



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Arquitectura
Escuela de Estudios de Postgrados de Arquitectura**

Maestría en Diseño Planificación y Manejo Ambiental

**Modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de
edificaciones de mampostería, Guatemala, Guatemala.**

Presentado por:

Arquitecto Luis Adolfo Pacheco Cifuentes

Para optar al título de:

Maestro en Ciencias en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Arquitectura
Escuela de Estudios de Postgrados de Arquitectura**

Maestría en Diseño Planificación y Manejo Ambiental

**Modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de
edificaciones de mampostería, Guatemala, Guatemala.**

Presentado por:
Arquitecto Luis Adolfo Pacheco Cifuentes

Para optar al título de:
Maestro en Ciencias en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental

Guatemala, agosto 2026

Me reservo los derechos de autor haciéndome responsable de las doctrinas sustentadas adjuntas, en la originalidad y contenido del Tema, en el Análisis y Conclusión final, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Junta Directiva

Facultad de Arquitectura

Decano Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini

Vocal II MSc. Licda. Ilma Judith Prado Duque

Vocal III Arqta. Mayra Jeanett Díaz Barillas

Vocal IV Br. Oscar Alejandro La Guardia Arriola

Vocal V Br. Laura del Carmen Berganza Pérez

Secretario Académico Arq. Francisco Ronaldo Herrarte Gonzalez

Tribunal Examinador

Dra. Arqta. Susana Isabel Palma Rodríguez de
Cuevas

MSc. Arqta. Dafné Adriana Acevedo Quintanilla

Dr. Arq. Miguel Ángel Chacón Véliz

Dedicatoria

A Dios

Quien da la sabiduría y es guía al momento de emprender un nuevo reto.

A mi familia

Mi esposa Cris y a mi hijo Sam, por ser fuente de inspiración y motivación.

A mis padres y hermanos

Por su apoyo y oraciones en todo momento.

Agradecimiento

Asesor

Dra. Susana Palma, por el tiempo y dedicación en todo el proceso de investigación.

Consultores

Por la retroalimentación en la etapa de investigación.

Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Escuela de Estudios de Postgrado y a la Facultad de Arquitectura por el apoyo y la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado en esta prestigiosa institución.

La experiencia y el conocimiento adquiridos durante mi estancia en la escuela han sido invaluable para mi crecimiento personal y profesional. La calidad de la educación, la dedicación de los catedráticos y el ambiente académico han sido fundamentales para mi éxito.



Índice general

Contenido	Pág.
1 Capítulo I – Planteamiento del problema.....	10
Planteamiento del problema	11
1.1 Delimitación	11
1.2 Delimitación geográfica.....	11
1.3 Delimitación temática	12
1.4 Delimitación temporal	14
1.5 Justificación	14
1.6 Elementos de la justificación.....	16
1.7 Antecedentes del proyecto	17
1.8 Pregunta de investigación	19
1.9 Objetivo general.....	19
1.10 Objetivos específicos.....	19
1.11 Metodología	19
2 Capítulo II - Marco teórico.....	21
2.1 Marco legal institucional	22
2.1.1 Jerarquía del marco legal de la Política de Producción Más Limpia	22
2.2 Concepción y enfoque.....	29
2.2.1 Marco conceptual	29
2.2.2 Proceso de análisis de eficiencia energética.....	30
2.2.3 Eficiencia en el uso del agua	31
2.2.4 Tipos de agua para diferentes usos	32
2.2.5 Proceso de análisis – Eficiencia en el uso del agua	32
2.2.6 Gestión de los residuos en la construcción y demolición	33
2.2.7 Proceso de análisis – Gestión de RCD	34
2.2.8 Causas de generación de RCD del ciclo de desarrollo de los proyectos	35
2.2.9 Problemática de los residuos de construcción y demolición.....	37
2.2.10 Problemática de los residuos de la construcción y demolición.	37
2.2.11 Impactos ambientales que se generan por la inadecuada gestión de los RCD	39
2.2.12 Huella ecológica	40



2.2.13	Proceso de análisis – Huella ecológica.....	40
2.2.14	Construcción sostenible.....	41
2.2.15	Proceso de análisis – Construcción sostenible.....	41
2.2.16	Enfoque en la cuantificación de costos.....	42
2.2.17	Proceso de análisis – Cuantificación de costos.....	43
3	Capítulo III - Contexto.....	45
3.1	Definición del tema de investigación	46
3.2	Procesos y beneficios	47
3.2.1	Proceso	47
3.2.2	Producto	47
3.2.3	Servicios	47
3.3	Análisis (caracterización de la obra a analizar)	47
4	Capítulo IV - Análisis	50
4.1	Grupos temáticos	51
4.2	Mejores prácticas ambientales y mejores técnicas disponibles.	51
4.3	Materia prima	51
4.4	Factores constructivos al ejecutar una obra	60
4.5	¿Qué beneficio económico y ambiental provocaría la reutilización y clasificación de los residuos en obras de construcción?	60
4.5.1	Análisis de costo-beneficio	62
5	Capítulo V - Propuesta.....	64
5.1	Fase 1: planeación y organización.....	66
5.2	Fase 2: diagnóstico de desempeño ambiental.....	66
5.3	Fase 3: alternativas de P+L.....	66
5.4	Fase 4: Implementación	67
5.5	Recopilación y cálculo de datos cualitativos y/o cuantitativos del proceso constructivo	67
5.6	Alternativas de producción más limpia (P+L).....	68
	Conclusiones	69
	Recomendaciones.....	70
	Bibliografía	71



Índice de figuras

Figura 1. Delimitación geográfica	12
Figura 2. Delimitación temática	13
Figura 3. Elementos de justificación	16
Figura 4. Avances de P+L, basado en la teoría de política nacional de P+L.	17
Figura 5. Complemento de la política nacional de P+L	18
Figura 6. Jerarquía del marco legal de la política de P+L	22
Figura 7. Esquema de eficiencia basado en la teoría de Borroto Nordelo	30
Figura 8. Elementos que aportan en P+L	31
Figura 9. Integración de P+L Y RCD	34
Figura 10. Relación de RCD con P+L	36
Figura 11. Causas de generación de RCD	36
Figura 12. Proceso de producción de RCD	38
Figura 13. Conceptos que aportarán al modelo de P+L	41
Figura 14. Proceso en el modelo de P+L, con énfasis en costos	43
Figura 15. Valores relevantes y significativos para el modelo de P+L	44
Figura 16. Beneficios de P+L}	46
Figura 17. Conceptos asociados a la P+L	47
Figura 18. Herramientas que permitirán tener listas de chequeo	48
Figura 19. Proceso para obtener resultados según diagnóstico	49
Figura 20. Etapas de la obra y desglose de actividades a ejecutar	49
Figura 21. Clasificación de los principales grupos temáticos	51
Figura 22. Principales beneficios de P+L en el sector de la construcción	61
Figura 23. Modelo detallado por fases y desglose de pasos a seguir para la P+L	65
Figura 24. Pasos a seguir en la construcción de obra de edificaciones	68

Índice de tablas

Tabla 1. Impactos ambientales que se generan por la inadecuada gestión de RCD	39
Tabla 2. Mejores prácticas ambientales en la etapa de materia prima en el proceso constructivo	53
Tabla 3. Mejores técnicas disponibles en la etapa de materia prima en el proceso constructivo	54
Tabla 4. Mejores prácticas ambientales en la etapa de recurso agua en el proceso constructivo	55
Tabla 5. Mejores técnicas ambientales en la etapa de recurso agua en el proceso constructivo	56
Tabla 6. Mejores prácticas ambientales en la etapa de salud y seguridad ocupacional	57
Tabla 7. Mejores técnicas ambientales en la etapa de salud y seguridad ocupacional	58
Tabla 8. Mejores prácticas ambientales en la etapa de recurso energético en el proceso constructivo	59
Tabla 9. Beneficio económico y ambiental de los residuos, según su categorización	61
Tabla 10. Identificación y formulación de posibles oportunidades de P+L para diagnóstico ambiental	63



Lista de siglas

ANAM	Asociación Nacional de Municipalidades
ALIDES	Alianza para el desarrollo sostenible
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
DRSU	Desechos y residuos sólidos urbanos
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
ONG	Organización No Gubernamental
P+L	Producción más limpia
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROARCA	Programa Ambiental Regional para Centroamérica
RCD	Residuos de construcción y demolición
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (por sus siglas en inglés)
COP 29	29.^a reunión de la Conferencia de las Partes

Introducción

Siendo este un documento que permite identificar las directrices a seguir en la investigación, comprende una estructura principal descrita a continuación: propuesta del tema de estudio, planteamiento del problema, identificando las delimitaciones geográficas y su conformación; juntamente con la localización del área y modelo de estudio, justificación, antecedentes, preguntas de investigación, objetivos, metodología, concepción y enfoque, marco teórico y la conformación de marco conceptual, permitiendo alcanzar los resultados teóricamente validados.

Este modelo de estudio, permite obtener indicios para reducir los riesgos al ser humano y al ambiente, aplicando procedimientos y herramientas que fueron de utilidad para integrarlo a procesos, servicios y productos, para la mitigación de la contaminación ambiental a causa de los residuos de la construcción y demolición (RCD), aumentando la eficiencia en los proyectos de construcción.



1 Capítulo I – Planteamiento del problema

Planteamiento del problema

Los proyectos de construcción, remodelación y demolición han tenido auge en los últimos años, dando una gran importancia en el sector de la construcción, descuidando los aspectos negativos y la reducción de la cantidad y toxicidad de las emisiones y desechos contaminantes que su proceso conlleva, desde línea de producción de un ladrillo hasta la etapa de ejecución y en el abandono de cada proyecto. Producto de esta variable, gran cantidad de obras generan grandes cantidades de desechos, sin poder darle un tratamiento para una correcta disposición final. Por lo tanto, el problema fue direccionado a través de cinco pilares fundamentales relacionándolos entre sí: delimitación, justificación, preguntas de investigación, antecedentes y objetivos.

1.1 Delimitación

La delimitación tuvo enfoque en el área de estudio y se organizó de la siguiente manera: delimitación geográfica, temática y temporal. Estos tres elementos se complementan y sustentan el problema.

1.2 Delimitación geográfica

El presente modelo fue desarrollado para una entidad especializada en el sector construcción, abarcando proyectos de demoliciones, ampliaciones, remodelaciones y construcciones de edificios de mampostería.

Para el objeto de estudio se tomó como referencia una propiedad construida con materiales tradicionales, la cual fue sometida a ensayos y buenas prácticas de P+L, en ella se observaron diferentes tipos de materiales de construcción, por lo que fue un modelo de caso real para extraer datos antes de implementar P+L e información para una construcción localizada en la zona 13 de la Ciudad de Guatemala, departamento de Guatemala.



Figura 1. Delimitación geográfica
Fuente: elaboración propia

1.3 Delimitación temática

La presente investigación buscó diseñar un modelo de producción más limpia para construcciones tradicionales de concreto, block y ladrillo, además de elementos con estructura metálica, tabla yeso y madera, enfocado en los siguientes temas: reducción de los impactos negativos, estrategias ambientales preventivas, recuperación/utilización, disposición final de desechos y costos de inversión y retorno de manejo ambiental.

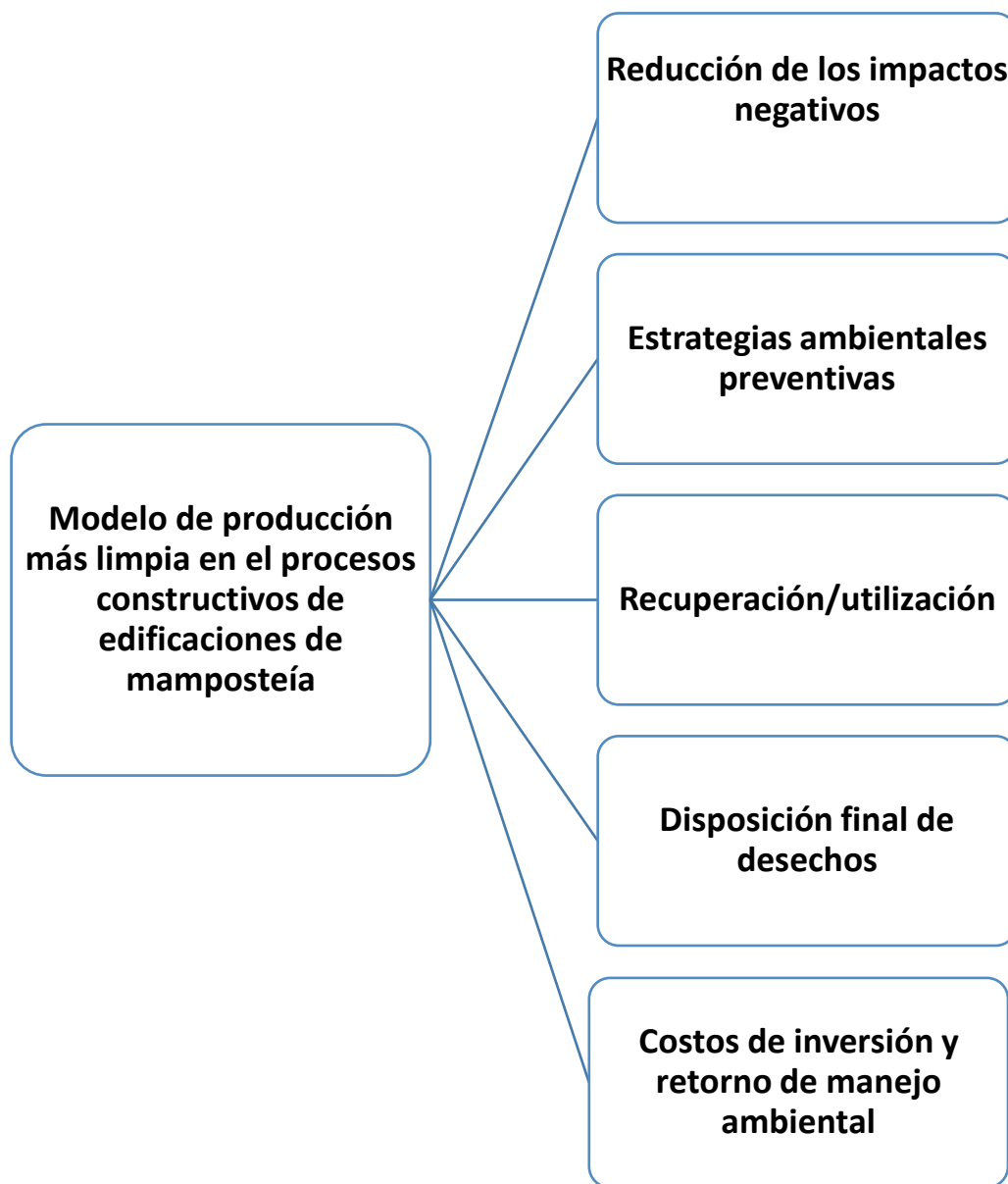


Figura 2. Delimitación temática
Fuente: elaboración propia

1.4 Delimitación temporal

En 1989, introducen en la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, una estrategia: **¿Cómo la industria podía avanzar hacia un desarrollo sostenible?**¹

La COP29 es la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que tuvo lugar en Bakú (Azerbaiján) del 11 al 22 de noviembre de 2024.

Estas Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (o COP) se celebran todos los años y son el único foro multilateral de toma de decisiones sobre cambio climático que reúne a casi todos los países.

En pocas palabras, la COP es donde el mundo se reúne para acordar las medidas necesarias para hacer frente a la crisis climática, como limitar el aumento de la temperatura global a menos de 1.5 grados centígrados, ayudar a las comunidades vulnerables a adaptarse a los efectos del cambio climático y lograr emisiones netas cero para 2050.

1.5 Justificación

El entorno natural se ve afectado por la emisión de contaminantes, así como por la deposición final de RCD, para que el modelo de producción más limpia pueda ser viable en el sector de la construcción. Este análisis es viable a partir de tres aspectos: **reducción de riesgo, conservación de materias primas y energías.**

Es necesario la aplicación de los aspectos antes mencionados a través del modelo de producción más limpia en el proceso constructivo para de edificaciones de mampostería, permitiendo aplicar las herramientas técnicas para la ejecución de obra; dirigido a las siguientes entidades: sector público, sector privado, sector académico, centros de formación y capacitación, organizaciones no gubernamentales –ONG y asociaciones.

Para llegar al punto focal es necesario contar con la colaboración de entidades anteriormente mencionadas y que tengan el conocimiento de las distintas etapas del ciclo de vida de una obra de construcción, desde la extracción de materia prima,

¹ **USAID–CCAD**, *Política Nacional de Producción Más Limpia de Guatemala: Herramienta técnica para la competitividad y la gestión ambiental preventiva*, acceso el 8 de febrero de 2026, https://www.ccad.ws/documentos/PNPML_Guatemala.pdf.



hasta la demolición de un edificio. Si cada uno de los agentes participantes asume la responsabilidad que le corresponde, es posible aplicar estrategias para la prevención y la minimización del impacto ambiental, creando una producción más limpia a menor escala.²

Otro tema en esta línea es: considerar los residuos como un bien, es decir, aprovecharlos como materia prima mediante reciclaje o reutilización, e incorporarlos de nuevo en el proceso productivo, imitando en cierto modo a los ciclos naturales.

Este modelo fue útil para contribuir a mejorar la gestión ambiental, consumo y producción amigable con el medio ambiente para alcanzar un desarrollo sostenible; considerando aspectos en el crecimiento económico y bienestar social. Dicho modelo sirvió como guía de aplicación en la etapa de ejecución del proyecto de construcción, con el fin de recolectar datos que utilizarán en un futuro. Adicionalmente, el agotamiento y deterioro de los recursos naturales y la biodiversidad, la contaminación ambiental en todos los sistemas (lítico, edáfico, hídrico y atmosférico); así como los nuevos retos de la competitividad empresarial frente a los tratados internacionales, abren una oportunidad para que Guatemala encuentre en la implementación de producción más limpia una fuente de oportunidades para lograr la eficiencia y eficacia en la gestión ambiental, contribuyendo también a la competitividad de los diferentes sectores productivos del país marcando una diferencia en los productos y servicios.³

Con esta teoría se pudo sustentar y obtener más valor para el objeto de estudio; además, se pudieron analizar datos comparativos más exactos y, además un registro en el proceso investigativo y sirvió como herramienta práctica para la aplicación del interesado.

² «Impactos ambientales en el sector de la construcción», Construmatica, acceso el 8 de febrero de 2026, https://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_ambientales_en_el_sector_de_la_construccion.

³ USAID-CCAD, *Política Nacional de Producción Más Limpia de Guatemala*, pp. 34–36.

1.6 Elementos de la justificación

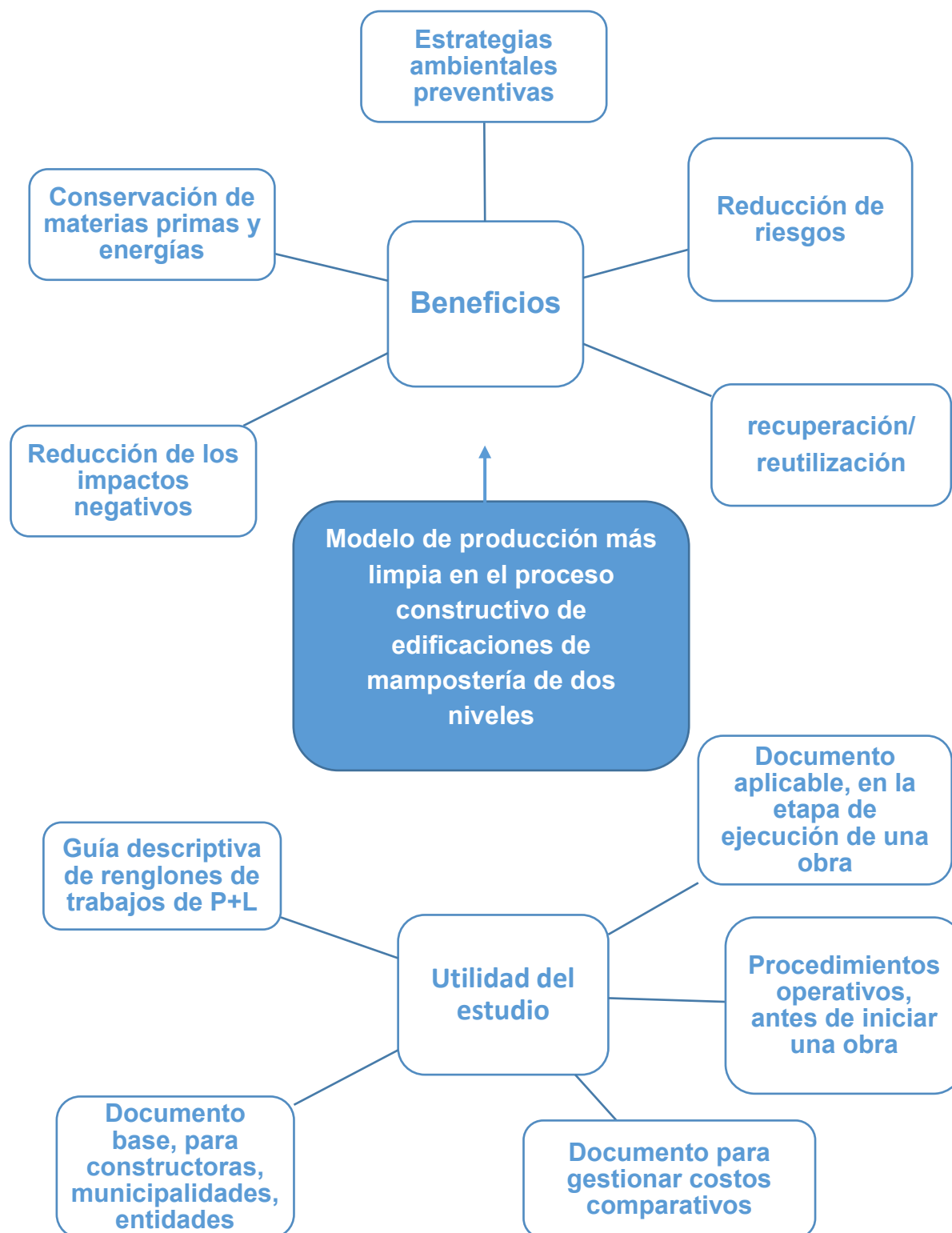


Figura 3. Elementos de justificación
Fuente: elaboración propia

1.7 Antecedentes del proyecto

Avances en producción más limpia en Guatemala



Figura 4. Avances de P+L, basado en la teoría de política nacional de P+L.

Fuente: elaboración propia

En el 2008 la temática tiene un nuevo impulso. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) considera importante contar con un instrumento de política pública que oriente las acciones de las instituciones del Estado y de los diferentes sectores de la sociedad en la temática y considera trascendental impulsar la Política Nacional de Producción Más Limpia, la cual se concretiza con la sanción del acuerdo gubernativo 258-210, en septiembre de este año. Esto se logró gracias al apoyo del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia y el financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).⁴

En 2018 el MARN firma el primer acuerdo voluntario en producción más limpia (P+L) y sostenibilidad ambiental con los sectores de la construcción y de curtidores de Guatemala. Esto con el objetivo de implementar las buenas prácticas ambientales para reducir al mínimo los impactos negativos, enfocados en la mejora continua, obteniendo beneficios económicos significativos tanto para las propias empresas y

⁴ **MARN**, *Política Nacional de Producción Más Limpia: Herramienta técnica para la competitividad y la gestión ambiental preventiva*, acceso el 8 de febrero de 2026, <https://ecursos.segeplan.gob.gt/CAPP/documentos/1/Politica%20Produccion%20mas%20limpia.pdf>

sus actividades, como para generar acciones de protección al ambiente y para la salud de la población.⁵

El 10 de julio se celebró el **Día Nacional de Producción más Limpia**, y en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) se cuenta con la Política Nacional de Producción Más Limpia de Guatemala, que tiene como objetivo de largo plazo prevenir la contaminación desde su origen, mejorar la sostenibilidad, competitividad y desempeño ambiental.

Para incrementar las acciones e intervenciones, el MARN cuenta con el Departamento de Producción Más Limpia, una dependencia que da cumplimiento a la política nacional, trabaja para prevenir daños ambientales y manejar el impacto ambiental de los procesos de producción.

La producción más Limpia beneficia de forma económica, ambiental y social. Se tienen incentivos, el programa de edificio verde, acuerdos voluntarios, capacitaciones y diplomados, esto como parte del apoyo y sostenibilidad que da el MARN para ser un modelo en certificaciones internacionales.

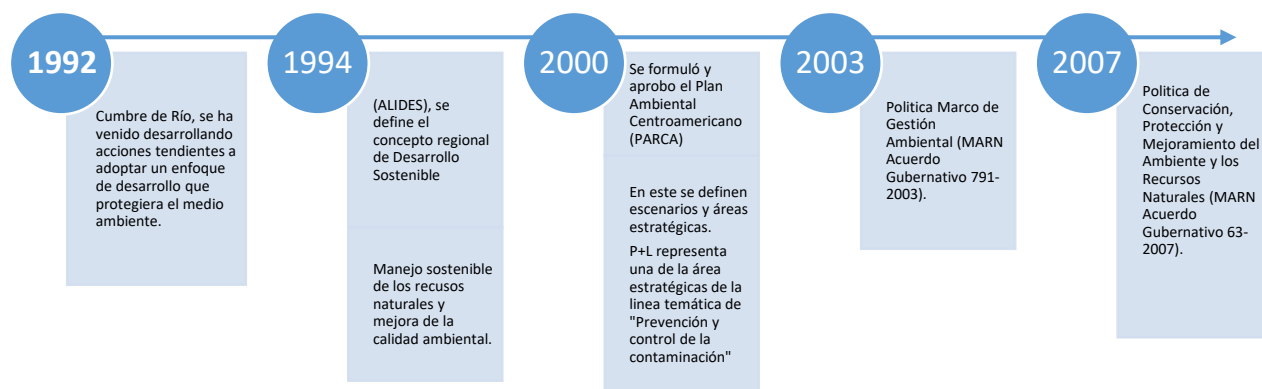


Figura 5. Complemento de la política nacional de P+L

Fuente: elaboración propia

⁵ «Ambiente y sector construcción acuerdan impulsar producción más limpia», *Diario de Centro América* (2018), <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/ambiente-y-sector-construccion-acuerdan-impulsar-produccion-mas-limpia/>.

1.8 Pregunta de investigación

- ✓ ¿Cuáles son las características que debe poseer un modelo de P + L para edificaciones de mampostería?

1.9 Objetivo general

Diseñar un modelo de P+L aplicable para la etapa de prefactibilidad de procesos constructivos de edificaciones de mampostería, contribuyendo a la reducción de impactos negativos al ambiente y reducción de costos en procesos constructivos.

1.10 Objetivos específicos

- Enumerar los renglones de trabajo que podría implementar la P+L en la ejecución de una obra de construcción.
- Analizar los impactos negativos ambientales que una obra presenta en el momento de ejecutarse, sin el principio de P+L.
- Clasificar cada uno de los renglones de trabajo en donde se pueda mitigar la contaminación ambiental y la disposición final.
- Describir los pasos para implementar el modelo de P+L aplicable en la etapa de prefactibilidad de proyectos de construcción.

1.11 Metodología

La estructura metodológica surgió a partir de la necesidad ambiental con enfoque al modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de edificaciones de mampostería. En esta etapa se definen los pasos de la investigación y la relación con las preguntas que surgieron en el tema de investigación, seguido de esto para concretar resultados.

La metodología que se utilizó en la investigación relaciona inicialmente la visión general de los actores involucrados en la gestión de residuos de la Ciudad de Guatemala, identificando que la información para contextualizar la problemática de los RCD, son escasas. Por tal motivo, se validó a través de una presentación del modelo con profesionales en la rama del medio ambiente y la construcción, el cual se aplicó a responsables de obras en ejecución en diferentes cargos. Este análisis



tuvo como objetivo la retroalimentación y datos relacionados al caso de estudio. El perfil del entrevistador fue: ingenieros, arquitectos, consultores ambientales, maestros de obra, residentes de obra y representantes de la Municipalidad de Guatemala. La recopilación de información se enfocó en el modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de edificaciones de mampostería y la cultura de manejo que se da a estos materiales en obra y su disposición final. Posteriormente, se llevó a cabo la retroalimentación por parte del profesional a través de experiencias y sugerencias, esto con el fin de ir aplicando y complementando el modelo. Con toda esta información se procedió e implementaron diferentes criterios por parte de los profesionales, también se realizó un dialogo con los mismos sobre los sitios o botaderos a cielo abierto en donde se están depositando actualmente los RCD sin ningún control, identificando un serio problema social y ambiental.

Lo anterior permitió identificar el estado en la gestión de los RCD del modelo de estudio, planteando un diagnóstico. El contexto en el cual se presenta la problemática se subdivide creando un diagrama conceptual en donde se pueden distinguir los diferentes enfoques, técnicas, análisis de resultados, procedimientos durante la etapa de investigación.

Por último, se concretó la propuesta que contribuirá a solucionar los problemas detectados en la creación de residuos, implementando estrategias en los puntos más importantes a la hora de diseñar un modelo de aprovechamiento de RCD con énfasis en P+L. En este sentido, los distintos profesionales de obras entrevistados reportaron la generación de una cantidad variable de material, dependiendo de las actividades que en ellas se realizan.⁶

⁶ Carlos Albeiro Pacheco Bustos, et. al. «Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión,» *Ingeniería y Desarrollo* 35, no. 2 (julio-diciembre 2017): 533–555.



2 Capítulo II - Marco teórico

2.1 Marco legal institucional

2.1.1 Jerarquía del marco legal de la Política de Producción Más Limpia

En este esquema se detalla el marco legal y la política nacional que tienen relación y que se aplicó a la P+L.



Figura 6. Jerarquía del marco legal de la política de P+L
Fuente: Política Nacional de P+L

2.1.1.1 Legislación nacional vinculada a la Política de Producción Más Limpia.

Dos artículos de la Constitución que refieren al tema de la P+L, que se describen en los siguientes incisos.

2.1.1.2 Constitución Política de la República de Guatemala

Artículo 97. Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Artículo 119. Obligaciones del Estado. Son obligaciones fundamentales del Estado: inciso c) Adoptar medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.

2.1.1.3 Acuerdos y Convenios Internacionales

2.1.1.4 Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992)

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, reconoce la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar, y la misma proclama que: **Principio 1.** Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. **Principio 9.** Los Estados deberían cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, nuevas e innovadoras.

2.1.1.5 Agenda 21. Capítulo 30: Fortalecimiento del papel del comercio y la industria

Se presentan dos incisos que hace referencia a la agenda 21, los cuales se describen a continuación.

2.1.1.6 Inciso 30.1

El comercio y la industria, incluidas las empresas transnacionales, desempeñan una función crucial en el desarrollo social y económico de un país.

2.1.1.7 Inciso 30.4

El mejoramiento de los sistemas de producción mediante tecnologías y procesos que utilicen los recursos de manera más eficiente y al mismo tiempo produzcan menos desechos (logrando más a partir de menos) es un medio importante para conseguir que el comercio y la industria lleguen a ser sostenibles.

2.1.1.8 Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible –ALIDES– (CCAD. Año 1994)

ALIDES es una declaración de 1994, de la CCAD que tiene dos aspectos fundamentales que se dan a conocer de la siguiente manera:

- El desarrollo local, nacional y regional se basará en el aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos de la tierra, y en la protección de la estructura, funciones y diversidad de los sistemas naturales, de los cuales depende la especie humana y otras especies.
- Velar por la utilización sostenible de los recursos naturales, en particular el suelo, las especies silvestres y domesticadas, los bosques, las tierras cultivadas y los ecosistemas marinos y de agua dulce.

Además, en las bases de la ALIDES, se establecen cuatro áreas base para enfocar integralmente los esfuerzos y avanzar en estas de forma equilibrada:

1. Democracia.
2. Desarrollo Sociocultural.
3. Desarrollo Económico Sostenible.
4. Manejo Sostenible de los Recursos Naturales y Mejora de la Calidad Ambiental

- El agotamiento y deterioro de la base renovable de los recursos naturales es un problema para el desarrollo futuro en Centroamérica.
- El manejo sostenible de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental constituyen mecanismos de protección a los procesos ecológicos y a la diversidad genética esenciales para el mantenimiento de la vida.

2.1.1.9 Declaración de la Cumbre Mundial Sobre Desarrollo Sostenible Johannesburgo, Sudáfrica (2002)

La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002 en Johannesburgo adoptó una Declaración Política y un Plan de Implementación que incluyó disposiciones que cubren un conjunto de actividades y medidas que deben tomarse para lograr un desarrollo que tenga en cuenta el respeto por el medio ambiente.

2.1.1.10 Leyes Ordinarias

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto n.º 68-86 y sus reformas decretos n. os 75-91 y 90-2000 del Congreso de la República)

El propósito de esta ley es velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país. Para lo cual establece como objetivo la creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente (artículo 12, inciso e), y la promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía (artículo 12, inciso g). Artículo 39. (Reformado artículo 9 del Decreto 90-2000). El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales recomendará a la Presidencia de la República, las derogatorias fiscales como otro tipo de incentivos con base en solicitudes aprobadas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.1.1.11 Código de Salud (Decreto 90-97)

Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales: el Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, las municipalidades y la comunidad organizada con todas las instancias apropiadas, sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado

personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales, y ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.

2.1.1.12 Código Municipal (Decreto 12-2002)

Artículo 3. Establece que de conformidad a la autoridad que le confiere la Constitución Política de la República coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda. Asimismo, el artículo 68 indica sus competencias, dentro de las cuales el inciso l) señala la promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio.

2.1.1.13 Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, República Dominicana y Estados Unidos (Decreto 31-2005) y Ley de Implementación (Decreto 11-2006). Entrada en vigencia el 1 de julio de 2006.

Este tratado da vital importancia a establecer altos estándares ambientales y mejora continua de los mismos, no flexibilizar la legislación ambiental con el fin de atraer inversión, contar con las facilidades jurídicas para demandar a través de la legislación interna por daños ambientales, establecer mecanismos voluntarios de cumplimiento para la legislación ambiental, entre otros.

2.1.1.14 Acuerdos gubernativos

Artículo 94. Incentivos. El –MARN– establecerá reconocimientos pertinentes, como forma de incentivar el desarrollo sustentable en el país, su crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de la población, para empresas que:

- Se certifiquen internacionalmente en relación con los aspectos ambientales de su desarrollo
- Utilicen técnicas, prácticas o métodos de producción inocuos al ambiente.
- Sus procesos productivos, los desarrollen en concordancia con lo establecido para la protección y mejoramiento del medio ambiente.

- Desarrollen sus procesos y actividades de producción conforme a estándares de protección del medio ambiente internacionalmente reconocidos.

El MARN podrá otorgar calificación de calidad ambiental, así como galardones o cualesquiera otros incentivos.

2.1.1.15 Políticas públicas que sustentan la Política de Producción Más Limpia Nacional

La Política Nacional de Producción Más Limpia de Guatemala tiene como objetivo: mejorar la calidad ambiental, contribuir al crecimiento económico, promover el uso racional de los recursos naturales, contribuir al bienestar social.

Las políticas se desglosan de la siguiente manera:

2.1.1.16 Política Marco de Gestión Ambiental (Acuerdo Gubernativo 791-2003)

En uno de sus objetivos específicos indica «Fortalecer la gestión de la calidad ambiental, promoviendo el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad a escala nacional, regional y mundial, a partir de la incorporación del concepto de producción limpia en los procesos productivos, fomentando el uso de prácticas innovadoras de gestión ambiental previniendo y minimizando los impactos y riesgos a los seres humanos y al ambiente».

2.1.1.17 Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos (Acuerdo Gubernativo 111-2005)

Es una política que busca la participación e involucramiento de todos los entes de la sociedad guatemalteca, haciendo conciencia que el manejo integrado de los desechos y residuos sólidos urbanos (DRSU) es el conjunto de procedimientos y estrategias que conforman el sistema de separación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final y cuya meta es promover el establecimiento de una gestión integral que sea ambientalmente compatible y económicamente viable, así como la introducción de prácticas de producción más limpia incorporando la dimensión ambiental en su concepción y desarrollo.

2.1.1.18 Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales. (Acuerdo Gubernativo 63-2007)

Esta política considera que la protección y conservación del ambiente y los recursos naturales debe coadyuvar al aumento de la productividad y el crecimiento económico y este, a su vez, deberá ser sustentable y equitativo con la sociedad y la naturaleza para orientar el desarrollo sostenible del país.

2.1.1.19 Política Nacional para el Desarrollo de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Ministerio de Economía)

«El objetivo general de esta política es el mejorar la productividad y competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas guatemaltecas, a través del diseño de los lineamientos generales del modelo y de los instrumentos y mecanismos que les permitan a dichas empresas actuar en igualdad de condiciones, respecto a empresas de mayor tamaño y, de esta forma, aprovechar todas las oportunidades que les otorga el mercado nacional y la apertura del mercado internacional».⁷

2.1.1.20 Política Gubernamental Ambiental (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en proceso de aprobación)

Artículo 2. Para garantizar que todas las entidades de gobierno actúen y contribuyan al alcance del objetivo general deseado, se instituye a todos los ministros de Estado y correspondientes aparatos ministeriales, entidades semiautónomas, centralizadas y descentralizadas para que, al momento de definir las políticas que correspondan a sus sectores y temas, sus propios planes, programas y proyectos, al momento de tomar sus decisiones y ejecutar acciones en sus particulares ámbitos de competencia, lo hagan siempre atendiendo las siguientes pautas o recomendaciones básicas: a. Previniendo la contaminación del ambiente; b. Utilizando la flora, la fauna, la tierra y el agua de manera racional; esto es de manera que los beneficios para la sociedad en general sean evidentemente mayores que los costos que su utilización pueda acarrear; c. Adoptando las **mejores prácticas de manejo ambiental** aceptadas internacionalmente en sus correspondientes ámbitos de acción y en los contratos que suscriban con terceros.

⁷ Política Nacional para el Desarrollo de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, Ministerio de Economía, Acuerdo Gubernativo 121-2016, Diario de Centro América, 15 de agosto de 2016, acceso el 8 de febrero de 2026, <https://www.mineco.gob.gt/politicas-publicas/politica-mpymes.pdf>.

2.1.1.21 Propuesta de Política Regional de Producción Más Limpia 2005-2010 (CCAD, 2005)

El marco de la política regional de producción más limpia, está sustentada en la agenda de competitividad y el desarrollo sostenible, teniendo sus orígenes en la declaración de los presidentes de los países centroamericanos con la firma de la Alianza para el Desarrollo Sostenible de Centroamérica (ALIDES). Su propósito fundamental es plantear la Política Regional de Producción Más Limpia, que sirva de marco orientador, que facilite las acciones prioritarias para los próximos cinco años, buscando de esta forma aumentar la competitividad de las empresas y minimizar la contaminación. La propuesta de política, pretende que la producción más limpia represente un elemento de la estrategia del desarrollo sostenible de la región, bajo una estrategia intersectorial integrada, que permita crear condiciones para promover esta filosofía en el sector público y privado de la región. Lo anterior da la pauta para la promoción de formas de asociación pública y privada que faciliten la implementación de la política y que tengan como orientación final la visión del incremento de la competitividad de las empresas con un mejor desempeño ambiental.

2.2 Concepción y enfoque

El resultado de los términos donde nace la definición del tema, será de sustento en la investigación, para dar respuesta a la problemática ambiental; teniendo como base un marco de referencia, enfocado en la producción más limpia en el proceso constructivo de edificios.

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Eficiencia energética

El desarrollo actual y perspectiva de la región requiere de acciones encaminadas a reducir costos, proteger el medio ambiente, y aumentar la competitividad de las empresas, ante una economía cada vez más abierta y globalizada.

La eficiencia energética es una de las principales áreas de oportunidad para reducir costos, proteger el medio ambiente e incrementar la competitividad de las empresas. La eficiencia energética caracteriza la habilidad de lograr objetivos

productivos, empleando la menor cantidad de energía posible y lograr un nivel de producción, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético, y la menor contaminación ambiental asociada.⁸

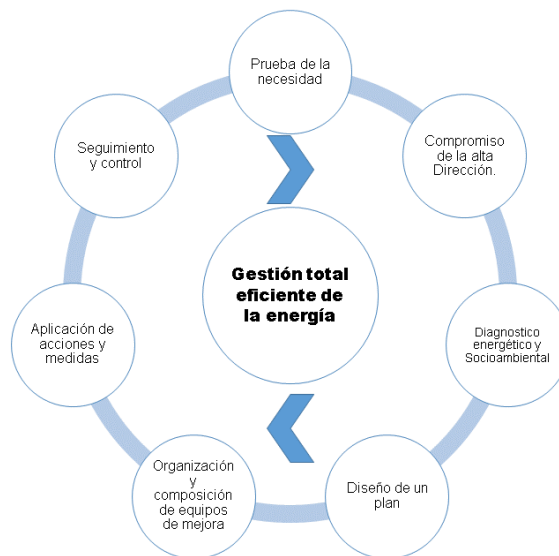


Figura 7. Esquema de eficiencia basado en la teoría de Borroto Nordelo

Fuente: elaboración propia

«la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía»⁹

2.2.2 Proceso de análisis de eficiencia energética

La eficiencia energética aportará los siguientes elementos, para el modelo de estudio con énfasis en P+L.

Relación con P+L:

- Reduce costos en tecnologías, materiales de construcción mano de obra.
- Uno de los temas que se relacionan al modelo de estudio, facilita y protege el medio ambiente.

⁸ Aníbal Borroto Nordelo, Margarita Lapido Rodríguez, José Monteagudo Yanes y Armas Teyra, «La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial,» *Energética* (2005): 66–68.

⁹ Juan Gabriel Vanegas López y Sergio Botero Botero, «Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras,» *Lecturas de Economía* (2012): 132.

- Aumentará la competitividad entre las empresas que buscan una mejora en productividad y desempeño en el mercado.
- Empleando menor cantidad de energía en la ejecución de proyectos

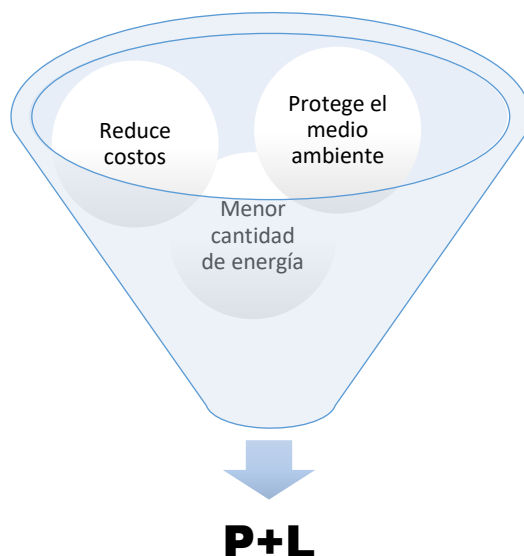


Figura 8. Elementos que aportan en P+L
Fuente: elaboración propia

2.2.3 Eficiencia en el uso del agua

El uso eficiente de agua trae consigo beneficios, tanto a las empresas prestadoras del servicio de agua potable y alcantarillado, en ahorro, en desarrollo y construcción de nueva infraestructura, disminución en pérdidas comerciales, disminución de costos operativos, manejo de sequías y corte de suministro, como a los usuarios, quienes obtienen un ahorro de dinero en el pago por el consumo y por el servicio de alcantarillado. Entre los beneficios ambientales se encuentra la disminución de la presión en la demanda del recurso y la disminución en las descargas generadas a las fuentes hídricas receptoras.¹⁰

La falta de conciencia ambiental sobre el uso y pago del agua, falta de producción más limpia, inversión en agua, reutilización, reciclaje, eficiencia, tecnologías,

¹⁰ **M. A. Dickinson**, «The multiple benefits of water,» ponencia presentada en el *II International Conference* (2003).

ahorros, un acuerdo común entre los que desarrollan los proyectos a la vecindad uno del otro para el uso de un solo sistema hídrico en donde vivimos hacen que, de los casi dieciséis millones de personas que viven en Guatemala, los resultados vayan en aumento de uso y la situación en la que nos encontramos sea alarmante.¹¹

2.2.4 Tipos de agua para diferentes usos

Desde el inicio del proyecto se pudo realizar una indagación sobre la cantidad de agua que se tiene, sobre el suelo (hidrología) y bajo el mismo (hidrogeología), en algunos casos se pueden utilizar estos a favor de la investigación. El agua de lluvia, después del estudio hidrológico, se puede captar y reutilizar después de su tratamiento, para consumo humano, riego, inodoros, urinarios, pilas, etc. Sin utilizar el agua de la ciudad o del subsuelo.

En la mayoría de los edificios se cuenta con una cisterna de agua potable para mantener por uno o varios días agua de reserva, pero si reciclamos el agua a utilizar podremos reusar el agua para otros usos, esto conlleva a separar esta agua en diferentes tuberías, pero da un resultado eficiente por el uso del agua.¹²

2.2.5 Proceso de análisis – Eficiencia en el uso del agua

Aporte para el modelo de P+L

- La eficiencia en el uso del agua en el proceso constructivo, genera beneficios de ahorro, tanto para las empresas prestadoras y alcantarillado.
- Disminuye los gastos operativos en la ejecución de obra.
- Beneficio ambiental en la disminución del recurso en fuentes de descarga hídrica.
- La reutilización del agua será parte de la P+L en el proceso constructivo de edificaciones de mampostería.

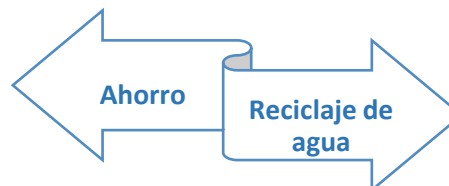


Figura 10. Relación en la eficiencia del uso del agua
Fuente: elaboración propia

¹¹ Manuel Alberto Ávila, «Ahorro de agua en edificaciones,» *Construcción* (2019): 1.

¹² *Ibid.*

2.2.6 Gestión de los residuos en la construcción y demolición

En los últimos años ha crecido significativamente la construcción en la ciudad de Barranquilla, lo cual ha generado por (RCD) se hayan convertido en un problema ambiental, puesto que, debido a su cantidad y disposición inadecuada, sean configurados en focos de contaminación de suelos y aguas superficiales. Este problema no es solo local, sino mundial, por lo que diferentes países han tomado medidas para una adecuada gestión integral de los residuos generados en obra. Algunos de los ejemplos de esta adecuada gestión son: reincorporación de RCD en procesos constructivos, reúso o aprovechamiento de RCD como materias primas, procesamiento de RCD para ser convertidos en agregados minerales para concretos y asfaltos o aprovechamiento de RCD como llenantes minerales. Por eso, en este artículo se presentan los resultados de un estudio realizado a setenta y cinco obras localizadas en las diferentes zonas de la ciudad de Barranquilla, en donde se realizaron encuestas en temas de manejo, tratamiento y disposición final, al tiempo que se indagó sobre el conocimiento de la legislación local para el manejo de los RCD. A partir de los resultados obtenidos, se identificó que las prácticas de gestión de RCD que actualmente el gremio de la construcción está llevando a cabo no son las adecuadas y como solución se plantea una propuesta de mejora para el modelo de gestión (involucrando aprovechamiento y transformación) con el propósito de que sea implementado en la ciudad en los siguientes años.¹³

La construcción de los edificios comporta unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía tanto en lo que atiende a su construcción como a lo largo de su vida y el impacto ocasionado en el emplazamiento. El material fuertemente manipulado y que ha sufrido un proceso de fabricación utilizado en el campo de la construcción tiene unos efectos medioambientales muy importantes, con un contenido muy intensivo en energía.

¹³ Carlos Albeiro Pacheco Bustos, Luis Guillermo Fuentes Pumarejo, Édgar Humberto Sánchez Cotte, Hugo Rondón Quintana. «Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión.» *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, Vol 35, n.º 2 (2017), 2017: 1.

En los últimos años se ha despertado un interés de investigación en los temas de gestión de RCD, con el propósito de evitar y reducir la generación de estos, promover la reutilización y el reciclaje, y mejorar la gestión de aquellos residuos que no se puedan evitar. Por la complejidad de la industria de la construcción, la que cuenta con diferentes partes interesadas, diferentes actores y diferentes intereses, la gestión de los residuos es mucho más compleja que en otros sectores. Esto debido a que la generación de residuos en los proyectos de construcción se da desde etapas muy tempranas y su terminación es casi infinita dado que, cuando la vida útil de una obra civil llega a su fin, se convierte en residuos a menos que se recupere, y sin embargo si se llega a recuperar, esta recuperación no llega al 100 %.¹⁴

2.2.7 Proceso de análisis – Gestión de RCD

Aporte para el modelo de P+L

- Reincorporación de RCD en procesos constructivos.
- Reúso o aprovechamiento de RCD como materias primas.
- Procesamiento de RCD para ser convertidos en agregados minerales para concretos y asfaltos.

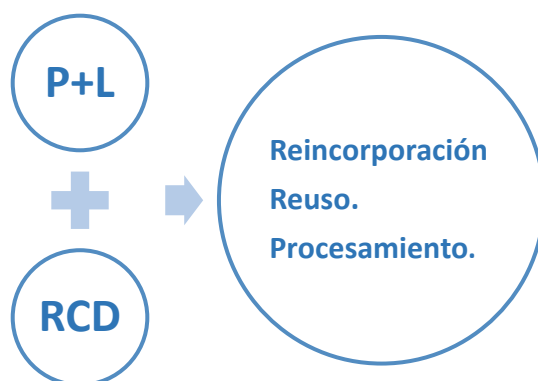


Figura 9. Integración de P+L Y RCD

Fuente: elaboración propia

¹⁴ Aug., Santiago, «Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un meta-análisis,» *Revista de la Construcción* vol.11 n.º2, 2012.

2.2.8 Causas de generación de RCD del ciclo de desarrollo de los proyectos

Diseño y construcción

- En la primera se tienen errores en los documentos del contrato.
- Falta de información acerca de los tipos y tamaños de materiales en los documentos de diseño.
- Error en la información acerca de los tipos y tamaños de materiales en los documentos de diseño.
- Diseños y detalles complejos, pobre coordinación y comunicación.
- Documentos incompletos del contrato.
- Cambios en los diseños.
- Errores al ordenar los materiales.
- Sobre orden en los materiales.
- Errores de proveedores.
- Daños durante el transporte a la obra.
- Almacenamiento inapropiado de los materiales.
- Error en los obreros.
- Mal funcionamiento de los equipos.
- Inclemencias del tiempo.
- Accidentes.
- Daños ocasionados por las actividades subsecuentes.
- Uso incorrecto del material y que requiere ser reemplazado.
- Corte de piezas.
- Residuos de los procesos de aplicación.
- Embalaje de materiales.
- Falta de controles en los materiales.
- Falta de planes de gestión de los residuos.
- Daño por vándalos.
- Determinación de tipos y dimensiones de materiales sin considerar desperdicios y ordenar los materiales sin tener definidos completamente los requerimientos en los documentos de diseño.
- Especificaciones poco claras e incompletas.

- Dificultades para acceder a los vehículos de reparto a los sitios de las obras.
- Métodos ineficientes de descarga.
- Presión de tiempo.
- Ética de trabajo pobre.
- Pobre coordinación y comunicación.
- Malos procesos de los trabajos y mala manipulación del material en las etapas de no trabajo.

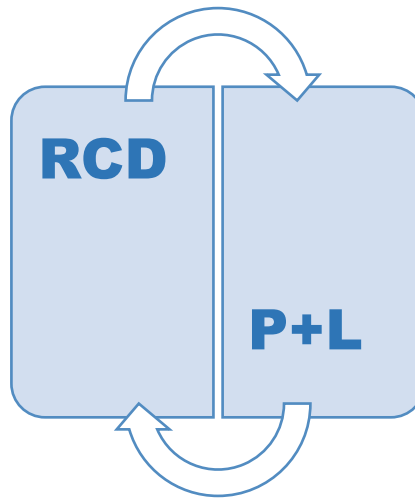


Figura 10. Relación de RCD con P+L
Fuente: elaboración propia

Existen diferentes materiales que se utilizan en la construcción y que no tienen un aprovechamiento del 100 %.¹⁵

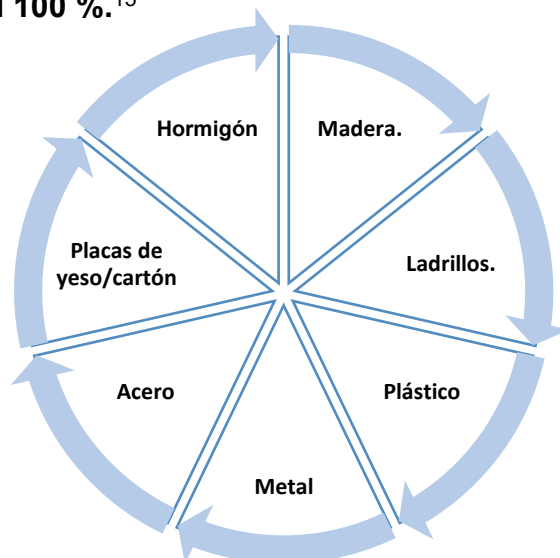


Figura 11. Causas de generación de RCD
Fuente: elaboración propia

¹⁵ Santiago, «Temas y tendencias sobre residuos de construcción».

Los residuos provenientes de la industria de la construcción, denominados (RCD) y que corresponden principalmente a ladrillos, tejas, cerámica, artículos sanitarios, mezclas de hormigón y restos de yeso, se constituyen en un problema ambiental grave, ya que su generación y mala disposición, ocasiona diversos impactos negativos como: la contaminación del agua, la tierra y el aire, y afectación en los ecosistemas y en la salud humana.¹⁶

2.2.9 Problemática de los residuos de construcción y demolición

Los residuos de construcción y demolición son materiales resultantes de las actividades de construcción, demolición y modificación de las construcciones, obra civil y espacio público. Estos residuos son considerados inertes, no peligrosos, con un alto nivel de valorización y aprovechamiento, aunque no existe una composición particular de RCD, estos varían según el tipo de estructura, proceso de demolición y sistemas de gestión ambiental empleados. Generalmente incluyen: concreto estructural, ladrillos, azulejos y cerámicas de pisos, techos y tabiques.

Gran parte de estos residuos se eliminan en vertederos sin ningún tipo de recuperación o reutilización, lo que genera importantes preocupaciones ambientales y económicas. La disposición inadecuada de estos residuos conlleva a una problemática ambiental en diferentes ámbitos: suelo, atmósfera, agua, flora y fauna y paisaje.¹⁷

2.2.10 Problemática de los residuos de la construcción y demolición.

Los residuos de la construcción representan un gran problema dentro de la industria, pues su correcta disposición se traduce en un costo extra que muchas veces las empresas constructoras no están dispuestas a cubrir, además de que lamentablemente, nuestro país no cuenta con la infraestructura ni la cultura necesaria para que la gestión de estos residuos sea correcta. Este problema no solo afecta directamente a la industria de la construcción, si no que engloba una gran

¹⁶ Sindy Sofía Suárez-Silgado, Carolina Betancourt-Quiroga, Juan Molina-Benavides, Leandro Mahecha-Vanegas. «La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión*.» *Ciencias Sociales Aplicadas*, 2018.

¹⁷ Suárez-Silgado, Sindy Sofía, «La gestión de los residuos de construcción».

cantidad de áreas que se ven totalmente relacionadas con la disfuncionalidad en la gestión de los residuos. Al ser un problema de gran tamaño es importante denotar que no existe una sola solución, si no que, para poder corregir este defecto, se tienen que tomar medidas significativas en distintos rubros, como: la extracción de materia prima, el uso de los materiales, la disposición final del material, su debido reciclaje, etc.¹⁸

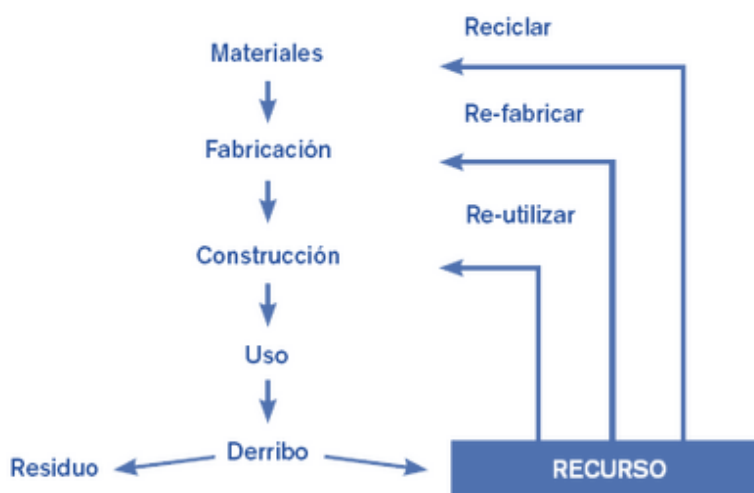


Figura 12. Proceso de producción de RCD

Fuente: Extraído de Construmatica, basado en impactos ambientales en el sector de la construcción.

¹⁸ Ceñal Ruiz, Bernardo. «Problemática de los residuos de construcción y demolición». Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. Acceso el 8 de febrero de 2026.
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/55eefbeb-0006-4cfe-af9e-d8f4a124b41e/content>.

2.2.11 Impactos ambientales que se generan por la inadecuada gestión de los RCD¹⁹

A continuación, se describen los impactos negativos producidos en el proceso constructivo:

Ámbito	Afectación
Suelo	➤ En lugares clandestinos puede contribuir a la proliferación de partículas contaminantes. ➤ Degradación a la cobertura vegetal. ➤ Procesos erosivos. ➤ Residuos dispuestos en el espacio público, se encuentran mezclados con otro tipo de residuo
Atmósfera	➤ Aporte de material particulado. ➤ Contribuyen a problemas de tipo respiratorio. ➤ Inhalación de partículas que se dispersen por proceso de corte. ➤ Pueden potenciar el desarrollo de cáncer pulmonar.
Agua	➤ Inadecuada disposición de residuos en causas o ríos. ➤ Ocasión de inundaciones por la disminución del área hídrica. ➤ Los RCD pueden generar sedimentos a los cuerpos de agua superficiales ➤ Contaminación de los causes por los RCD, con otro tipo de residuo, orgánico e inorgánico.
Flora/fauna	➤ Afectación de cobertura vegetal. ➤ Destrucción parcial de hábitats de flora y fauna. ➤ Disminución de biodiversidad ➤ Desplazamiento de especies.
Paisaje urbano	➤ El arrojo indiscriminado de RCD en zonas verdes. ➤ Impacto en el paisaje urbano. ➤ Disminución de calidad de vida de la población.

Tabla 1. Impactos ambientales que se generan por la inadecuada gestión de RCD

Fuente: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.5408>.

¹⁹ Suárez-Silgado, Sindy Sofía, «La gestión de los residuos de construcción».

2.2.12 Huella ecológica

Todos los seres vivos (flora y fauna) del planeta requieren de alimento, energía y agua para crecer y vivir. En el caso del ser humano, la cantidad de recursos que utiliza depende de su estilo de vida. Así, por ejemplo, las personas que habitan en la ciudad desperdician mucha agua, utilizan numerosos aparatos eléctricos, consumen alimentos que son traídos desde otras regiones o países, viajan en carro y en avión, usan muchos envases de plástico y generan mucha basura. Al utilizar todos estos recursos se está reduciendo la superficie de bosques, praderas, desiertos, manglares, arrecifes, selvas, y la calidad de los mares del mundo. El impacto de un individuo, en una ciudad o país, sobre la Tierra, para satisfacer lo que consume y para absorber sus residuos, se conoce como huella ecológica. La huella ecológica, mide el impacto de la demanda de la humanidad sobre la biosfera.²⁰

2.2.13 Proceso de análisis – Huella ecológica

La producción más limpia y la huella ecológica están relacionadas porque la producción más limpia puede ayudar a reducir la huella ecológica de una empresa, unos de los aportes serían:

Aporte para el modelo de P+L

- Consumo de recursos naturales
- Impacto de los individuos en el espacio
- Mide el impacto del ser humano y su relación con el entorno
- La forma de vivir del ser humano
- Interacción del ser humano con el medio ambiente

²⁰ Róger Martínez Castillo, «Educación y huella ecológica», *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación* 8, no. 1 (2008): 1–28, <https://www.redalyc.org/pdf/447/44780103.pdf>.

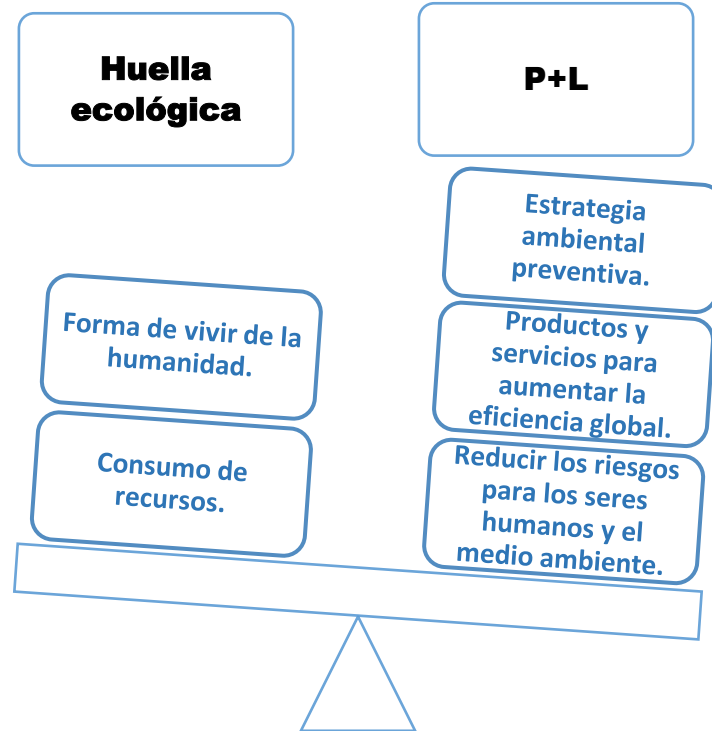


Figura 13. Conceptos que aportarán al modelo de P+L
Fuente: elaboración propia

2.2.14 Construcción sostenible

El término de sostenibilidad adoptado a la construcción deberá garantizar la disminución de los impactos tanto en el proceso de construcción como en la operación u ocupación del edificio. La construcción sostenible lleva asociados tres términos: reducir, conservar y mantener.

2.2.15 Proceso de análisis – Construcción sostenible

La construcción sostenible es un enfoque de diseño y construcción que busca reducir el impacto ambiental de los edificios. Para ello, se utilizan materiales renovables y no tóxicos, se aumenta la eficiencia energética y se minimizan los desechos, el aporte para la P+L es la siguiente:

Aporte para el modelo de P+L

- Conservación de recursos.
- Reutilización de recursos.
- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción.
- Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
- Reducción en la utilización de la energía.
- Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.
- Protección del medioambiente.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.²¹

2.2.16 Enfoque en la cuantificación de costos

Han calculado la cantidad de RCD, en Grecia a través de la utilización de datos relevantes del nivel de actividad de la construcción y el número de licencias de demolición. Adicionalmente, supusieron que por cada 1.000 m² de actividad de construcción se generan 50 m³ de residuos, cada demolición equivale a la construcción de 60 m² y el volumen generado de residuos es de 114 m³ y, finalmente, el valor promedio de la densidad de los RCD es 1.5 toneladas/m³.

Otra de las formas para el cálculo es a través de esta ecuación:

$$DW = ND \times ANF \times AS \times DWB \times D$$

Donde DW es la cantidad de residuos de demolición (en toneladas); ND es el número de edificios demolidos; ANF es el número promedio de pisos por cada edificio demolido; AS es el área promedio del edificio demolido (130 m²); DWB es el volumen de residuos generados por cada 100 m² de área de edificio demolido (80

²¹ «Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis», *Revista de la Construcción* 11 (agosto 2012): DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200002>.

m³ por cada 100 m²); y D es la densidad promedio de los residuos generados (1.6 toneladas/m³).²²

2.2.17 Proceso de análisis – Cuantificación de costos

Aporte para el modelo de P+L

- Con todos los conceptos se formuló un proyecto auto sostenible, pero existe lo más fundamental, **¿qué ingresa y cuánto sale?**, con estos datos se consolidó el modelo para obtener respuestas cuantitativas y no solo respuestas cualitativas.
- Los costos son lenguaje oficial en la compañía.
- Traducen e interpretan las necesidades ambientales a las necesidades del negocio.

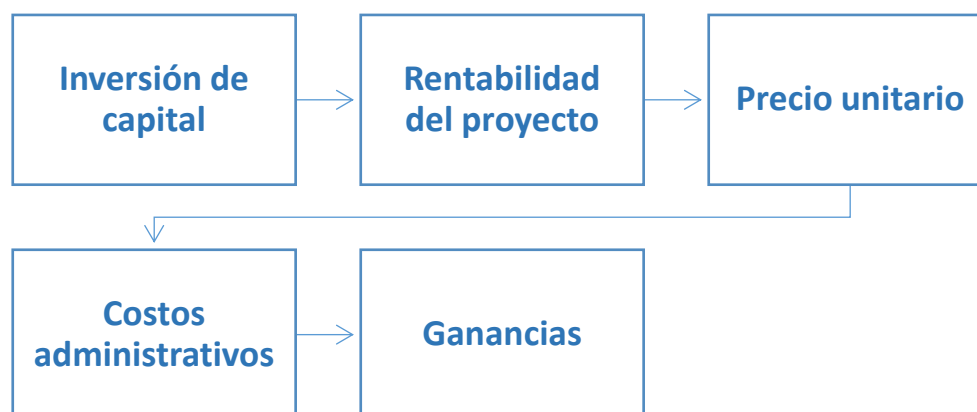


Figura 14. Proceso en el modelo de P+L, con énfasis en costos

Fuente: elaboración propia

²² «Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis», *Revista de la Construcción* 11 (agosto 2012): DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200002>.

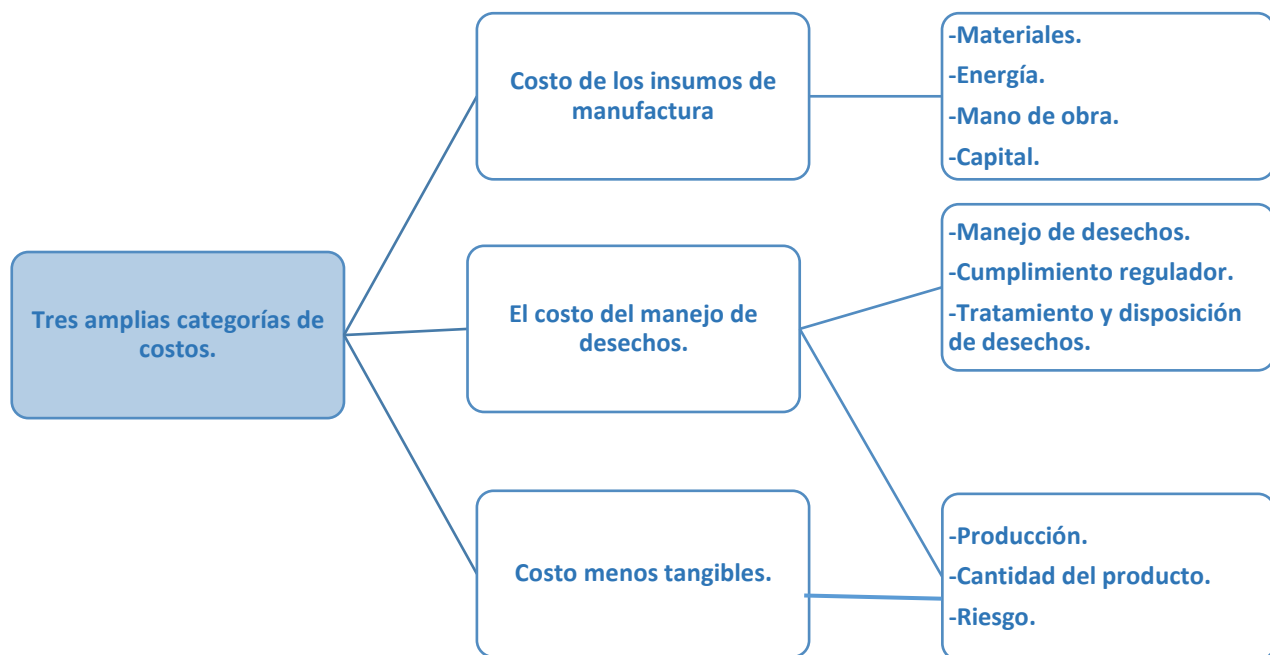


Figura 15. Valores relevantes y significativos para el modelo de P+L
Fuente: elaboración propia



3 Capítulo III - Contexto

3.1 Definición del tema de investigación

La P+L es una estrategia de gestión ambiental aplicada a los procesos, productos y servicios que implica la optimización, modificación o cambio de los mismos; sin embargo, su implementación no debe ser vista como un gasto, sino por el contrario, como una actividad que genera eficiencia, productividad y ahorros económicos. Si el proceso es formulado de manera adecuada, la implementación de la P+L viene de la mano de la optimización de procesos y ahorro de costos, mejoramiento de la eficiencia operativa, mejor calidad y consistencia de los productos, reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición, y/o el mejoramiento de la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidad, entidades financieras, entre otras.²³

La Producción Más Limpia es en esencia una estrategia preventiva encaminada a la reducción, total o parcial, de las emisiones contaminantes, la optimización de los procesos y a la reutilización, reciclaje y valorización de los residuos o subproductos. Es así como su implementación dentro de un proceso productivo se refleja en un menor impacto ambiental, menor cantidad de emisiones, eliminación de los desperdicios de materias primas, ahorro y uso eficiente de agua y energía, mayor calidad en los productos y menores costos de producción, que dan como resultado una mayor competitividad. Por lo tanto, cuando se trata de manejar los impactos ambientales relacionados con un proceso, la Producción Más Limpia es la alternativa más conveniente, por encima de los tratamientos de final de tubo. En este sentido, debe entenderse que la Producción Más Limpia no es simplemente un sistema de gestión ambiental, sino una estrategia integral, económica y ambiental, que busca elevar la competitividad y el desempeño económico de un proceso a través del mejoramiento ambiental; dado su carácter como elemento armonizador de la relación existente entre el sector productivo y el medio ambiente.



Figura 16. Beneficios de P+L}
Fuente: elaboración propia

²³ Andrea Figueroa y Angélica Bernal, «Producción más limpia: una revisión de aspectos generales», *Producción + Limpia*, (2016): 84.

3.2 Procesos y beneficios

3.2.1 Proceso

La producción más limpia nos direcciona al ahorro energético, como lo son: agua, materia prima y ambiente limpio.

3.2.2 Producto

En la P+L, se busca reducir los impactos negativos en productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad con el fin de alcanzar una disposición final que transforme las materias primas en el ciclo de vida del proyecto.

3.2.3 Servicios

Implica incorporar estrategias que ayuden y mitigar los impactos negativos para una mejora en la prestación de servicios.

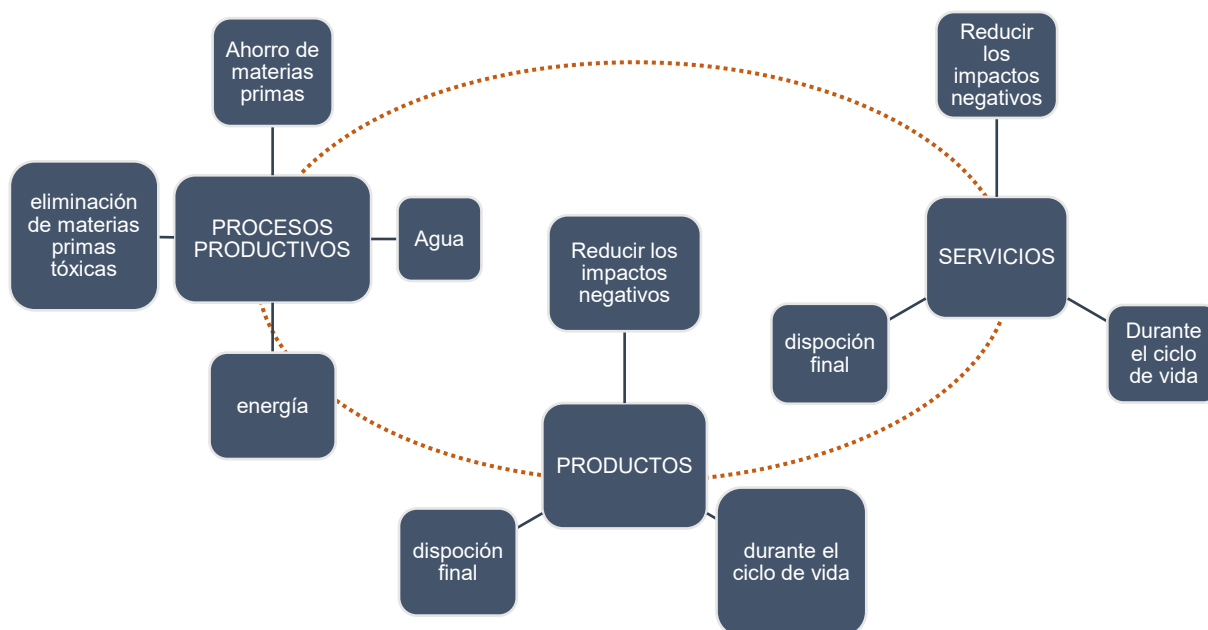


Figura 17. Conceptos asociados a la P+L

Fuente: elaboración propia

3.3 Análisis (caracterización de la obra a analizar)

El objetivo de esta etapa es identificar las oportunidades y tener un acercamiento cualitativo a los conceptos adoptados en la P+L con la que cuenta el proyecto y adaptar nuevas prácticas seleccionando un equipo altamente calificado para poder realizar informes y analizar las diferentes áreas, visualizando las diferentes

debilidades que sufre la empresa y encargarse del establecimiento donde se aplicará la P+L.

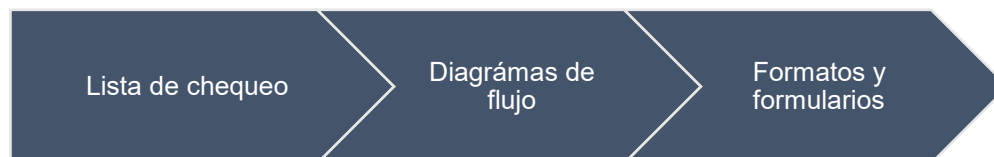


Figura 18. Herramientas que permitirán tener listas de chequeo

Fuente: elaboración propia

Para la implementación del sistema de producción más limpia, se debe dar inicio con la fase técnica y realizar un análisis del proyecto desde la fase inicial. Se tomará un modelo de estudio, un proyecto en fase de ejecución que se adapta a las etapas y renglones de trabajo; esto permite conocer la secuencia para el alcance de los objetivos y una correcta intervención, estas etapas son las siguientes:

- ✓ diseño y planificación
- ✓ construcción
- ✓ operación y mantenimiento
- ✓ demolición/desalojo

Los principales aspectos que intervienen en la construcción de edificaciones, están relacionados con el proceso constructivo (desde la planificación, pasando por el diseño y finalizando con la demolición), los materiales de construcción, la mano de obra y la maquinaria y equipos.

Existió el interés de la empresa de implementar un programa de producción más limpia basado en mejorar la eficiencia y mejorar la productividad, reducir los costos de construcción y mitigar los impactos ambientales que estos conllevan al ejecutar a partir de la obra preliminar de la construcción, con el fin de obtener los siguientes resultados:



Figura 19. Proceso para obtener resultados según diagnóstico

Fuente: elaboración propia

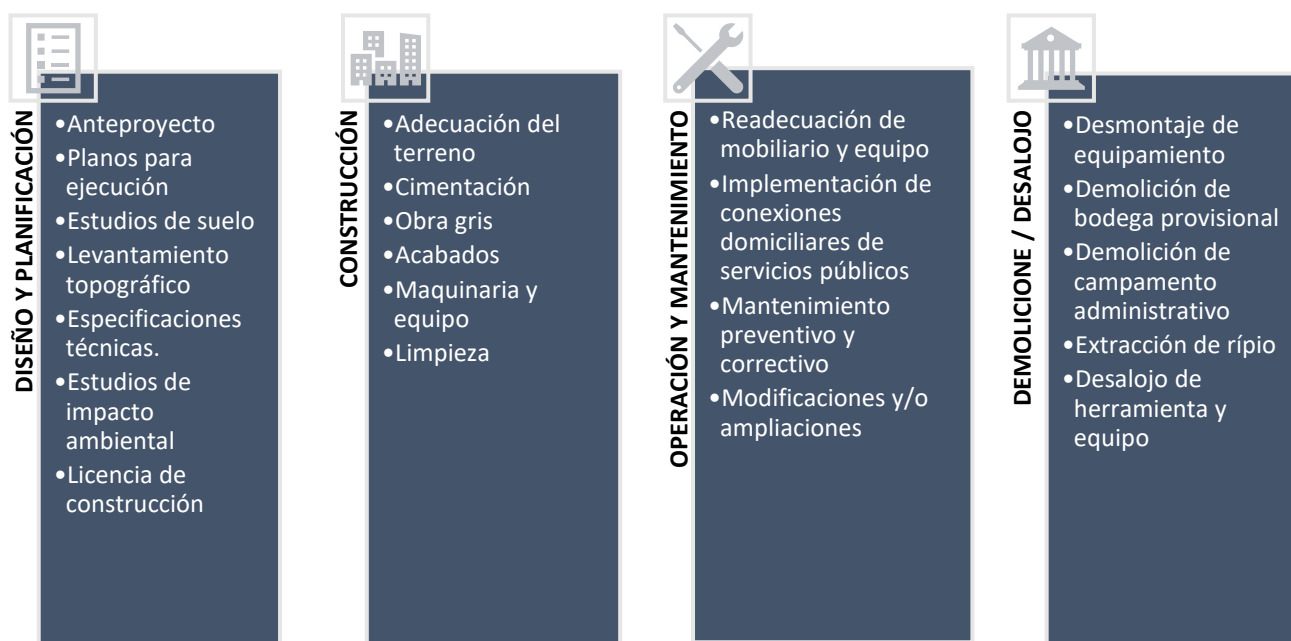


Figura 20. Etapas de la obra y desglose de actividades a ejecutar

Fuente: elaboración propia



4 Capítulo IV - Análisis

4.1 Grupos temáticos



Figura 21. Clasificación de los principales grupos temáticos
Fuente: elaboración propia

4.2 Mejores prácticas ambientales y mejores técnicas disponibles.

- ✓ La mejores practicas ambientales corresponden a las estrategias y control ambiental.
- ✓ La mejores técnicas disponibles corresponden a la mitigación el impacto generado al medio ambiente.

4.3 Materia prima

El proceso de la construcción tiene como su pilar central el uso de materiales y equipo de máxima calidad.

Utilizar material recuperados o reciclados: estos materiales contienen un porcentaje de material reciclado, puede ser extraído del mismo lugar en caso lo requiera el proyecto, estos materiales pueden ser: material para relleno y material para fachada (piedra o elementos decorativos).

La utilización de materiales ecológicos ayuda a mitigar los impactos en el medio ambiente, beneficiando a estos tres elementos fundamentales: suelo aire y agua.



Utilizar materiales que generen poco residuo, esto evitará tener volúmenes de residuos distribuidos en diferentes áreas de la obra, utilizar con mayor frecuencia material a granel para elementos constructivos donde su resistencia será baja.

Para facilitar la identificación y descripción de las diferentes alternativas de Producción Más Limpia aplicables en el sector de la construcción se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

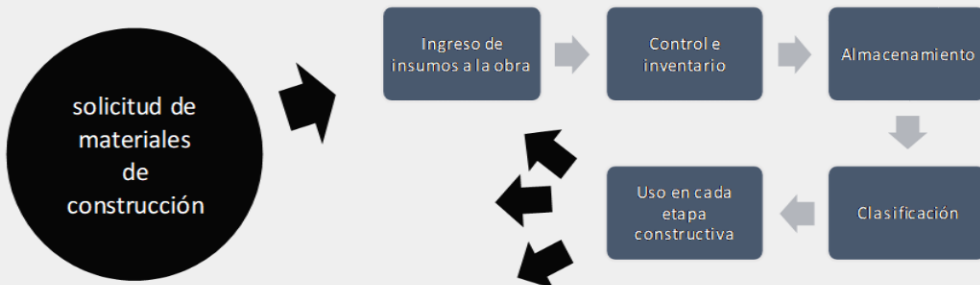
Mejores prácticas ambientales		MATERIAS PRIMAS	
OBJETIVO			
Localizar un espacio para almacenamiento de materiales de construcción dentro del lugar a intervenir, para evitar traslados innecesarios por consumo y logística			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Contaminación del suelo	Preventiva	Etapa de construcción	
Contaminación hídrica			
Emisiones atmosféricas			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Minimizar el traslado de materiales de construcción por viaje, minimización de la contaminación atmosférica y promover huella ecológica.		
ECONÓMICOS	Uso eficiente de los materiales de construcción según renglón de trabajo, menores pérdidas y derrames de insumos.		
LABORALES	Mayor control y orden según inventario.		
IMPLEMENTACIÓN			
Llevar un control de inventario de los materiales de construcción que se necesitarán en cada etapa constructiva			
Supervisar los renglones según cronograma de ejecución y llevar un registro de consumo y factores de desperdicio.			
Programar con antelación el pedido de los materiales de construcción según etapa constructiva.			
Clasificar los materiales según volumen.			
Adecuar el cierre y etiquetado de los recipientes que almacenan insumos.			
Proteger bodega general de almacenamiento y sitios donde se encuentran los agregados finos para evitar que sean arrastrados por condiciones atmosféricas.			
Aislar los productos peligrosos de los demás materiales.			
Asignar a una persona encargada de control de inventario.			
ESQUEMA			
			

Tabla 2. Mejores prácticas ambientales en la etapa de materia prima en el proceso constructivo
Fuente: elaboración propia



Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

Mejores técnicas disponibles		MATERIAS PRIMAS	
OBJETIVO			
Emplear materiales o premezclados que estén normados y que cumplan con las calidades constructivas. Estos insumos serán fáciles de cuantificar y clasificar al momento de emplearlos en la etapa constructiva.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Contaminación del suelo	Preventiva	Etapa de construcción	
Contaminación por ruido			
Contaminación hídrica			
Emisiones atmosféricas			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Evitar la contaminación atmosférica al momento de trasladar de un lugar a otro.		
ECONÓMICOS	Reducir los costos por rendimiento establecido según ficha técnica.		
LABORALES	Mayor eficiencia en tiempo de la elaboración de elementos constructivos.		
EMPRESARIALES	Mejorar la imagen y orden en la obra al aplicar mejores prácticas en el proceso constructivo.		
IMPLEMENTACIÓN			
Emplear elementos constructivos y prefabricados para que sea más fácil su traslado, montaje y fijaciones.			
Uso de premezclados para mayor control del inventario según rendimiento.			
Comprar equipos que sean más respetuosos con el ambiente.			
Utilizar materiales de construcción con recipientes que puedan ser reutilizados.			
Emplear un sistema constructivo amigable al medio ambiente.			
Cumplir con las especificaciones técnicas que indican los premezclados para un mejor rendimiento.			
Implementar el uso de impermeabilizantes con mayor vida útil que supere a los 8 años o más.			
ESQUEMA			
Alternativas tecnológicas + Reducción de costos de mano de obra = Ahorro en tiempo y mayor control de insumos y menos desperdicio			

Tabla 3. Mejores técnicas disponibles en la etapa de materia prima en el proceso constructivo

Fuente: elaboración propia

Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

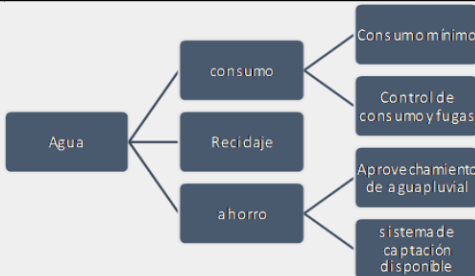
Mejores prácticas ambientales		RECURSO AGUA	
OBJETIVO			
Adoptar el uso racional del agua y de ser necesario el aprovechamiento de agua pluvial para utilizarla en cada etapa constructiva. Esto permitirá reducir el volumen de agua residual.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Salud	correctiva y preventiva	Etapa de construcción	
Contaminación hídrica			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Reducir el mayor volumen de agua y uso eficiente del recurso hídrico.		
ECONÓMICOS	Reducir costos del servicio de agua potable.		
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Separación de guas grises de aguas negras.		
IMPLEMENTACIÓN			
Llevar registros de consumo de agua en cada etapa del proceso constructivo.			
Llevar registros de generación de aguas residuales en lo posible, para cada etapa del proceso constructivo.			
Establecer mecanismos de aprovechamiento de agua pluvial, evitando que escurran por las áreas descubiertas de vegetación para reducir el arrastre de sedimentos.			
Evitar las fugas de agua en las mangueras o sistemas de conducción provisionales.			
Realizar el barrido o limpieza en seco antes del lavado con agua, en aquellas operaciones que no comprometen la generación de polvos y material particulado			
Previamente al barrido, humedecer la superficie para evitar las emisiones de material particulado.			
Reutilizar las aguas en actividades de remojo, pulido y corte del material a emplear.			
Estandarizar y programar las actividades de limpieza.			
Capacitar y sensibilizar al personal sobre el buen uso y manejo del recurso hídrico.			
Ubicar depósitos de almacenamiento de agua (toneles, cisternas), para abastecimiento en periodo de lluvia.			
ESQUEMA			
 <pre>graph LR Agua[Agua] --> consumo[consumo] Agua --> Reciclaje[Reciclaje] Agua --> ahorro[ahorro] consumo --> ConsumoMinimo[Consumo mínimo] consumo --> ControlConsumo[Control de consumo y fugas] ahorro --> AprovechamientoPluvial[Aprovechamiento de agua pluvial] ahorro --> SistemaCaptacion[sistema de captación disponible]</pre>			

Tabla 4. Mejores prácticas ambientales en la etapa de recurso agua en el proceso constructivo
Fuente: elaboración propia

Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

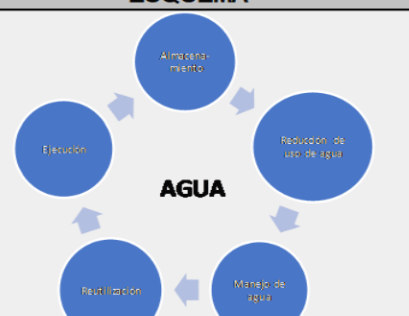
Mejores técnicas ambientales		RECURSO AGUA	
OBJETIVO			
Implementar estrategias para preservar el recurso hídrico en la etapa inicial, operativa y de desalojo.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Contaminación del suelo	Correctiva y preventiva	Etapa de construcción y limpieza	
Contaminación hídrica			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Minimizar los efectos de la sequía y la escasez del recurso hídrico en el tiempo.		
ECONÓMICOS	Reducción de costos a largo plazo y un menor impacto ambiental en el entorno.		
EMPRESARIALES	Bienestar de los usuarios y ventajas competitivas en el mercado.		
IMPLEMENTACIÓN			
Adaptar sistemas de reutilización de aguas grises.			
Implementación de sistemas de captación de lluvia.			
Utilizar materiales y diseños sostenibles para la eficiencia hídrica.			
Adaptar materiales de bajo consumo de agua.			
Implementar diseños arquitectónicos que promuevan el ahorro de agua.			
Educar y concientizar el uso responsable del agua.			
Involucrar a la comunidad en crear buenas prácticas sostenibles.			
Educar a los maestros de obra, contratistas y equipo de trabajo acerca de la importancia de conservar el agua.			
Implementar dispositivos de bajo consumo, la reutilización de aguas grises, la detección y reparación de fugas.			
Reducir el consumo del agua en las diferentes operaciones en el renglón de limpieza de obra.			
ESQUEMA			
			

Tabla 5. Mejores técnicas ambientales en la etapa de recurso agua en el proceso constructivo
Fuente: elaboración propia



Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

Mejores prácticas ambientales		SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL	
OBJETIVO			
Implementar protocolos para la pronta atención a situaciones laborales en la etapa inicial, operativa y de desalojo de cada proyecto. Además, de educación preventiva, medidas de contención y mitigación para emergencias.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Salud	Preventiva	Etapa de construcción, operativa y de desalojo	
Laboral			
Higiene			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Crear entornos seguros.		
LABORAL	Productividad, creando dinamismo, buen ambiente laboral y menor ausentismo.		
EMPRESARIALES	Mejoras tangibles para la organización, creando una buena imagen.		
IMPLEMENTACIÓN			
Mantener en buen estado de conservación, funcionamiento y uso de la maquinaria, instalaciones y herramienta.			
Promover la capacitación del personal.			
Proporcionar al trabajador las herramientas, vestuario, equipo de protección personal y enseres para el desarrollo de su trabajo.			
Permitir y facilitar la inspección de los lugares de trabajo a técnicos e inspectores para velar por el cumplimiento de los reglamentos de higiene y seguridad.			
Identificar las áreas de almacenamiento de equipos, productos químicos y desechos peligrosos para minimizar la exposición y el riesgo a la salud de los trabajadores.			
No exponer a los trabajadores a desechos peligrosos contaminantes que causen daño a la salud y al ambiente.			
Cumplir con las normas de seguridad ocupacional.			
Reducir riesgos que atenten a la vida, integridad física, salud o bienestar de los trabajadores en los centros o puestos de trabajo.			
ESQUEMA			
Políticas de seguridad y salud ocupacional Planificación Implementación y operación Acciones correctivas = Mejores prácticas en obra			

Tabla 6. Mejores prácticas ambientales en la etapa de salud y seguridad ocupacional

Fuente: elaboración propia

Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

Mejores técnicas ambientales		SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL	
OBJETIVO			
Implementar un plan de Salud y Seguridad Ocupacional: será importante actualizarlo según las necesidades que surjan en la etapa constructiva de proyectos de construcción.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Salud	Preventiva	Etapa de construcción, operativa y de desalojo	
Laboral			
Higiene			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Realizar un seguimiento de las enfermedades profesionales y los accidentes laborales ocurridos en el lugar de trabajo.		
LABORAL	Proveer un entorno laboral seguro.		
EMPRESARIALES	Mejoras tangibles para la organización, creando una buena imagen.		
IMPLEMENTACIÓN			
Garantizar la protección de los trabajadores, también ayuda a prevenir accidentes y enfermedades profesionales			
Diseñar estrategias de prevención adecuadas.			
Analizar los riesgos específicos asociados a cada puesto de trabajo, mediante la identificación y evaluación de los peligros.			
Implementar medidas preventivas adecuadas para minimizar los riesgos laborales y garantizar la seguridad de los empleados.			
Incluir una programación y metodología efectivas para educar a los trabajadores sobre los riesgos laborales			
Actualizar el plan de SSO, según complejidad de cada etapa de construcción.			
Incluir un programa y metodología efectivas para educar a los trabajadores sobre los riesgos laborales.			
Modificación de infraestructuras o haya cambios significativos en el personal.			
ESQUEMA			
Protección de los trabajadores Prevenir accidentes proveer un entorno laboral seguro Identificar los posibles riesgos asociados a sus labores			

Tabla 7. Mejores técnicas ambientales en la etapa de salud y seguridad ocupacional
Fuente: elaboración propia

Se elaboraron fichas técnicas que contienen información sobre los objetivos, impactos a manejar, tipo de medida, aplicabilidad, beneficios y acciones para su implementación.

Mejores prácticas ambientales		RECURSO ENERGÉTICO	
OBJETIVO			
Implementar un plan de Salud y Seguridad Ocupacional, será importante actualizarlo según las necesidades que surjan en la etapa constructiva de proyectos de construcción.			
IMPACTO A MITIGAR	TIPO DE MEDIDA	APLICACIÓN	
Salud	Preventiva	Etapa de construcción, operativa y de desalojo	
Laboral			
Higiene			
BENEFICIOS			
AMBIENTALES	Contribuir a interrumpir un ciclo de contaminación del medioambiente.		
LABORAL	Mayor conciencia en el ahorro y cosumo energético.		
EMPRESARIALES	Implementación de nueva tecnología para futuros proyectos.		
IMPLEMENTACIÓN			
Hacer uso de las bombillas de bajo consumo.			
Aprovechar la luz natural siempre que sea posible.			
No dejar encendidas las luces en áreas que no se estén utilizando.			
Colocar reguladores de intensidad de luz.			
Utilizar colores claros en paredes y techos.			
Utilizar electrodomésticos de la Clase A.			
Optar por alternativas como la energía solar y el gas.			
Disminuir las emisiones de gas.			
ESQUEMA			
			

Tabla 8. Mejores prácticas ambientales en la etapa de recurso energético en el proceso constructivo
Fuente: elaboración propia

Elegir los mejores materiales puede no ser una tarea tan sencilla puesto que existe una gran oferta en el mercado y no siempre el precio es el único factor a tomar en cuenta.

4.4 Factores constructivos al ejecutar una obra

- ✓ El lugar donde se va a construir. Es necesario tomar en cuenta las condiciones climáticas y de terreno del lugar donde se llevará a cabo la obra.
- ✓ Considerar el acabado final que se busca. Debemos tomar en cuenta si los materiales a utilizar en el diseño final van acorde al material utilizado como base.
- ✓ Disponibilidad de los materiales. Es recomendable considerar los costos de transporte del material que buscamos utilizar.
- ✓ Reducir los costos de mantenimiento. Para un resultado de calidad, es necesario garantizar que el material utilizado no requiera una inversión significativa traducida en costos de mantenimiento posteriores a la entrega.
- ✓ En la medida de lo posible es recomendable el usar materiales sustentables, aunque pueden significar una mayor inversión inicial, también son duraderos y pueden representar menores costos de mantenimiento

4.5 ¿Qué beneficio económico y ambiental provocaría la reutilización y clasificación de los residuos en obras de construcción?

Las soluciones de P+L vienen a generar ahorros en materiales de construcción y/o insumos, en el pago de multas por contaminación y en los costos de construcción, representados por el consumo de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución de obra, por dicha razón al aplicar la P+L generalmente se tiene un retorno, cabe resaltar que esta estrategia debe estar económicamente justificada juntamente con el proyecto que se llevará a cabo; para lo cual, siempre debe hacerse un análisis de viabilidad técnica, ambiental y económica.

Esta estrategia de P+L servirá como punto de partida para las mejoras y buenas prácticas en el proceso constructivo y en el ámbito empresarial para todas aquellas empresas que están involucradas en el rubro de la construcción, sabiendo que una

empresa con producción más limpia puede mejorar el posicionamiento de sus productos o servicios contribuyendo a su llamados sellos verdes o ecológicos.

Los principales beneficios de la P+L

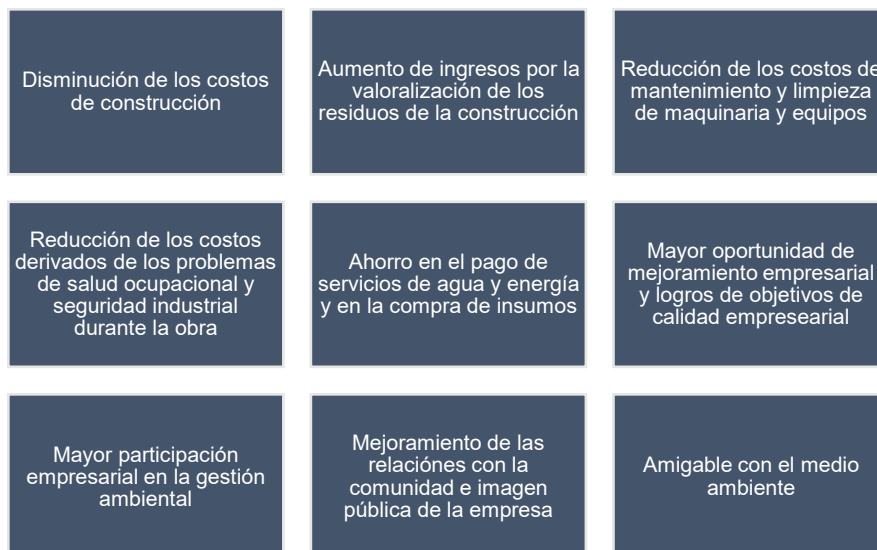


Figura 22. Principales beneficios de P+L en el sector de la construcción

Fuente: elaboración propia

Categoría	Beneficio económico	Beneficio ambiental
Reutilización de materiales	20-30 % de ahorro en costos de materiales	40-50 % de reducción en residuos enviados a vertederos
Clasificación de residuos	10-20 % de ahorro en costos de gestión de residuos	30-40 % de reducción en residuos enviados a vertederos
Reciclaje de materiales	15-25 % de ahorro en costos de materiales	50-60 % de reducción en residuos enviados a vertederos
Reducción de residuos	5-15 % de ahorro en costos de gestión de residuos	10-15 % Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 9. Beneficio económico y ambiental de los residuos, según su categorización

Fuente: elaboración propia



gestión de residuos puede mejorar la imagen corporativa de las empresas constructoras, demostrando su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente.

4.5.1 Análisis de costo-beneficio

Un análisis de costo-beneficio puede ser una herramienta útil para evaluar los beneficios económicos y ambientales de la gestión de residuos en la construcción. Este análisis puede considerar los siguientes factores:

Costos. Costos de implementación y mantenimiento del sistema de gestión de residuos.

Beneficios. Ahorros en costos de materiales y gestión de residuos, reducción del impacto ambiental, mejora de la eficiencia y competitividad.

Indicadores de Sostenibilidad

Los indicadores de sostenibilidad pueden ser utilizados para medir el desempeño de la gestión de residuos en la construcción. Algunos ejemplos de indicadores de sostenibilidad incluyen:

Tasa de reciclaje. Porcentaje de materiales reciclados en la obra.

Tasa de reutilización. Porcentaje de materiales reutilizados en la obra.

Reducción de residuos. Cantidad de residuos enviados a vertederos.

Emisiones de gases de efecto invernadero. Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero reducidas.

Estos indicadores pueden ser utilizados para evaluar el desempeño de la gestión de residuos e identificar áreas de mejora.

La siguiente tabla consiste en formular posibles oportunidades para el mejoramiento de la P+L y diagnóstico par construcciones:

Aspecto	Tipo de herramienta de P+L				Oportunidad de P+L		Opciones de fin de proceso
	1	2	3	4	Categoría	Descripción	
Manejo de materiales de construcción e insumos					BPO	Adecuar el sitio de almacenamiento de las sustancias químicas: Tinner, diesel, desencofrante, curador, impermeabilizante, antisol y aditivos de otra categoría.	
					CT	Reemplazar los materiales tradicionales (arena blanca, cal, cemento, arena amarilla), por materiales premezclados	
					CT	Sustituir fundición de losa tradicional por losa prefabricados	
					BPO	Crear un sistema de registro de las cantidades de todos los materiales e insumos, incluyendo los subcontratos, y los residuos generados durante las diverss actividades.	
Consumo de agua						Destinar un sitio para almacenamiento y abastecimiento en obra y limpieza de herramienta y equipo	
						Estandarizar y programar las actividades de limpieza, implementando la limpieza en seco	
Generación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos					BPO	Implementar programas de separación reutilización y reciclaje, madera, PVC, metales, cerámicas, cables eléctricos y cartón	
Generación de emisiones atmosféricas					BPO	Implementar un programa de mantenimiento preventivo con la medición periódica de las emisiones atmosféricas generadas por los camiones y el equipo de subcontratistas.	
Generación de ruido y vibraciones					BPO	Implementar un programa de medición de la exposición al ruido laboral por parte del personal de campo.	Proveer equipo de protección personal afectado durante las etapas con mayor exposición al ruido.
Condiciones de buenas prácticas de operación					BPO	Implementación de un sistema de gestión ambiental a nivel de toda la empresa	

1. Minimización de la generación

2. Reducción en origen

3. Reutilización o reuso.

4. Reciclaje y valorización.

Categoría de Operación de P+L:

BPO (Buenas Prácticas de Operación)
OP (Optimización de Procesos constructivos)
CT (Cambio Tecnológico)

Tabla 10. Identificación y formulación de posibles oportunidades de P+L para diagnóstico ambiental
Fuente: elaboración propia



5 Capítulo V - Propuesta

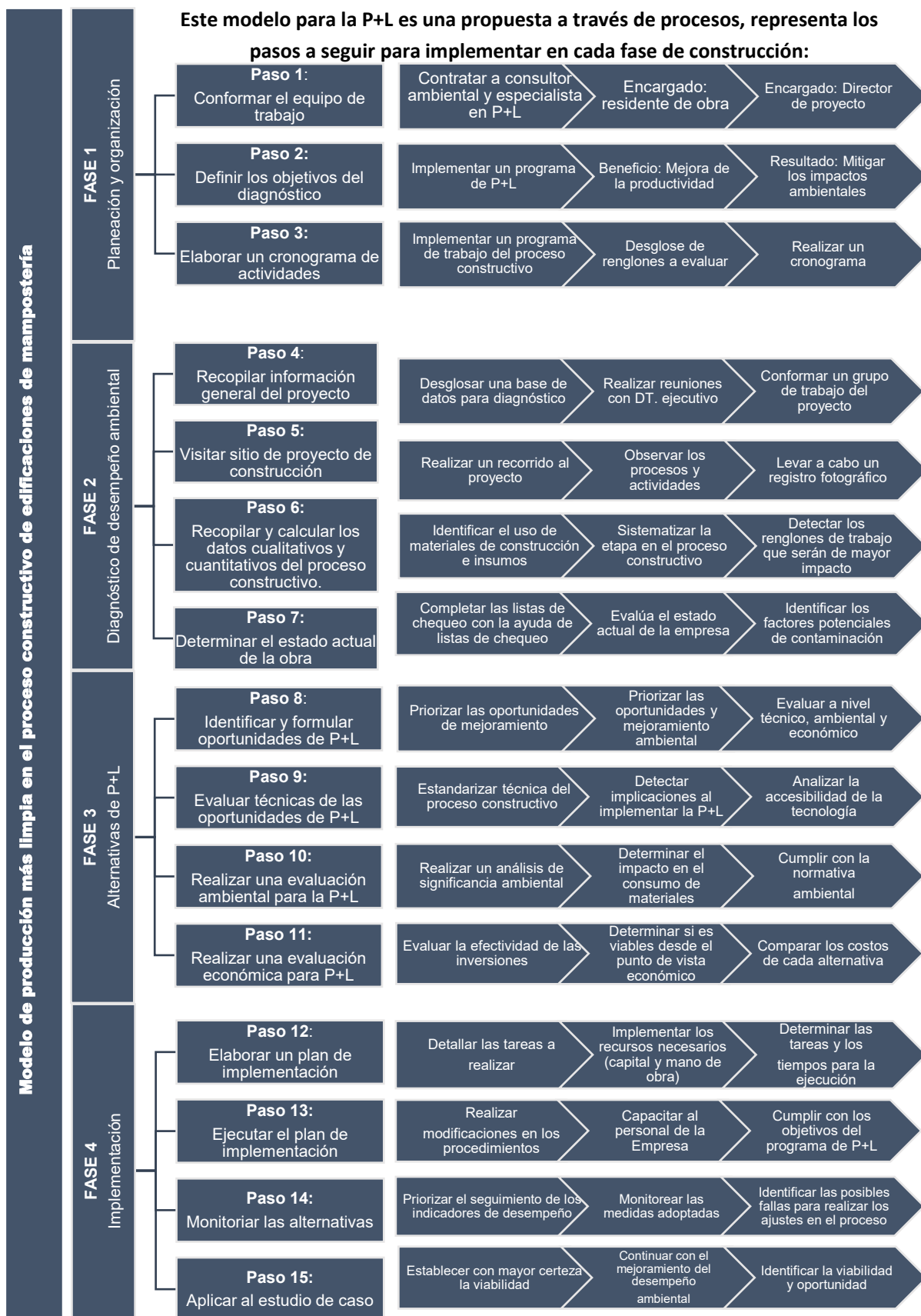


Figura 23. Modelo detallado por fases y desglose de pasos a seguir para la P+L

Fuente: elaboración propia

Para determinar las estrategias de P+L aplicables al proyecto, se realizó un modelo que permitió conocer las oportunidades para obtener un mejor desempeño ambiental y productivo, identificando el uso ineficiente de los materiales de construcción e insumos, generación de residuos y emisiones, calculando el grado de impactos que estos producen al medio ambiente y a la salud de los trabajadores, así como los costos asociados en el proceso constructivo. Se seleccionó un grupo de trabajo para lograr los resultados a través de la participación de personal de la empresa con conocimiento en el proceso constructivo y las especificaciones técnicas de la obra.

5.1 Fase 1: planeación y organización

Existe una mala práctica en cuanto a los procesos de construcción de un edificio, dicha planificación permite identificar en cada etapa el proceso constructivo, el consumo de recursos y energía. Esta primera fase debe iniciar con una etapa de planeación donde se conforme el equipo de trabajo y se establezcan las actividades, los tiempos y los recursos requeridos.

5.2 Fase 2: diagnóstico de desempeño ambiental

Permite identificar en cada etapa del proceso constructivo, el consumo de recursos y energía; la utilización de equipos y maquinaria; generación de residuos líquidos, sólidos y emisiones atmosféricas; flujo de entrada de materiales de construcción e insumos; prácticas de salud ocupacional y seguridad industrial y cumplimiento de las normas ambientales.

5.3 Fase 3: alternativas de P+L

Permite determinar y priorizar las oportunidades de mejoramiento que se reflejarán en la reducción de los costos de construcción y en un mejor desempeño ambiental de la obra y de la empresa constructora. Cada opción de P+L identificada deberá evaluarse desde el punto de vista técnico, ambiental y económico para establecer su aplicabilidad y priorización en términos de la urgencia de su implementación: corto, mediano o largo plazo.

5.4 Fase 4: Implementación

En esta última fase se busca asegurar que las alternativas seleccionadas sean implementadas y que exista un monitoreo continuo de los indicadores de desempeño ambiental.

5.5 Recopilación y cálculo de datos cualitativos y/o cuantitativos del proceso constructivo

Dentro de las tareas a analizar en la visita de campo del proyecto a intervenir es fundamental para el diagnóstico y desempeño ambiental y la calidad de la información recopilada en este paso, depende la selección adecuada de las posibles medidas de P+L que se deben implementar. Por lo anterior, es preciso al momento de definir el proyecto en la fase técnica conocer las principales actividades para la correcta implementación de P+L.

Se debe describir la información a recopilar y los instrumentos de trabajo disponible para el registro de la información.

Identificar los materiales de construcción e insumos por cada etapa del proceso constructivo permitirá identificar el uso adecuado de los materiales de construcción e insumos peligrosos como no peligrosos; o que requieran un manejo especial (almacenamiento) para mitigar impactos negativos en el ambiente.

La información se debe registrar de la siguiente manera:



Figura 24. Pasos a seguir en la construcción de obra de edificaciones

Fuente: elaboración propia

5.6 Alternativas de producción más limpia (P+L)

En seguimiento al análisis anterior, se establecieron una serie de procedimientos en donde se desglosa cada proceso de la fase técnica y logística, a partir de donde se iniciará a aplicar la producción más limpia. Con estos primeros pasos se ha determinado el origen donde surgen los impactos y es una de las fases más importantes. Es en la etapa de diseño y planificación donde se llevan a cabo las decisiones juntamente con el desarrollador de cada proyecto, es preciso mencionar que en esta etapa es donde se deben implementar las alternativas de producción más limpia.

Para poder identificar las posibles alternativas aplicables a la producción más limpia, a partir de la fase técnica de diseño y planificación, se describen por medio de fichas técnicas por etapa los principales aspectos: objetivos, impacto a mitigar, tipo de medida a considerar, aplicación, los beneficios, implementación en los renglones a ejecutar y por último un esquema que resume el proceso.



1. La implementación de la filosofía de Producción más Limpia (P+L) en la ejecución de una obra de construcción es fundamental para reducir los impactos negativos ambientales y mejorar la eficiencia en el uso de recursos.
2. La identificación y clasificación de los renglones de trabajo en una obra de construcción permiten determinar áreas de oportunidad para la implementación de estrategias de P+L y reducir la contaminación ambiental.
3. La implementación de estrategias de P+L en el sector de la construcción puede contribuir significativamente a la reducción de residuos de construcción y demolición (RCD) y a la protección del medio ambiente.
4. Los renglones de trabajo que pueden implementar la P+L en la ejecución de una obra de construcción incluyen la selección de materiales sostenibles, la optimización del uso de recursos, la reducción de residuos y la implementación de prácticas de construcción limpias.
5. Los impactos negativos ambientales que una obra de construcción puede presentar sin la implementación de la P+L incluyen la contaminación del aire y del agua, la generación de residuos y la destrucción de hábitats naturales.
6. La clasificación de los renglones de trabajo en áreas de oportunidad para la implementación de estrategias de P+L puede incluir la reducción de residuos en la obra, la implementación de prácticas de construcción sostenibles y la selección de materiales reciclados o reutilizados.
7. La implementación de estrategias de P+L en el sector de la construcción puede incluir la creación de políticas y procedimientos para la reducción de residuos, la capacitación de personal en prácticas de construcción sostenibles y la incorporación de tecnologías limpias en la obra.
8. Contar con un modelo diseñado es útil para el gremio de arquitectos e ingenieros pues combinan información de procesos y uso de materiales para mitigar los impactos ambientales.



Recomendaciones

1. La empresa constructora deberá implementar un sistema de gestión de residuos: establecer un sistema para la separación, reciclaje y disposición final de residuos en la obra.
2. El encargado de obra deberá capacitar al personal de obra: proporcionar capacitación y conciencia sobre las prácticas de construcción sostenibles y la importancia de la reducción de residuos.
3. La empresa constructora deberá proponer tecnologías limpias: investigar e incorporar tecnologías limpias y sostenibles en la obra, como la energía solar o la eficiencia energética.
4. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá establecer políticas y procedimientos: crear políticas y procedimientos claros para la reducción de residuos y la implementación de prácticas de construcción sostenibles.
5. El encargado de obra deberá seleccionar materiales sostenibles: seleccionar materiales que sean sostenibles, reciclados o reutilizados para reducir la cantidad de residuos generados en la obra.
6. El encargado de obra deberá optimizar los recursos: optimizar el uso de recursos, como la energía y el agua, para reducir el impacto ambiental de la obra.
7. El maestro de obra implementará la reducción de residuos en la obra: implementar estrategias para reducir la cantidad de residuos generados en la obra, como la separación de residuos y la reutilización de materiales.
8. La constructoras y desarrolladoras deberán implementar prácticas de construcción sostenibles: implementar prácticas de construcción sostenibles, como la construcción con materiales locales y la reducción de la huella de carbono.
9. El ejecutor y encargado de obra debe establecer un equipo de trabajo: establecer un equipo de trabajo para implementar las estrategias de reducción de residuos y prácticas de construcción sostenibles.
10. Al inicio de obra el arquitecto encargado de la obra podrá establecer un presupuesto: establecer un presupuesto para la implementación de las estrategias de reducción de residuos y prácticas de construcción sostenibles.
11. El arquitecto podrá establecer un cronograma: establecer un cronograma para la implementación de las estrategias de reducción de residuos y prácticas de construcción sostenibles.
12. El consultor ambiental podrá monitorear y evaluar: monitorear y evaluar el progreso de la implementación de las estrategias de reducción de residuos y prácticas de construcción sostenibles.



- Aug, S. «Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis». Revista de la Construcción 11, n.º 2 (2012).
- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). Guía de producción más limpia para el sector de la construcción. Editado por ANAM. Ciudad de Panamá: ANAM, s. f. URL.
- Ávila, Manuel Alberto. «Ahorro de agua en edificaciones». Construcción, n.º 1 (2019): 1.
- Borroto Nordelo, Aníbal, Margarita Lapidó Rodríguez, José Monteagudo Yanes y Armas Teyra. «La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial». Energética (Revista del Instituto de Energía, Facultad de Minas), n.º (2005): 66–68.
- Construmatica. «Impactos ambientales en el sector de la construcción». Acceso el 8 de febrero de 2026.
https://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_ambientales_en_el_sector_de_la_construccion.
- Dickinson, M. A. «The multiple benefits of water efficiency: Environmental improvements to the watershed». Conferencia. II International Conference Efficient Use and Management of Urban Water Supply, International Water Association, Tenerife, Islas Canarias, España, 2003.
- Figueroa, Andrea Alejandra. «Producción más limpia: una revisión de aspectos generales». Producción + Limpia, n.º (2016): 84.
- López, M. MARN impulsa la producción más limpia. Editado por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala: MARN, julio 2021, <https://guatemala.gob.gt/marn-impulsa-la-produccion-mas-limpia/>.
- López, Magnolia J. D. MARN impulsa la producción más limpia. Editado por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala: MARN, julio 2021, <https://guatemala.gob.gt/marn-impulsa-la-produccion-mas-limpia/>.
- Martínez Castillo, Róger. «Educación y huella ecológica». Revista Electrónica Actualidades, n.º (2008): 2–3.



Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). «Se firma primer Acuerdo Voluntario P+L con los sectores de la construcción y de curtidores». Acceso el 8 de febrero de 2026. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/ambiente-y-sector-construccion-acuerdan-impulsar-produccion-mas-limpia/>.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Política Nacional de Producción Más Limpia: Herramienta técnica para la competitividad y la gestión ambiental preventiva. Editado por MARN. Guatemala: MARN, 2010. URL.

Pacheco Bustos, Carlos Albeiro, Luis Guillermo Fuentes Pumarejo, Édgar Humberto Sánchez Cotte y Hugo Alexander Rondón Quintana. «Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión». Ingeniería y Desarrollo 35, n.º 2 (2017): 533–555. doi:10.14482/inde.35.2.10174.

Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). «Problemática de los residuos de la industria de la construcción y demolición». Acceso el 8 de febrero de 2026. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/55eefbeb-0006-4cfe-af9e-d8f4a124b41e/content>.

Suárez-Silgado, Sindy Sofía, Carolina Betancourt-Quiroga, Juan Molina-Benavides y Leandro Mahecha-Vanegas. «La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión». Entramado 15, n.º 1 (2019): 224–244. doi:10.18041/1900-3803/entramado.1.5408.

USAID–CCAD. Política Nacional de Producción Más Limpia de Guatemala. Editado por USAID–CCAD. Guatemala: USAID–CCAD, 2009. URL.

Vanegas López, Juan Gabriel y Sergio Botero Botero. «Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras». Lecturas de Economía, n.º (2012): 132.

Guatemala, febrero 11 de 2026

MSc. Arquitecto
Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento he realizado la revisión de estilo del proyecto de graduación ***Modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de edificaciones de mampostería***, del estudiante Luis Adolfo Pacheco Cifuentes de la Facultad de Arquitectura, carné universitario número: 200960021, previamente a conferírsele el título de **Maestría en Ciencias en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental** en el grado académico de **Maestro**.

Luego de las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta, cumple con la calidad técnica y científica requerida.

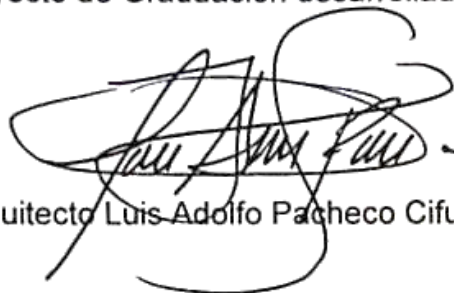
Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,

Keila Ivonne Lepe
LICENCIADA EN LETRAS
COLEGIADO 29550


Keila Ivonne Lepe
Licenciada en Letras
Colegiado núm. 29 550

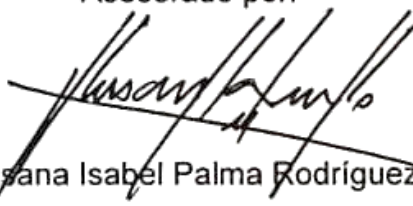
**Modelo de producción más limpia en el proceso constructivo de edificaciones
de mampostería, Guatemala, Guatemala.**

Proyecto de Graduación desarrollado por:



Arquitecto Luis Adolfo Pacheco Cifuentes

Asesorado por:



Dra. Arqta. Susana Isabel Palma Rodríguez de Cuevas



M.Sc. Arqta. Dafné Adriana Acevedo Quintanilla



Dr. Arq. Miguel Ángel Chacón Véliz

Imprímase:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano