de cuarta generación (4.0) permiten la interoperabilidad entre las bases de datos de contratación y los registros de certificaciones ambientales (como el etiquetado tipo I de la ISO 14024). Esta interconexión asegura que, cuando un proveedor carga una oferta en el sistema, este verifique automáticamente la vigencia y autenticidad de sus credenciales sostenibles. Esta "validación automatizada" reduce drásticamente los costos de transacción y elimina el error humano, permitiendo que la sostenibilidad sea un criterio de calificación objetivo y no una mera aspiración documental.

La transformación digital ha extendido el alcance de la supervisión estatal más allá de la entrega del producto. La literatura actual de Alhola et al. (2021) destaca que el monitoreo en tiempo real del ciclo de vida de los productos (LCC) es ahora posible mediante la integración de sensores y facturación electrónica detallada. En sectores críticos como la construcción de infraestructura o la gestión de flotas vehiculares, la digitalización permite capturar datos de consumo energético, emisiones de CO₂ y tasas de mantenimiento directamente desde el uso del bien. Esto permite que las entidades contratantes apliquen el modelo de "Producto como Servicio" (Product-as-a-Service), donde el Estado no compra un activo, sino un resultado de desempeño ambiental garantizado por datos. Como argumentan Fuentes et al. (2022), esta capacidad de seguimiento post-adjudicación es lo que dota de "dientes" a la contratación pública verde, permitiendo la aplicación de sanciones o incentivos basados en el desempeño real y no solo en promesas de pliego.

Desde una perspectiva social, la digitalización actúa como un ecualizador de oportunidades. Igarza (2022) sostiene que la complejidad de los requisitos de sostenibilidad suele excluir a las MIPYMES y a las organizaciones de la economía popular y solidaria. No obstante, el desarrollo de interfaces simplificadas, catálogos electrónicos dinámicos y sistemas de asistencia virtual (Chatbots de cumplimiento) facilita que los pequeños proveedores

comprendan y adopten los estándares exigidos por el Estado. La transformación digital, por tanto, no solo habilita la sostenibilidad ambiental, sino que fortalece la "Justicia Distributiva" al abrir el mercado público a proveedores que, aunque sostenibles en sus prácticas, carecían de la infraestructura administrativa para competir en procesos analógicos. La transparencia que otorga el dato abierto permite además que la ciudadanía actúe como un "auditor de impacto", visualizando a través de dashboards cómo cada centavo del gasto público contribuye a los compromisos nacionales de descarbonización.

Finalmente, la evolución hacia una gobernanza algorítmica representa la frontera final de esta transformación. De acuerdo con las directrices de la OCDE (2021) y estudios de Grandia & Kruyen (2020), el uso de analítica avanzada permite a los Estados identificar patrones de demanda agregada que pueden ser utilizados para traccionar la innovación en el mercado privado. Al consolidar datos sobre qué bienes sostenibles son más demandados y cuáles presentan fallas en su ciclo de vida, el Estado puede enviar señales claras a la industria para que invierta en soluciones de economía circular. La digitalización, en este sentido, convierte a la contratación pública en un "laboratorio de políticas públicas" donde el éxito se mide mediante indicadores de desempeño (KPIs) robustos, trazables y auditables, garantizando que la sostenibilidad sea el eje rector de la eficiencia administrativa moderna.

6.1.2. El SECOP II (Colombia): Datos Estructurados y Visibilidad

La evolución del sistema de compra pública en Colombia, marcada por la transición del SECOP I (basado en la publicidad de documentos) al SECOP II (basado en transacciones de datos), constituye un hito en la gobernanza ambiental de la región. De acuerdo con Casas & Vivas (2021), la efectividad de la Contratación Pública Sostenible (CPS) depende críticamente de la "granularidad" del dato, es decir, de la capacidad del sistema para desglosar cada componente del gasto público. Antes de la reforma de 2023, la identificación de una "compra verde" dependía de un análisis semántico manual de los anexos técnicos, un proceso propenso a errores y omisiones. Con la integración de campos obligatorios para la identificación de beneficios ambientales y sociales, la Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente (CCE) ha logrado transformar la plataforma en un ecosistema de datos estructurados. Esta estructura permite que la sostenibilidad deje de ser un concepto etéreo y se convierta en una variable cuantificable, auditable y comparable entre diferentes sectores del Estado.

La arquitectura del SECOP II permite ahora capturar información desde la fase de planeación, vinculando los códigos de bienes y servicios (UNSPSC) con atributos específicos de sostenibilidad. Según investigaciones de Panchenko et al. (2023), este nivel de estructuración es el prerrequisito para la implementación de modelos de Inteligencia Artificial que detecten anomalías en la contratación o predigan el retorno ambiental de la inversión. En Colombia, esto se traduce en la capacidad de generar tableros de control (Dashboards) de inversión verde, los cuales permiten a los tomadores de decisiones visualizar en tiempo real qué porcentaje del presupuesto nacional está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Como argumentan Grandia & Kruiyen (2020), la visibilidad del dato estructurado mitiga el riesgo de greenwashing, ya que obliga a las entidades contratantes a categorizar sus requisitos bajo estándares técnicos verificables, como certificaciones de eficiencia energética o planes de manejo de residuos, los cuales quedan anclados al expediente digital de forma indeleble.

Uno de los avances más disruptivos permitidos por la granularidad del SECOP II es la supervisión de las obligaciones posconsumo. La literatura reciente de Alhola et al. (2021) subraya que la sostenibilidad no termina con la entrega del bien, sino que abarca su disposición final bajo modelos de economía circular. En el contexto colombiano, la plataforma digital permite vincular las obligaciones del contratista respecto a la gestión de residuos peligrosos o electrónicos directamente con el contrato. Esta trazabilidad asegura que los entes de control, como la Contraloría General de la República, puedan verificar mediante auditorías digitales si el contratista cumplió con la logística inversa pactada. La integración de la factura electrónica con el SECOP II fortalece este control, permitiendo cruzar información sobre los volúmenes de bienes adquiridos versus los certificados de disposición final cargados en el sistema, cerrando así el ciclo de vida del producto de manera transparente y verificable.

La visibilidad otorgada por el SECOP II trasciende el control administrativo y se convierte en una herramienta de participación ciudadana. Siguiendo los estándares de la Open Contracting Partnership (2021), Colombia ha puesto a disposición del público conjuntos de datos masivos que permiten a la academia y a las organizaciones de la sociedad civil evaluar el desempeño ambiental del Estado. Investigaciones de Testa et al. (2021) demuestran que el escrutinio público, facilitado por datos abiertos y legibles por máquinas, es uno de los incentivos más poderosos para que las agencias públicas mejoren sus estándares de sostenibilidad. Al democratizar el acceso a la información sobre quién compra, qué compra y

bajo qué criterios de impacto lo hace, el SECOP II reduce las barreras para el control social, permitiendo que la "compra verde" sea una política de cara a la ciudadanía, fundamentada en evidencia técnica y no solo en retórica institucional.

- **Trazabilidad del Posconsumo:** La plataforma permite ahora vincular las obligaciones de gestión de residuos directamente al contrato, facilitando que los entes de control verifiquen si el contratista cumplió con la disposición final de luminarias, baterías o equipos electrónicos.
- **Análisis de Datos:** El uso de datos abiertos (Open Data) permite a la sociedad civil auditar si las "compras verdes" son realmente tales o si existe un fenómeno de greenwashing institucional.

6.1.3. El SOCE y la Estandarización en Ecuador

El modelo de contratación pública en Ecuador, articulado a través del Sistema Oficial de Contratación del Estado (SOCE) y gestionado por el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), ha evolucionado hacia una estructura que prioriza la estandarización técnica como vehículo de sostenibilidad. A diferencia de los modelos basados exclusivamente en la libre concurrencia de precios, el SOCE utiliza herramientas de agregación de demanda y precalificación que permiten al Estado ecuatoriano dirigir el gasto público hacia objetivos de desarrollo nacional. Como bien señalan Casas & Vivas (2021), la digitalización en los países miembros de la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG) ha sido el factor determinante para la inclusión de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) sostenibles, al dismantelar las barreras de entrada burocráticas y sustituirlas por flujos de información predecibles y automatizados. En Ecuador, esta visión se materializa en los Catálogos Dinámicos Inclusivos (CDI), los cuales operan bajo una lógica de estandarización que reduce la asimetría de información y garantiza que los productos y servicios adquiridos por el Estado cumplan con estándares mínimos de impacto social y ambiental antes de entrar en la fase de transacción.

La estandarización dentro del SOCE no es meramente administrativa; es una decisión de política ambiental. Mediante la creación de fichas técnicas normalizadas, el SERCOP puede integrar criterios de economía circular de manera transversal para todo el sector público. De acuerdo con investigaciones de Alhola et al. (2021), la estandarización es el prerrequisito para la "comitencia pública circular", ya que permite definir de antemano la durabilidad,

reparabilidad y reciclabilidad de los bienes. En el contexto ecuatoriano, esto permite que, al estandarizar productos de mobiliario o papelería, el sistema digital pueda exigir certificaciones de origen lícito de madera o porcentajes mínimos de material reciclado. Este enfoque de "sostenibilidad por diseño" en la plataforma digital asegura que el 100% de las entidades contratantes, independientemente de su capacidad técnica individual, ejecuten compras verdes al seleccionar productos del catálogo, mitigando el riesgo de falta de pericia técnica en la formulación de pliegos que suele afectar a las entidades de nivel subnacional (Fuentes et al., 2022).

La arquitectura digital de los CDI en el SOCE representa uno de los mecanismos de "Justicia Distributiva" más avanzados de la región. Al automatizar la priorización de proveedores locales, artesanos y actores de la Economía Popular y Solidaria (EPS), el sistema digital ejecuta una redistribución del ingreso de forma algorítmica. Igarza (2022) sostiene que la contratación pública socialmente responsable requiere herramientas digitales que eliminen la discrecionalidad del funcionario, asegurando que la cuota de mercado para grupos vulnerables sea efectiva y no solo nominal. El SOCE permite que la precalificación de estos proveedores incluya criterios de sostenibilidad social, tales como la equidad de género en la gobernanza de las cooperativas o el cumplimiento de estándares de trabajo decente. Esta visibilidad del proveedor, vinculada a su historial de cumplimiento en la plataforma, permite al SERCOP generar incentivos para que las MIPYMES inviertan en procesos productivos más limpios, sabiendo que la plataforma digital les garantiza un mercado cautivo siempre que mantengan sus estándares de sostenibilidad.

La integración de herramientas de monitoreo en el SOCE permite al Estado ecuatoriano transitar de la fiscalización documental a la auditoría de impacto en tiempo real. Según la OCDE (2021), la transparencia en la contratación pública moderna debe centrarse en el "Valor por Dinero" (Value for Money), integrando los costos operativos y las externalidades ambientales en el análisis de eficiencia. En Ecuador, la digitalización de las facturas y la interconexión con los sistemas de tesorería permiten que el SOCE genere datos sobre el ahorro real derivado de la compra de bienes más eficientes. Investigaciones de Panchenko et al. (2023) destacan que esta capacidad de análisis masivo de datos (Big Data) es lo que permite a los países identificar fallas en la cadena de suministro y ajustar los criterios de sostenibilidad de manera dinámica. Para Ecuador, esto significa que el SOCE no es un sistema estático, sino una herramienta de aprendizaje institucional que, al visibilizar los resultados de la compra verde,

proporciona la evidencia técnica necesaria para justificar el pago de un precio mayor por productos que generen un ahorro superior en su ciclo de vida y un impacto positivo en el tejido social local.

6.1.4. El Expediente Electrónico y la Auditoría Algorítmica

Para profundizar en el análisis del expediente electrónico y la auditoría algorítmica como pilares de la gestión del impacto, desarrollaré una expansión técnica que aborda la transición desde el control documental reactivo hacia el monitoreo proactivo basado en datos. Este análisis se sustenta en la convergencia de la integridad de los datos y la inteligencia analítica para garantizar el cumplimiento de las metas de sostenibilidad.

La implementación del expediente electrónico en la contratación pública constituye el sustrato técnico indispensable para la integridad de los datos de sostenibilidad. Como señalan Panchenko et al. (2023), la digitalización integral del ciclo contractual permite que la información deje de estar fragmentada en silos físicos para consolidarse en un ecosistema de datos trazables. Esta transición no solo cumple un objetivo ambiental intrínseco al eliminar el consumo masivo de papel y reducir la huella de carbono administrativa, sino que habilita la aplicación de técnicas de Big Data y Analítica Avanzada para detectar anomalías en el cumplimiento de cláusulas ambientales. La "auditoría algorítmica" surge entonces como una capacidad disruptiva que permite a las entidades de control comparar, de forma automatizada y masiva, los requisitos de sostenibilidad exigidos en los pliegos de condiciones frente a las facturas electrónicas, los certificados de origen y los reportes de cumplimiento cargados por el proveedor. Este nivel de fiscalización digital mitiga el riesgo de greenwashing contractual, asegurando que los compromisos de triple impacto se traduzcan en acciones verificables y no queden relegados a meras declaraciones de intención.

6.1.4.1. Integridad de Datos y Trazabilidad mediante la Firma Electrónica

La validez jurídica y la inalterabilidad de los compromisos de sostenibilidad descansan sobre la arquitectura de la firma electrónica y el sellado de tiempo (timestamping). Según investigaciones de Casas & Vivas (2021), la integridad del expediente electrónico garantiza una "cadena de custodia" de las decisiones técnicas. En un proceso de contratación sostenible, esto significa que las justificaciones para el uso de criterios de evaluación verdes o sociales quedan blindadas contra modificaciones posteriores, permitiendo una trazabilidad absoluta en caso de auditorías externas. La literatura de Grandia & Kruien (2020) enfatiza que esta

transparencia digital reduce la discrecionalidad administrativa; al estar cada documento interconectado y fechado digitalmente, el sistema puede identificar si los certificados ambientales presentados por el adjudicatario corresponden efectivamente al objeto contractual y si fueron validados correctamente por el comité evaluador, eliminando las opacidades que históricamente han rodeado a la contratación pública analógica.

6.1.4.2. Auditorías Verdes Automatizadas y Machine Learning

La verdadera potencia del expediente electrónico reside en su capacidad para ser procesado por algoritmos. Las "auditorías verdes" automatizadas, mencionadas por Panchenko et al. (2023), representan un salto cualitativo desde la revisión por muestreo hacia la fiscalización del 100% del gasto público. Mediante el uso de Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP), los sistemas pueden escanear miles de anexos técnicos para identificar discrepancias entre los estándares de sostenibilidad prometidos y la ejecución real. Por ejemplo, si un contrato de infraestructura exige el uso de cemento con baja huella de carbono, los algoritmos de auditoría pueden cruzar los datos de la factura electrónica del proveedor con las bases de datos de certificadoras ambientales internacionales. Como sostienen Fuentes et al. (2022), esta capacidad de verificación cruzada permite que las sanciones por incumplimiento ambiental se activen de forma casi inmediata, transformando el contrato en un instrumento dinámico de gestión climática que responde a datos empíricos y no a reportes subjetivos de supervisión.

6.1.4.3. Prevención de Anomalías y Análisis Predictivo de Riesgos Sociales

Más allá del control ambiental, el expediente electrónico es una herramienta fundamental para la detección de anomalías sociales. La integración de datos de seguridad social y registros mercantiles permite que los sistemas de auditoría algorítmica identifiquen riesgos de precarización laboral o incumplimiento de cuotas de inclusión de grupos vulnerables. De acuerdo con Igarza (2022), la analítica de datos en el e-procurement permite detectar patrones de colusión o empresas de fachada que intentan capturar beneficios destinados a las MIPYMES sostenibles. El análisis predictivo, sustentado en el histórico de datos del expediente electrónico, permite a las agencias de contratación calificar a los proveedores no solo por su solvencia financiera, sino por su "índice de riesgo de sostenibilidad". Esta visión preventiva, alineada con las directrices de la OCDE (2021), asegura que el Estado actúe como un comprador responsable que utiliza la tecnología para blindar sus

cadenas de suministro contra abusos laborales y daños ecológicos, consolidando una cultura de rendición de cuentas basada en la evidencia digital.

6.2. Diseño de Indicadores de Triple Impacto: Medición del ahorro de recursos y beneficios sociales

La medición del impacto en la contratación pública sostenible constituye el eje gravitacional sobre el cual se sostiene la transparencia y la eficiencia del gasto estatal moderno. Como bien argumentan Cheng et al. (2022), la efectividad de las políticas de compra verde y social no puede autoproclamarse; debe demostrarse a través de indicadores de desempeño (KPIs) que posean rigor científico, operabilidad administrativa y comparabilidad longitudinal. La ausencia de métricas robustas conduce inevitablemente a la incertidumbre de impacto, un fenómeno donde las instituciones incurren en costos de implementación de políticas sostenibles sin poder validar el retorno real en términos de bienestar social o preservación ambiental. En este contexto, el diseño de indicadores debe abandonar el enfoque de cumplimiento documental para adoptar la lógica de la Triple Línea de Base (Triple Bottom Line), integrando de manera sistémica las dimensiones ambiental, social y económica en un modelo de evaluación que permita a los tomadores de decisiones justificar el valor por dinero (Value for Money) ante la ciudadanía y los entes de control.

6.2.1. Indicadores Ambientales: Cuantificación de la Huella y Economía Circular

La gestión del impacto ambiental en la Contratación Pública Sostenible (CPS) ha evolucionado desde un enfoque reactivo, basado en la verificación de certificaciones, hacia un modelo proactivo de cuantificación de externalidades. Como bien señala la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG, 2021), la legitimidad de la "compra verde" no reside en la etiqueta, sino en la demostración empírica del ahorro de recursos naturales y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este cambio de paradigma exige que las entidades contratantes diseñen indicadores que capturen la complejidad del ciclo de vida de los bienes y servicios. Investigaciones de Alhola et al. (2021) han demostrado que los indicadores de "Circularidad" representan la métrica más precisa para evaluar el éxito de las políticas estatales, ya que no solo miden el impacto negativo evitado, sino la capacidad del sistema para mantener el valor de los recursos dentro de la economía por el mayor tiempo posible. Estos indicadores se desglosan en tres ejes críticos: eficiencia de recursos, descarbonización y gestión del fin de vida.

6.2.1.1. Eje de Eficiencia de Recursos y Huella Hídrica y Energética

La eficiencia de recursos constituye el primer pilar de la cuantificación ambiental. Según Cheng et al. (2022), la CPS debe ser capaz de reportar ahorros absolutos y relativos en el consumo de insumos críticos. El ahorro de energía eléctrica, medido en kilovatios-hora (kWh), debe ser rastreable desde la adquisición de equipos con estándares de eficiencia (como Energy Star o etiquetas clase A) hasta su operación real. No obstante, la métrica moderna va más allá de la eficiencia del equipo; implica el cálculo de la energía embebida en la cadena de suministro. Del mismo modo, el indicador de ahorro de agua se cuantifica en metros cúbicos (m^3) evitados, especialmente en contratos de servicios de limpieza, mantenimiento de zonas verdes o infraestructura hidrosanitaria. Como argumentan Fuentes et al. (2022), la integración de estos indicadores en los sistemas de e-procurement permite generar una "línea base" de consumo institucional que facilita la comparación anual y la rendición de cuentas climática del sector público ante organismos internacionales.

6.2.1.2. Eje de Descarbonización y Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

La métrica de descarbonización es, quizás, la más exigente en términos de recolección de datos. La cuantificación de la huella de carbono ($\$tCO_2e\$$) debe realizarse bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), tal como recomiendan las directrices de la Unión Europea (2021) para compras verdes. Investigaciones de Panchenko et al. (2023) destacan que las herramientas digitales de control ahora permiten a los auditores ambientales calcular las emisiones del "Alcance 3" (emisiones indirectas en la cadena de valor), las cuales suelen representar más del 80% de la huella de carbono de una entidad pública. Un indicador robusto de descarbonización debe permitir el seguimiento del factor de emisión de los materiales adquiridos (por ejemplo, cemento o acero de baja emisión) y la optimización logística del transporte. Este enfoque asegura que el Estado no solo compre productos menos contaminantes en su fase de uso, sino que traccione la descarbonización de toda la base industrial de sus proveedores, convirtiéndose en un motor de la transición energética.

6.2.1.3. Eje de Circularidad y Gestión de Materiales Posconsumo

Finalmente, los indicadores de circularidad se centran en el cierre de ciclos. Testa et al. (2021) sostienen que la eficacia de la economía circular en la contratación pública se mide mediante tres variables clave: la tasa de reciclabilidad, el porcentaje de contenido reciclado y el índice de durabilidad/reparabilidad. Este último es fundamental para combatir la

obsolescencia programada. Los indicadores deben cuantificar la cantidad de residuos (kg/ton) que han sido desviados de los rellenos sanitarios y reincorporados a procesos productivos a través de planes de responsabilidad extendida del productor (REP) pactados contractualmente. La métrica de circularidad, como señala la RICG (2021), también debe evaluar el modelo de propiedad: el paso de la compra de bienes a la contratación de servicios (Product-as-a-Service), donde el indicador de éxito es la disponibilidad y el desempeño del bien, incentivando al contratista a maximizar la vida útil y la eficiencia del recurso para reducir sus propios costos operativos y el impacto ambiental estatal. Estos indicadores se desglosan en tres ejes críticos:

- **Eficiencia de Recursos:** Se mide a través del ahorro en el consumo de agua (m^3) y energía eléctrica (kWh). Por ejemplo, la sustitución de sistemas de climatización convencionales por tecnologías de alta eficiencia debe ser monitoreada mediante indicadores de "intensidad energética", comparando el consumo base contra el consumo post-implementación.
- **Gestión de Residuos y Materialidad:** Este indicador cuantifica la cantidad de residuos reciclados o recuperados (kg/ton) generados durante la prestación de un servicio. Además, se integra el porcentaje de contenido reciclado en los bienes adquiridos, lo que fomenta el cierre de ciclos de materiales.
- **Descarbonización:** La medición de la huella de carbono (tCO_2e) evitada es el indicador de oro en el contexto del Acuerdo de París. Como señalan Fuentes-Bargues et al. (2022), las entidades deben utilizar herramientas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para determinar no solo las emisiones directas, sino también las indirectas asociadas a la cadena de suministro de sus proveedores.

6.2.2. Indicadores Sociales: Justicia Distributiva y Valor Social

La dimensión social de la contratación pública ha sido históricamente relegada a un plano secundario frente a la eficiencia económica y la sostenibilidad ambiental, debido a la percepción errónea de que sus resultados son meramente cualitativos y carecen de una estructura de reporte estandarizada. Sin embargo, como sostiene Igarza (2022), la metrificación de la equidad no es solo una posibilidad técnica, sino una obligación ética del Estado para validar su rol como motor de transformación social. La contratación pública, que representa en promedio entre el 10% y el 15% del PIB en los países de la región, debe ser medida bajo la lógica de la Justicia Distributiva, entendida como la asignación estratégica de recursos para corregir desigualdades estructurales. De acuerdo con la OCDE (2021), el éxito de la inclusión

social en las compras estatales depende de la transición de indicadores de "esfuerzo" (ej. número de procesos con cláusulas sociales) a indicadores de resultado (ej. impacto real en el ingreso de colectivos vulnerables). Esta transición exige una arquitectura de datos que permita rastrear el Valor Social generado a lo largo de la cadena de suministro, asegurando que el gasto público funcione como un mecanismo de redistribución de riqueza y no como un perpetuador de la concentración de capital.

6.2.2.1. La Metrificación de la Inclusión Laboral y el Trabajo Decente

El primer eje de la justicia distributiva se centra en la inclusión laboral de grupos de especial protección. La métrica aquí debe ser rigurosa y multidimensional, evitando el conteo superficial de vinculaciones. Según investigaciones de Grandia (2021), un indicador de impacto social robusto debe evaluar no solo la cantidad de personas contratadas (personas con discapacidad, víctimas del conflicto, minorías étnicas o mujeres cabeza de hogar), sino la calidad y permanencia de dicho empleo. Esto implica el uso de KPIs que midan la brecha salarial de género dentro de las empresas contratistas, la tasa de formalización laboral y el cumplimiento de los estándares de la OIT sobre trabajo decente.

Para que la métrica sea efectiva, autores como Testa et al. (2021) proponen la integración de sistemas de verificación cruzada con las bases de datos de seguridad social. En este sentido, la "metrificación de la equidad" permite al Estado calcular el ahorro por externalidades evitadas: una persona de un colectivo vulnerable que accede a un empleo formal a través de un contrato estatal no solo deja de depender de subsidios directos, sino que contribuye al sistema tributario y mejora los indicadores de salud y seguridad de su comunidad. Por tanto, el indicador social se convierte en un indicador de eficiencia macroeconómica, donde el valor generado supera con creces el costo administrativo de implementar la cláusula social en el pliego de condiciones.

6.2.2.2. Democratización del Mercado y Fortalecimiento de la Base Productiva Local

El segundo eje de impacto social se refiere a la capacidad del Estado para democratizar el acceso al mercado público, favoreciendo a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) y a los actores de la Economía Popular y Solidaria (EPS). Casas & Vivas (2021) argumentan que la digitalización es la herramienta que permite operacionalizar este indicador, al visibilizar la participación de estos actores en tiempo real. Sin embargo, la métrica no debe limitarse al porcentaje de adjudicación. Un investigador de CPS debe proponer indicadores de

Desarrollo de Proveedores: ¿Cuántas MIPYMES han logrado obtener certificaciones de calidad o sostenibilidad gracias a la exigencia de los contratos estatales? ¿Cuál es el índice de diversificación de la base de proveedores en regiones periféricas?

La RICG (2021) sugiere que el impacto social debe medirse también en términos de Desarrollo Local y Kilómetro Cero. Esto implica cuantificar el porcentaje del valor del contrato que permanece en el territorio de ejecución, fortaleciendo los circuitos económicos regionales. El uso del Retorno Social de la Inversión (SROI) es fundamental en este punto. Como destacan Cheng et al. (2022), el SROI permite asignar un valor monetario a los beneficios sociales que no tienen un precio de mercado, como el aumento de la cohesión comunitaria o la reducción de la delincuencia en zonas intervenidas mediante contratos de obra pública con mano de obra local. Esta métrica avanzada proporciona a los responsables de presupuesto la evidencia necesaria para defender compras que, aunque puedan tener un precio nominal ligeramente superior, generan un valor social neto sustancialmente mayor para el Estado.

6.2.2.3. Transparencia y Auditoría Social: El Empoderamiento del Ciudadano-Auditor

Finalmente, la gestión del impacto social requiere un componente de transparencia radical que permita la rendición de cuentas. La literatura de Panchenko et al. (2023) destaca que el uso de tecnologías de registro distribuido (Blockchain) y datos abiertos permite que los indicadores sociales sean públicos y verificables por la sociedad civil. La auditoría social actúa como un mecanismo de validación: si una empresa se adjudica un contrato alegando políticas de igualdad de género, los indicadores en el portal de contratación deben permitir que cualquier ciudadano verifique si esas promesas se materializan en la ejecución. Este escrutinio público, según Igarza (2022), es lo que garantiza que la contratación socialmente responsable no se convierta en una estrategia de social washing o clientelismo. Los indicadores de "Justicia Distributiva" son, en última instancia, la herramienta que permite al ciudadano evaluar si el Estado está utilizando sus impuestos para construir una sociedad más equitativa o simplemente para adquirir bienes y servicios al menor costo posible, ignorando el impacto humano de su consumo. Estos indicadores permiten al Estado validar su rol como motor de transformación social y reducción de desigualdades.

- **Inclusión de Colectivos Vulnerables:** Se mide el porcentaje de la fuerza laboral vinculada a los contratos estatales que pertenece a grupos de especial protección (personas con discapacidad, víctimas del conflicto armado, mujeres cabeza de hogar).

Este indicador no debe limitarse a la contratación inicial, sino a la permanencia y calidad del empleo generado.

- **Democratización del Mercado (MIPYMES y Artesanos):** Un indicador crítico es el porcentaje del presupuesto total adjudicado a micro y pequeñas empresas y actores de la economía popular y solidaria. Según la OCDE (2021), este KPI debe complementarse con indicadores de "desarrollo de proveedores", midiendo cuántas de estas empresas han mejorado sus certificaciones de calidad o sostenibilidad gracias a la relación contractual con el Estado.
- **Retorno Social de la Inversión (SROI):** Este indicador avanzado intenta monetizar los beneficios sociales generados. Por ejemplo, se calcula el ahorro para el sistema de salud pública derivado de la inclusión laboral de una persona con discapacidad o el impacto en la economía local por la compra a productores rurales de proximidad.

6.2.3. Indicadores Económicos: El Análisis de Valor por Dinero (VfM)

El paradigma del "precio más bajo", anclado en una visión cortoplacista de la administración financiera, ha representado históricamente el obstáculo estructural más severo para la sostenibilidad global. Esta concepción lineal de la eficiencia ignora que el ahorro nominal en el momento de la adquisición suele ocultar costos operativos, ambientales y sociales masivos que el Estado termina asumiendo de forma indirecta. El diseño de indicadores económicos modernos debe, por tanto, transitar hacia el concepto de Valor por Dinero (Value for Money - VfM). Según la OCDE (2021), el VfM no es una medida de baratura, sino una relación óptima entre los beneficios derivados de una compra y los costos totales incurridos durante su ciclo de vida. Como demuestran Testa et al. (2021), un indicador económico robusto en la CPS debe ser capaz de integrar las externalidades negativas como los costos de remediación por contaminación o los impactos en la salud pública y los ahorros operativos derivados de la eficiencia técnica. Esta metodología permite que el presupuesto público deje de ser un gasto corriente para transformarse en una herramienta de inversión estratégica que garantiza la sostenibilidad fiscal y el bienestar colectivo.

6.2.3.1. El Costo del Ciclo de Vida (LCC) como Indicador de Eficiencia Financiera

La herramienta técnica fundamental para operativizar el VfM es el Costo del Ciclo de Vida (Life Cycle Costing - LCC). A diferencia de la contabilidad tradicional, el LCC permite a los gestores públicos evaluar el costo total de propiedad. Investigaciones de Alhola et al. (2021)

subrayan que la aplicación del LCC es el único mecanismo capaz de revelar la superioridad económica de los bienes sostenibles. Por ejemplo, en la adquisición de flotas de transporte público o sistemas de iluminación urbana, el precio de compra representa apenas una fracción del gasto total; la mayor carga financiera reside en el consumo energético, el mantenimiento y la disposición final.

La métrica del LCC se desglosa en:

- **Costos de Adquisición:** Precio neto, transporte e instalación.
- **Costos Operativos:** Consumo de energía, agua y otros insumos durante la vida útil.
- **Costos de Mantenimiento:** Reparaciones, repuestos y servicios técnicos.
- **Costos de Fin de Vida:** Desmantelamiento y gestión de residuos.
- **Externalidades Monetizadas:** Principalmente el costo de las emisiones de CO2.

Como señalan Fuentes et al. (2022), la estandarización de estas fórmulas en los pliegos de condiciones permite que la evaluación de ofertas sea objetiva, eliminando la discrecionalidad y protegiendo al funcionario de posibles sanciones por adjudicar a ofertas que, siendo aparentemente más costosas, demuestran un LCC significativamente menor.

6.2.3.2. Monetización de Externalidades y Sostenibilidad Fiscal

Un indicador económico de vanguardia en la CPS debe integrar el costo social del carbono y otras externalidades ambientales. Cheng et al. (2022) argumentan que el Estado, al ignorar el costo de la contaminación en sus compras, está subvencionando indirectamente a las empresas menos eficientes y transfiriendo la carga financiera de la remediación ambiental a las generaciones futuras. La inclusión de un "precio sombra" al carbono permite monetizar el impacto climático de una oferta. De acuerdo con la Unión Europea (2021), este enfoque permite que el análisis VfM identifique el punto de equilibrio donde la inversión extra en tecnología limpia se compensa con la reducción de costos sociales y ambientales.

Esta práctica no solo es una cuestión de responsabilidad ecológica, sino de Sostenibilidad Fiscal. Al comprar bienes más duraderos y eficientes, el Estado reduce la presión sobre el presupuesto futuro. Panchenko et al. (2023) destacan que las auditorías algorítmicas modernas ya permiten proyectar estos ahorros con una precisión del 95%, lo que facilita a los ministerios de hacienda la reasignación de recursos hacia áreas críticas como educación o salud, apalancando la eficiencia obtenida en la cadena de suministro.

6.2.3.3. Retorno de la Inversión Sostenible y el Impacto en el Mercado

Finalmente, el éxito económico de la CPS debe medirse por su capacidad para traccionar la innovación en el mercado privado. El indicador de Efecto Multiplicador Local evalúa cómo el gasto público estimula la creación de economías de escala para productos verdes. Igarza (2022) sostiene que cuando el Estado actúa como un "consumidor líder", reduce los precios de las tecnologías sostenibles para el resto de la sociedad mediante la curva de aprendizaje. Por tanto, el VfM tiene una dimensión macroeconómica: el indicador económico debe capturar cómo la compra pública sostenible reduce los riesgos de la cadena de suministro nacional y mejora la competitividad del tejido empresarial local en mercados internacionales cada vez más exigentes en términos de estándares ambientales. En última instancia, la gestión del impacto económico en la CPS asegura

6.2.3.4. El Costo del Ciclo de Vida (CCV) como Métrica de Decisión

La adopción del Costo del Ciclo de Vida (CCV) representa la superación definitiva de la "miopía de la adquisición", un fenómeno administrativo donde el ahorro nominal en el precio de compra oculta ineficiencias operativas y costos ambientales masivos. Como bien establece la literatura técnica, la fórmula del CCV se constituye como la herramienta analítica por excelencia en la CPS, permitiendo una evaluación integral que suma el precio de adquisición (A), los costos de operación y energía (O), los costos de mantenimiento (M) y los costos de disposición final o desmantelamiento (D), restando el valor de salvamento o recuperación de materiales (S). Esta ecuación, expresada como, permite que las entidades contratantes transiten hacia un modelo de Valor por Dinero (Value for Money) que es, en última instancia, más riguroso con el erario público.

$$CCV = A + O + M + D - S$$

Investigaciones de Panchenko et al. (2023) destacan que, al aplicar esta métrica de forma estandarizada en sistemas de e-procurement, los bienes sostenibles resultan ser económicamente superiores en más del 70% de los casos analizados. Esta superioridad no emana de un menor costo inicial, sino de una durabilidad extendida y un consumo drásticamente inferior de insumos críticos durante la fase de ejecución contractual. La relevancia del CCV radica en su capacidad para visibilizar los costos ocultos que la contabilidad tradicional suele omitir. De acuerdo con Alhola et al. (2021), en sectores intensivos en capital como la infraestructura, el transporte y la tecnología de la información, el

precio de compra representa apenas entre el 20% y el 30% del costo total de propiedad. El 70% restante se diluye en externalidades operativas que, de no ser calculadas en la fase de evaluación de ofertas, generan presiones fiscales imprevistas en los presupuestos de funcionamiento de los años subsiguientes.

La integración de los costos de mantenimiento (M) y energía (O) en la fórmula permite que el Estado actúe como un inversor racional. Por ejemplo, al adquirir flotas de vehículos eléctricos o sistemas de iluminación LED, el incremento en el precio de adquisición se amortiza rápidamente mediante la reducción de costos en la cadena de suministro de energía y repuestos. Como argumentan Fuentes et al. (2022), la aplicación del CCV actúa como un mecanismo de blindaje jurídico para los oficiales de compra, pues proporciona una justificación técnica irrefutable ante los tribunales de cuentas y organismos de auditoría, demostrando que la selección de una oferta de mayor precio inicial es, de hecho, la decisión más responsable desde una perspectiva de eficiencia financiera y sostenibilidad fiscal a largo plazo.

Una de las fronteras más avanzadas del CCV es la inclusión de las externalidades ambientales monetizadas, específicamente el costo de las emisiones de gases de efecto invernadero. Según la OCDE (2021), la métrica moderna del CCV debe integrar el "precio sombra del carbono" para reflejar el impacto climático real del gasto público. Al asignar un valor monetario a las emisiones de CO₂ generadas durante la extracción, fabricación y uso de un bien, las entidades pueden comparar ofertas bajo un estándar de "Costo Social". Investigaciones de Cheng et al. (2022) sugieren que esta práctica es fundamental para alinear la contratación pública con las metas de descarbonización del Acuerdo de París, permitiendo que el Estado internalice los costos que, de otro modo, se transferirían a la sociedad en forma de daños climáticos o costos de remediación ambiental. Esta metodología no solo mejora la calidad ambiental de las compras, sino que fomenta la innovación en el mercado privado, incentivando a los proveedores a competir por el menor impacto total y no solo por el menor precio de estantería.

Para que el CCV se consolide como un estándar de decisión, es imperativo que los resultados de estos indicadores se presenten de forma clara mediante el uso de recursos visuales y tableros de control (dashboards). La complejidad de los cálculos de ciclo de vida requiere interfaces que faciliten la comprensión por parte de los tomadores de decisiones, el legislativo y la ciudadanía. Testa et al. (2021) destacan que la transparencia en la visualización del CCV es el antídoto más eficaz contra la percepción de que lo sostenible es más caro. Mediante el uso

de analítica de datos en plataformas como el SECOP o el SOCE, las agencias pueden proyectar escenarios de ahorro a 5, 10 o 20 años, comparando el desempeño de productos convencionales frente a alternativas de triple impacto. Esta visibilidad asegura que la elección de una oferta sostenible esté plenamente justificada ante el público, transformando la contratación pública en un ejercicio de comunicación de valor. En última instancia, como sostiene la RICG (2021), la democratización de estos datos permite que la sociedad civil audite si el Estado está gestionando sus recursos bajo criterios de eficiencia moderna o si sigue anclado en modelos de compra reactivos que comprometen la sostenibilidad fiscal y ambiental de las futuras generaciones.

La vigilancia del contrato representa el eslabón final y, a menudo, el más vulnerable de la cadena de valor de la contratación pública sostenible (CPS). Como bien establece la literatura contemporánea, un pliego de condiciones robusto en términos de sostenibilidad es estéril si no cuenta con un mecanismo de supervisión que garantice que las expectativas plasmadas en la adjudicación se traduzcan en acciones reales durante la ejecución. Según Fuentes et al. (2022), la brecha entre la "promesa verde" del licitante y el impacto real del contrato se debe a la debilidad de las auditorías de desempeño durante la fase operativa. Por tanto, la gestión del impacto exige que la supervisión e interventoría evolucionen hacia una función de auditoría técnica especializada, capaz de verificar el cumplimiento estricto de cláusulas ambientales y sociales bajo una perspectiva de responsabilidad compartida y transparencia radical.

6.3. Auditoría y Rendición de Cuentas: Verificación del cumplimiento de cláusulas ambientales

La vigilancia del contrato representa el eslabón final y, a menudo, el más vulnerable de la cadena de valor de la contratación pública sostenible (CPS). Como bien establece la literatura contemporánea, un pliego de condiciones robusto en términos de sostenibilidad es estéril si no cuenta con un mecanismo de supervisión que garantice que las expectativas plasmadas en la adjudicación se traduzcan en acciones reales durante la ejecución. Según Fuentes et al. (2022), la brecha entre la "promesa verde" del licitante y el impacto real del contrato se debe a la debilidad de las auditorías de desempeño durante la fase operativa. Por tanto, la gestión del impacto exige que la supervisión e interventoría evolucionen hacia una función de auditoría técnica especializada, capaz de verificar el cumplimiento estricto de cláusulas ambientales y sociales bajo una perspectiva de responsabilidad compartida y transparencia radical.

6.3.1. El Rol de la Supervisión e Interventoría en la Validación del Triple Impacto

La vigilancia del contrato representa el eslabón final y, a menudo, el más vulnerable de la cadena de valor de la contratación pública sostenible (CPS). Como bien establece la literatura contemporánea, un pliego de condiciones robusto en términos de sostenibilidad es estéril si no cuenta con un mecanismo de supervisión que garantice que las expectativas plasmadas en la adjudicación se traduzcan en acciones reales durante la ejecución. Según Fuentes et al. (2022), la brecha entre la "promesa verde" del licitante y el impacto real del contrato se debe a la debilidad de las auditorías de desempeño durante la fase operativa. Por tanto, la gestión del impacto exige que la supervisión e interventoría evolucionen hacia una función de auditoría técnica especializada, capaz de verificar el cumplimiento estricto de cláusulas ambientales y sociales bajo una perspectiva de responsabilidad compartida y transparencia radical. Esta transformación requiere que el supervisor deje de ser un verificador de formalidades para convertirse en un gestor de activos climáticos y sociales.

6.3.1.1. La Verificación Técnica y el Control de Externalidades en la Ejecución

La supervisión contractual en la CPS debe trascender la mera verificación de la entrega de bienes y servicios para convertirse en una guardiana de los compromisos de sostenibilidad. De acuerdo con la OCDE (2021), los supervisores deben estar facultados y capacitados para exigir evidencias técnicas del cumplimiento de los planes de manejo ambiental (PMA), licencias de aprovechamiento forestal o certificaciones de disposición final de residuos peligrosos. No basta con que el contratista presente una factura para proceder al pago; debe demostrar, mediante registros verificables, que el ciclo de vida del producto se ha respetado conforme a lo pactado en la oferta. Investigaciones de Grandia (2021) sugieren que el éxito de esta fase reside en la implementación de "Checklists de Verificación de Impacto" que vinculen los pagos contractuales al cumplimiento de indicadores ambientales específicos. Esta metodología asegura que el incentivo económico del contratista esté alineado con el desempeño ecológico, transformando el contrato en una herramienta de gestión climática activa.

6.3.1.2. Auditoría de Desempeño Energético y Operativo

Si un contrato fue adjudicado bajo la premisa de una eficiencia superior, como una reducción del 20% en el consumo energético, la interventoría tiene la obligación técnica de auditar los registros de consumo durante el primer semestre de ejecución. Según Alhola et al. (2021), esta fiscalización no solo garantiza el cumplimiento de la meta ambiental, sino que

protege la ecuación financiera del contrato definida en el Análisis de Valor por Dinero (VfM). El incumplimiento de estos estándares técnicos debe activar mecanismos de remediación o sanciones proporcionales, ya que el Estado está pagando un precio que internaliza un beneficio ambiental que no se está materializando. Esta verificación técnica asegura que la CPS no sea un mero trámite de selección cosmética, sino una disciplina que obliga al contratista a mantener estándares de ecoeficiencia durante toda la vigencia del vínculo legal, mitigando el riesgo de greenwashing operativo.

6.3.1.3. Supervisión de Cláusulas Sociales y Justicia Distributiva

En la dimensión social, la interventoría debe vigilar que la inclusión de colectivos vulnerables no sea una fachada documental. Igarza (2022) sostiene que la supervisión debe incluir auditorías de campo para verificar la vinculación real y el pago de salarios dignos a las poblaciones beneficiarias de las cláusulas sociales. Esto implica el cruce de datos con sistemas de seguridad social y entrevistas directas con el personal en los sitios de obra o prestación del servicio. La supervisión social garantiza que el contrato cumpla su función de "Justicia Distributiva", evitando que los beneficios destinados a MIPYMES o asociaciones de economía popular sean capturados por intermediarios. Como señalan Testa et al. (2021), la capacidad del supervisor para detectar incumplimientos en esta fase es lo que otorga legitimidad social a la contratación pública, asegurando que cada centavo invertido contribuya efectivamente a la reducción de desigualdades y al fortalecimiento del tejido productivo local.

6.3.1.4. Trazabilidad Digital y el Rol de la Analítica de Datos

Finalmente, la supervisión moderna se apoya en la transformación digital. La integración de plataformas de e-Procurement con herramientas de monitoreo en tiempo real permite que el supervisor reciba alertas automáticas ante desviaciones en los KPIs de sostenibilidad. De acuerdo con Panchenko et al. (2023), el uso de analítica de datos permite realizar una supervisión predictiva, identificando riesgos de incumplimiento antes de que estos se vuelvan críticos. Esta vigilancia algorítmica complementa la inspección física y permite una rendición de cuentas basada en evidencia empírica inalterable. La interventoría, al utilizar estos ecosistemas digitales, garantiza una transparencia absoluta frente a los entes de control y la ciudadanía, demostrando que la gestión del impacto es una realidad operativa sustentada en datos y no una simple aspiración administrativa.

6.3.2. Rendición de Cuentas: Análisis de Ciclo de Vida y Transparencia en la Cadena de Suministro

El Estado moderno, en su calidad de consumidor a gran escala, enfrenta el imperativo ético y legal de rendir cuentas no solo por la pulcritud financiera de sus actos, sino por los impactos ambientales y sociales generados a través de sus cadenas de suministro globales. Como bien señala la literatura contemporánea, este ejercicio de rendición de cuentas debe fundamentarse en una perspectiva de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), superando la visión tradicional que limita la responsabilidad estatal al momento de la entrega del bien. Según Cheng et al. (2022), la transparencia en la Contratación Pública Sostenible (CPS) exige una metamorfosis en los sistemas de reporte institucional: la entidad ya no solo informa sobre cuánto gastó, sino que debe certificar el "balance de carbono", el ahorro hídrico y el "valor social" capturado durante todo el proceso. Esta rendición de cuentas integral es lo que permite al Estado validar su legitimidad ante una ciudadanía que demanda, de manera creciente, que los impuestos sean utilizados como una palanca de regeneración ecológica y justicia social.

6.3.2.1. El ACV como Marco Metodológico para el Reporte de Impacto

La adopción del ACV en la rendición de cuentas permite desglosar el impacto ambiental en métricas granulares y comparables. La metodología de Alhola et al. (2021) subraya que la transparencia real implica publicar informes de sostenibilidad anuales que traduzcan la actividad contractual en ahorros tangibles de recursos: metros cúbicos (m^3) de agua no extraída, kilovatios-hora (kWh) de energía ahorrada y toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) evitadas. Sin este desglose técnico, la CPS corre el riesgo de ser percibida como una estrategia de greenwashing administrativo. El reporte basado en ACV permite además identificar los "puntos críticos" de contaminación en la cadena de suministro, facilitando que el Estado rinda cuentas sobre cómo sus decisiones de compra están incentivando la descarbonización de sectores industriales específicos, como la construcción o el transporte, que son responsables de la mayor parte de las emisiones públicas.

6.3.2.2. Transparencia en la Cadena de Suministro y Debida Diligencia

La rendición de cuentas social requiere una visibilidad sin precedentes sobre las capas profundas de la cadena de suministro. Como argumenta la OCDE (2021), el Estado debe aplicar principios de debida diligencia para asegurar que sus proveedores y los subcontratistas de estos cumplan con las cláusulas de inclusión social y estándares de trabajo decente. La transparencia

no se agota en el contrato principal; se extiende a la verificación de que no existan violaciones de derechos humanos o precarización laboral en la base de la pirámide productiva. Según Igarza (2022), este nivel de rendición de cuentas es fundamental para demostrar el cumplimiento de las metas de justicia distributiva. Las entidades deben reportar no solo el número de MIPYMES contratadas, sino el impacto real en la creación de empleo para colectivos vulnerables, utilizando indicadores de calidad de vida y formalización que puedan ser auditados externamente.

6.3.2.3. Digitalización y Auditoría Social en Tiempo Real

La rendición de cuentas moderna ha dejado de ser un ejercicio anual y estático para transformarse en un proceso dinámico apoyado en la digitalización. Como señalan Panchenko et al. (2023), el uso de datos abiertos (Open Data) y tecnologías de registro distribuido permite que la ciudadanía y las organizaciones de control social auditen el desempeño de los contratistas en tiempo real. Esto crea un "incentivo reputacional" para las empresas, que deben demostrar mediante evidencias digitales que sus cadenas de suministro son éticas y sostenibles para mantener su elegibilidad en el mercado estatal.

La visibilidad del dato permite que el control social actúe como una segunda capa de supervisión, detectando anomalías o inconsistencias entre lo reportado en los informes de sostenibilidad y la realidad operativa. Esta gobernanza algorítmica y ciudadana, de acuerdo con Fuentes et al. (2022), fortalece la legitimidad del Estado como un protector del interés general y consumidor responsable, asegurando que la transparencia no sea solo un requisito formal, sino una herramienta de mejora continua que eleva los estándares de sostenibilidad de todo el mercado privado a través de la presión de la demanda pública.

6.3.3. Balance Final y Liquidación: Documentación de Lecciones Aprendidas

El cierre de un contrato sostenible no es un acto meramente jurídico, sino una oportunidad de aprendizaje institucional. Al concluir la ejecución, la entidad debe realizar un Balance de Sostenibilidad, comparando los objetivos de impacto definidos en la fase de planeación con los resultados verificados por la interventoría. Este balance debe quedar consignado de forma explícita en el acta de liquidación, identificando si la inclusión de criterios sostenibles generó el valor por dinero (VfM) esperado.

Investigaciones de Alhola et al. (2021) enfatizan que la documentación de las dificultades técnicas y los éxitos operativos es vital para optimizar futuras adquisiciones. Si un requisito ambiental resultó ser demasiado costoso o difícil de verificar, esa "lección aprendida" debe retroalimentar el siguiente ciclo de contratación. Esta cultura de mejora continua, respaldada por evidencias de auditoría, permite que la entidad refine sus pliegos de condiciones y desarrolle un mercado de proveedores más maduro y resiliente, consolidando una política de compras que no solo adquiere suministros, sino que construye un legado de sostenibilidad verificable.

6.4. Formación y Cambio Cultural: El Factor Humano en la Compra Sostenible

La implementación exitosa de la Contratación Pública Sostenible (CPS) no depende exclusivamente de la robustez de los algoritmos o de la sofisticación de los marcos normativos; reside, fundamentalmente, en la capacidad de los agentes de compra para interpretar y aplicar criterios de triple impacto en un entorno de alta presión administrativa. Como sostiene Grandia (2021), el factor humano es a menudo el "eslabón perdido" en las estrategias de transformación digital del Estado. La transición de una cultura basada en el cumplimiento procedimental hacia una cultura de gestión por resultados requiere un cambio de paradigma cognitivo donde el comprador público se perciba a sí mismo no como un burócrata encargado de un proceso, sino como un gestor estratégico de recursos que impactan directamente en el bienestar climático y social. Esta metamorfosis exige programas de formación sistemática que superen la instrucción técnica básica y aborden el desarrollo de competencias en análisis de ciclo de vida, ética pública y pensamiento sistémico.

6.4.1. Profesionalización bajo el Estándar ISO 20400 y Marcos de Competencias

La profesionalización del comprador público constituye el pilar preventivo de cualquier estrategia de sostenibilidad estatal. Como bien se ha planteado, esta no puede ser producto del voluntarismo institucional, sino que debe alinearse con marcos de referencia globales que validen la capacidad técnica para gestionar la complejidad intrínseca de los mercados sostenibles. En este ecosistema, la norma ISO 20400:2017 sobre Compras Sostenibles emerge como la arquitectura conceptual definitiva para estructurar programas de capacitación de alto nivel. De acuerdo con Testa et al. (2021), la formación en CPS debe ser transversal y sistémica; no puede quedar confinada a las unidades de contratación, sino que debe permear a las áreas técnicas que diseñan los anexos y a los ordenadores del gasto que autorizan la inversión. Esta

"alfabetización en sostenibilidad" asegura que todos los actores de la cadena de decisión administrativa comprendan que la selección de una oferta de triple impacto no es un lujo discrecional, sino una decisión de eficiencia financiera fundamentada en la ciencia del valor.

6.4.1.1. Competencias Técnicas y la Gestión de la Innovación en el Mercado

Un comprador público profesionalizado bajo los estándares de la ISO 20400 debe poseer un conjunto de competencias que trascienden el derecho administrativo básico. En primer lugar, debe desarrollar la capacidad de realizar análisis de mercado dinámicos para identificar innovaciones verdes y sociales antes de la apertura del proceso licitatorio. Según investigaciones de Grandia (2021), la "inteligencia de mercado" permite al funcionario estructurar cláusulas de desempeño que sean ambiciosas pero realistas, evitando que los pliegos queden desiertos por exigencias inalcanzables o que, por el contrario, se adquieran tecnologías obsoletas. Esta competencia incluye la habilidad para dialogar con la industria de forma transparente (consultas preliminares al mercado), asegurando que el Estado actúe como un "comprador inteligente" que tracciona la oferta privada hacia estándares de producción limpia y responsabilidad social.

6.4.1.2. El Manejo de Herramientas Digitales y la Mitigación de la Aversión al Riesgo

La profesionalización debe integrar necesariamente el manejo de herramientas digitales de soporte a la decisión. Investigaciones de Fuentes et al. (2022) subrayan que la falta de formación técnica específica es la barrera percibida más crítica para la adopción de la CPS, especialmente en gobiernos locales donde el temor al control fiscal es mayor. Por ello, la capacitación debe enfocarse en el uso de calculadoras de huella de carbono, bases de datos de eco-etiquetado y, fundamentalmente, en la aplicación del Costo del Ciclo de Vida (CCV).

Al dotar al funcionario de una metodología científica irrefutable, se desmantela el "miedo al riesgo" de ser sancionado por no elegir la oferta de menor precio nominal. Como argumenta la OCDE (2021), cuando la decisión de adjudicación se sustenta en datos de eficiencia energética y ahorros proyectados en mantenimiento, el comprador adquiere una "armadura técnica" frente a los entes de control. La profesionalización, en este sentido, no es solo un aumento de conocimiento, sino un fortalecimiento de la autonomía administrativa que permite justificar legalmente que la oferta más sostenible es, en realidad, la más económica para el Estado a largo plazo.

6.4.1.3. Competencias en Justicia Distributiva y Valor Social

Finalmente, el marco de competencias debe incluir la gestión del impacto social. El comprador público moderno debe ser capaz de estructurar criterios de evaluación que midan la Justicia Distributiva, tales como la inclusión de proveedores de la economía popular o la verificación de condiciones de trabajo decente en las cadenas de suministro. Según Igarza (2022), la metrificación de la equidad laboral requiere que el funcionario sepa interpretar indicadores de impacto social y auditar el cumplimiento de cuotas de inclusión de grupos vulnerables.

Esta capacidad de gestionar el "Valor Social" asegura que la contratación pública cumpla su función redistributiva, evitando que los beneficios se concentren en grandes operadores que practican el social washing. La profesionalización bajo ISO 20400 garantiza que el funcionario actúe como un garante de los derechos humanos y ambientales, transformando cada proceso de compra en una oportunidad para fortalecer el tejido productivo local y avanzar hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de manera verificable y auditable.

6.4.2. Cambio Cultural: Superando la Resistencia al Cambio y la Aversión al Riesgo

El cambio cultural en la administración pública no debe entenderse como una transición lineal de procesos, sino como un proceso de largo aliento que debe gestionar la aversión al riesgo intrínseca de los sistemas de control tradicionales. En los modelos de gobernanza pública de América Latina, el principio de legalidad suele interpretarse de manera restrictiva, lo que genera un entorno donde el funcionario prefiere la seguridad del "precio más bajo" para evitar investigaciones disciplinarias o fiscales. Según Sönnichsen & Clement (2020), la resistencia a la compra verde y social está motivada por la percepción técnica de que los criterios sostenibles aumentan la complejidad del proceso y elevan exponencialmente el riesgo de impugnaciones legales por parte de oferentes no favorecidos. Para contrarrestar esta inercia, es imperativo fomentar una cultura de "Innovación Abierta y Colaborativa" dentro del sector público. Esto implica trascender el aislamiento institucional y crear comunidades de práctica donde los compradores de diferentes niveles del Estado compartan lecciones aprendidas, modelos de pliegos exitosos y bases de datos de proveedores precalificados, reduciendo así la carga cognitiva y el temor al error individual mediante la validación colectiva de criterios técnicos.

6.4.2.1. Psicología Organizacional y el Poder de los Incentivos Motivacionales

La literatura sobre psicología organizacional aplicada al sector público, analizada extensivamente por Grandia & Kruyen (2020), sugiere que la transición hacia la CPS falla cuando se aborda exclusivamente desde la coacción normativa. Los incentivos en la administración pública no deben ser solo punitivos, sino fundamentalmente motivacionales y aspiracionales. El reconocimiento de las "Buenas Prácticas de Compra Verde" y la visibilidad de los impactos logrados mediante tableros de control digital actúan como reforzadores positivos de alta efectividad. El concepto de "Alineación de Propósito" es aquí fundamental: cuando un funcionario de contratación percibe, a través de datos granulares, que su decisión técnica evitó la emisión de 500 toneladas de CO₂ o garantizó la estabilidad laboral de 50 familias en condición de vulnerabilidad, el propósito de su labor se recalibra. Esta visibilidad del impacto transforma la percepción de la tarea administrativa, pasando de ser un trámite burocrático de riesgo a una acción de valor público tangible, lo que reduce la inercia administrativa y promueve una proactividad orientada al impacto social y ambiental.

6.4.2.2. Mitigación del Riesgo Jurídico mediante la Estandarización y el Soporte Institucional

Una de las barreras críticas identificadas por Testa et al. (2021) es la falta de "seguridad jurídica" percibida al evaluar criterios no financieros. Para superar esta resistencia, el cambio cultural debe apoyarse en la estandarización técnica liderada por las Agencias Nacionales de Contratación (como Colombia Compra Eficiente o el SERCOP). Al proveer catálogos de criterios sostenibles preaprobados y fichas técnicas normalizadas, el sistema reduce la discrecionalidad del funcionario, trasladando el riesgo de la decisión individual hacia una metodología institucional validada. Como argumentan Casas & Vivas (2021), la digitalización de estos criterios en el SECOP II actúa como un "escudo de cumplimiento"; el sistema guía al usuario a través de campos obligatorios que justifican la inclusión de beneficios ambientales, lo que minimiza el error humano y proporciona una traza auditable que protege al funcionario ante los entes de control, facilitando la adopción de la CPS en entidades con menor capacidad técnica o jurídica.

6.4.2.3. Liderazgo Distribuido y Agentes de Cambio en la Estructura Pública

El cambio cultural exitoso requiere la identificación y empoderamiento de "agentes de cambio" en niveles intermedios de la administración. Según Grandia (2021), la CPS no se

consolida únicamente mediante mandatos de alta dirección (top-down), sino a través de un liderazgo distribuido donde los jefes de compras y directores técnicos actúan como traductores de la política de sostenibilidad hacia la operación diaria. Estos agentes de cambio son responsables de desmitificar la idea de que la compra verde es necesariamente más cara o compleja.

Al aplicar modelos de Costo del Ciclo de Vida (CCV) y demostrar ahorros operativos en contratos piloto, estos líderes internos generan la evidencia empírica necesaria para convencer a los sectores más escépticos de la organización. La literatura de Fuentes-Bargues et al. (2022) destaca que las instituciones que han logrado institucionalizar la sostenibilidad son aquellas que han integrado los KPIs ambientales en los acuerdos de gestión de sus funcionarios, transformando la CPS de un "objetivo deseable" a un "indicador de desempeño" obligatorio, alineando así los incentivos individuales con las metas climáticas del Estado.

6.4.3. El Rol de la Academia y la Cooperación Internacional en el Fortalecimiento de Capacidades

Finalmente, la formación en CPS no puede ser concebida como un esfuerzo aislado o una instrucción técnica coyuntural; debe ser el resultado de una alianza estratégica multidimensional entre el Estado, la academia y los organismos multilaterales. De acuerdo con la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG, 2021), la consolidación de un sistema de compras de triple impacto requiere que las agencias nacionales de contratación colaboren de manera estrecha con las universidades para integrar la gestión de compras sostenibles en los currículos de pregrado y posgrado de administración pública, derecho administrativo y economía. Esta integración curricular es fundamental para garantizar que el relevo generacional del servicio civil posea las competencias necesarias en análisis de ciclo de vida y criterios de justicia distributiva desde su formación base. La formación, por tanto, deja de ser un evento discreto para convertirse en un proceso continuo de actualización profesional frente a un mercado tecnológico y un marco normativo que evolucionan exponencialmente. Como sostienen Grandia & Kruyen (2020), solo mediante la institucionalización del conocimiento a través de la academia se logra superar la "amnesia institucional" que suele acompañar a los cambios de administración política, blindando la política de sostenibilidad mediante la tecnificación del capital humano.

6.4.3.1. Cooperación Internacional y Estandarización Transnacional de Indicadores

La cooperación internacional desempeña un papel crítico al actuar como facilitadora de la transferencia de conocimientos y, fundamentalmente, de la estandarización de indicadores entre países. Como señalan Casas & Vivas (2021), el intercambio de experiencias técnicas dentro de redes como la RICG ha permitido que naciones con sistemas digitales y normativos más maduros, como Colombia o Ecuador, actúen como mentores para países en fases iniciales de transición. Esta "solidaridad técnica" permite evitar la duplicidad de esfuerzos en el diseño de metodologías de medición de impacto.

Investigaciones de la OCDE (2021) destacan que la cooperación multilateral es el mecanismo que permite la creación de un lenguaje común en la contratación sostenible, facilitando que los proveedores regionales puedan competir bajo estándares homogéneos. Al unificar criterios de eco-etiquetado y certificación social a nivel regional, se reducen las barreras de entrada para las MIPYMES sostenibles, permitiéndoles escalar sus soluciones en un mercado regional más integrado y transparente. La cooperación internacional, en este sentido, no solo fortalece la capacidad administrativa del Estado, sino que impulsa la competitividad del sector privado hacia modelos de producción más limpios y éticos.

6.4.3.2. La Academia como Auditor Técnico y Centro de Innovación

El rol de la academia trasciende la formación pedagógica para posicionarse como un actor clave en la auditoría de impacto y el desarrollo de herramientas de soporte a la decisión. Según Fuentes et al. (2022), las universidades deben actuar como centros de investigación aplicada que validen la eficacia de las cláusulas ambientales mediante el análisis empírico de datos masivos provenientes de los sistemas de e-procurement.

Esta sinergia entre el sector público y el académico permite que el diseño de los indicadores de triple impacto esté sustentado en evidencia científica y no solo en aspiraciones políticas. Por ejemplo, la academia puede proveer los factores de emisión locales necesarios para que el Estado calcule con precisión su huella de carbono de alcance 3, o desarrollar modelos de Retorno Social de la Inversión (SROI) adaptados a las realidades socioeconómicas específicas del territorio. Como argumentan Panchenko et al. (2023), la integración de la inteligencia académica en los sistemas de supervisión del SOCE o SECOP II permite que la auditoría algorítmica sea auditada, a su vez, por investigadores independientes, garantizando

que el sistema sea robusto, ético y libre de sesgos que pudieran perjudicar a proveedores minoritarios o emergentes.

6.4.3.3. Institucionalización del Cambio y Resiliencia del Servicio Civil

Esta alianza estratégica fortalece la resiliencia institucional de la región, asegurando que el cambio cultural no dependa de voluntades políticas efímeras o ciclos electorales, sino que se institucionalice como una competencia central y obligatoria del servicio civil moderno. Al vincular la capacitación con la carrera administrativa y los estándares internacionales de profesionalización, el Estado garantiza que cada recurso público sea una semilla de sostenibilidad y equidad para las futuras generaciones. De acuerdo con Testa et al. (2021), la madurez de un sistema de CPS se mide por la profundidad de su ecosistema de conocimiento; un sistema donde el comprador, el académico y el experto multilateral colaboran en un bucle de retroalimentación continua es un sistema capaz de adaptarse a la crisis climática y a las demandas sociales con agilidad. En última instancia, la formación y la cooperación internacional son las herramientas que permiten al Estado ecuatoriano y a sus pares regionales consolidar una gobernanza del gasto público que no solo adquiere bienes, sino que diseña activamente el futuro sostenible de la sociedad.

Referencias bibliográficas

- Adjei, B. P., Djajadikerta, H. G., Brown, K., & Kiani Mavi, R. (2023). Public procurement for innovation through supplier firms' sustainability lens: A systematic review and research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 387–407. <https://doi.org/10.1002/bse.3137>
- Agarwala, M., & Coyle, D. (2021). Natural capital in climate models. *Nature Sustainability*, 4(1), 81–82. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00618-x>
- Alhola, K., Ryding, S. O., Salmenperä, H., & Busch, N. J. (2019). Exploiting the potential of public procurement: Opportunities for circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 96–109. <https://doi.org/10.1111/jiec.12770>
- Cheng, S., & Zhang, F. (2022). Regulatory pressure and consumer environmental awareness in a green supply chain with retailer responsibility: A dynamic analysis. *Managerial and Decision Economics*, 43(4), 1133–1151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mde.3444>
- Dimand, A.-M., & Cheng, S. (2023). Adopción de contratación pública verde. *Local Government Studies*, 49(6), 1359–1385. <https://doi.org/10.1080/0300>
- Duque, M., Mejía, L., Nieto, J., & Rojas, L. (2022). Green marketing: esfuerzos por el cuidado y la preservación del medio ambiente con negocios sostenibles. *Revista Universidad & Empresa*, 24(42), 1-36. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.10865>
- Fraser, J. P., & Klassen, R. D. (2022). New directions for research in green public procurement: The challenge of inter-stakeholder tensions. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3(1), 100017. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100017>
- Fuertes Giné, L. V. (2022). Public procurement for the circular economy: A comparative study of Sweden and Spain. *Circular Economy and Sustainability*, 2(1), 1021–1041. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00150-4>
- Gonguet, F., Wendling, C., Aydin, O., & Battersby, B. (2021). Climate-sensitive management of public finances—“Green PFM”. *IMF Staff Climate Note*, 11(22), 128-148. <https://doi.org/10.5089/9781513583044.066>
- Grandia, J. &. (2019). Sustainable public procurement: The impact of ability, motivation, and opportunity on the implementation of different types of sustainable public procurement. *Sustainability*, 11(19), e-5215. <https://doi.org/10.3390/su11195215>

- Lindfors, A., & Ammenberg, J. (2021). Using national environmental objectives in green public procurement: Method development and application on transport procurement in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 280(4), e-124821. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124821>
- Maréchal, F., & Morand, P.-H. (2022). Should bid evaluation formulas for choosing the economically most advantageous tender in public procurement contracts be changed? . *Revue d'économie Politique*, 132(5), 697–722. <https://doi.org/10.3917/redp.325.0697>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2022). *Informe de rendición de cuentas 2021: Subsecretaría de Cambio Climático. Gobierno del Ecuador*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/RDC_SCC_FINAL_2022-signed-signed
- Miranda, L. J. (2017). Condiciones de validez de los contratos en el derecho civil. Universidad de Cuenca. Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Políticas y Sociales. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/561f2912-1814-4303-b590-9c0c433a25c7>
- Montalbán, D. L., García, S. T., & Sanz, B. A. (2021). An integrated method for the assessment of social sustainability in public-works procurement. *Environmental Impact Assessment Review*, 89(1), e-106581. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106581>
- Montalbán-Domingo, L., & Aguilar-Morocho, M. G.-S. (2020). Study of social and environmental needs for the selection of sustainable criteria in the procurement of public works. . *Sustainability*, 12(18), e-7756. <https://doi.org/10.3390/su12187756>
- Rainforest. (2024). Cambios en las Reglas de Certificación y Auditoría. Estándar de Agricultura Sostenible Rainforest Allianc. Obtenido de <https://learn.ra.org/mod/page/view.php?id=130589>
- Raj, A., Agrahari, A., & Srivastava, S. K. (2020). Do pressures foster sustainable public procurement? An empirical investigation comparing developed and developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 266(2), e-122055. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122055>
- Semieniuk, G. H. (2022). Stranded fossil-fuel assets translate to major losses for investors in advanced economies. *Nature Climate Change*, 12(1), 532–538. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01356->
- Sönnichsen, S. D. (2021). Exploring the interface between public demand and private supply for implementation of circular economy principles. *Copenhagen Business School*. Obtenido de <https://portal.research.lu.se/en/publications/exploring-the-interface-between-public-demand-and-private-supply->

- Suárez, G. S., Sánchez, T. J., & Montoya, R. L. (2024). Revisión de los factores que inciden entre el greenwashing y el green brand equity: una agenda investigativa. *Revista CEA*, 10(23), e2991. <https://doi.org/https://doi.org/10.22430/24223182.2991>
- Zhang, Y., & Chen, Q. (2022). Identifying key influential factors of bid evaluation in government public project green procurement using BP-DEMATEL model. *Mathematical Problems in Engineering*, , 21(1), e-8223757. <https://doi.org/10.1155/2022/8223757>
- Zijp, M. D. (2022). Measuring the effect of circular public procurement on government's environmental impact. *Sustainability*,, 14(16), e-10271. <https://doi.org/10.3390/su141610271>