

**LEAN CONSTRUCTION FRENTE A LA PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES**

MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES
TRABAJO DE GRADO
FLORIDABLANCA
2015**

**LEAN CONSTRUCTION FRENTE A LA PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES**

MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

**MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**DIRECTOR
MG. MARIA XIMENA GARCIA BALLESTEROS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES
TRABAJO DE GRADO
FLORIDABLANCA
2015**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Dedico esta monografía principalmente a Dios por ser el motor de mi vida, por brindarme la oportunidad de vivir una etapa más acompañada de mis seres queridos, guiándome día a día en cada paso que doy.

A mis padres quienes son mi mayor inspiración y motivación. A ellos les debo todo lo que soy. A mi hermano quien siempre ha estado con una sonrisa y una voz de aliento, a mi tía Xiomara por sus sabios consejos, a mi primo Alvarito por su compañía y a mi abuelita por su infinita paciencia. A mi familia en general que siempre está pendiente de mis logros.

MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

AGRADECIMIENTOS

Le doy infinitas gracias a Dios por guiarme en cada circunstancia de la vida por el camino correcto para cumplir con las metas trazadas, dándome fuerzas y sabiduría para crecer como una persona íntegra cada día.

Agradezco a mis padres LIBARDO PORRAS Y JULIETA CEPEDA porque siempre han estado acompañándome, y llenándome de su infinito amor. Por su apoyo y sabios consejos.

A la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA por la oportunidad de poder adquirir diversos conocimientos y ayudarme en mi formación integral, personal y profesional.

A la MG. MARIA XIMENA GARCIA BALLESTEROS por darme la oportunidad de desarrollar esta monografía, por su apoyo constante para la realización exitosa del proyecto, guiándome en todo momento gracias a su experiencia.

A la ING. CONSUELO CASTILLO por el acompañamiento y cariño brindado durante el proceso de la especialización.

MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	13
1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACION.....	14
1.3. ALCANCE.....	14
1.4. OBJETIVOS.....	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos.....	15
1.5. ORGANIZACIÓN.....	15
2. CONTEXTO TEÓRICO.....	17
2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA LEAN?.....	17
2.1.1. Origen y difusión del Sistema Lean.....	17
2.1.3. La Construcción Según El Enfoque Lean.....	24
2.2. IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR LA CONSTRUCCIÓN.....	25
2.2.1. El Impacto Ambiental en los Materiales de Construcción.....	27
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL CEMENTO CONVENCIONAL.....	30
3.2. ANÁLISIS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL CONSTRUCTIVO VS EL ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION.....	35
3.3. EVALUACIÓN EN LA INNOVACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN PROYECTOS A NIVEL MUNDIAL.....	39
4. CONCLUSIONES.....	43
5. RECOMENDACIONES.....	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación De Los Desperdicios	20
Tabla 2. Enfoque Tradicional Vs. Enfoque Lean Construction	36
Tabla 3. Solución de los Desperdicios Presentados en la Construcción	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Los Siete Desperdicios (MUDA) Clásicos en las Empresas Constructoras	19
Figura 2. Círculo De Improductividad De Una Empresa Según La Teoría De Taiichi OHNO	20
Figura 3. Flujo de Valor Según Filosofía Lean Construction	23
Figura 4. Enfoque Tradicional Vs Enfoque Lean Construction.....	25
Figura 5. Análisis de la Primera Etapa Constructiva	26
Figura 6. Análisis de las Etapas Constructivas	27
Figura 7. Diagrama de Modelo de Sostenibilidad Establecido por la Empresa Cemex Colombia.....	32

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: *LEAN CONSTRUCTION* FRENTE A LA PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

AUTOR: MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

FACULTAD: INGENIERIA AMBIENTAL

DIRECTOR: MG. MARIA XIMENA GARCIA BALLESTEROS

RESUMEN

Debido a la problemática presentada por el sistema constructivo tradicional empleado por la industria de la construcción en nuestro país, se requirió implementar una nueva filosofía, la cual involucra elementos claves como; la reducción del uso de fuentes energéticas y de recursos minerales, la conservación de las áreas naturales y de la biodiversidad. Esta filosofía se conoce con el nombre de *lean construction*, dirigida a la gestión de proyectos de construcción mediante la realización de la evaluación detallada de cada etapa constructiva.

La evaluación de las implicaciones causadas por el sector de la construcción frente a los recursos naturales se elaboró por medio de la matriz de Leopold, en donde se eligió un material esencial (cemento) para la realización de cualquier proceso constructivo y se analizó su impacto ambiental. Además se comparó este material con uno ecológico, el cual tiene la misma funcionalidad y mantiene sus propiedades mitigando el impacto ambiental.

Es importante resaltar la filosofía *lean construction* en la actualidad, porque nos muestra mejores resultados ya que es un sistema de producción capaz de fabricar con mayor calidad a menor costo y con tiempos de entrega más cortos, *lean construction* le da valor a los clientes y busca eliminar los desperdicios que se presentan en los proyectos de construcción mientras que el modelo tradicional no tiene presente estos principios.

Los resultados obtenidos en esta monografía fueron la puesta en marcha de prácticas y políticas de construcción sostenible (sistemas de construcción limpia) en donde se generarán reducciones eficaces en emisiones de Co₂, consumo de agua y energía.

Para finalizar, esta monografía buscó forjar un cambio de mentalidad en el sector de la construcción, mencionando a esta nueva filosofía como el único camino radical hacia el éxito de las empresas constructoras frente a la preservación y conservación de los recursos naturales.

PALABRAS CLAVES: Lean construction, recursos naturales, preservación, conservación, impacto ambiental.

GENERAL ABSTRACT OF DEGREE WORK

TITLE: *LEAN CONSTRUCTION* FOCUSED TO THE PRESERVATION OF NATURAL RESOURCES

AUTHOR: MARIAM KERENA PORRAS CEPEDA

FACULTY: ENVIRONMENTAL ENGINEERING

DIRECTOR: MG. MARIA XIMENA GARCIA BALLESTEROS

ABSTRACT:

Due to the problems presented by the traditional construction system used by the construction industry in our country, are required to implement a new philosophy, which involves key elements such as; reducing the use of energy sources and mineral resources, conservation of natural areas and biodiversity. This philosophy is known of lean construction, aimed at the management of construction projects by conducting a detailed evaluation of each construction stage.

The assessment of the implications caused by the construction sector to natural resources was developed by the Leopold matrix, where an essential material (cement) was chosen to perform any construction process and its environmental impact is analyzed with this ecological material, which has the same functionality and maintains its properties mitigating the environmental impact.

Importantly philosophy lean construction at present, because it shows better results because it is a production system capable of producing higher quality at lower cost and shorter delivery, lean construction gives value to customers and looking Waste Disposal served on construction projects while the traditional model does not present these principles.

The results obtained in this paper were the implementation of practices and policies for sustainable construction (building clean systems) where effective reductions in CO2 emissions generated, water consumption and energy.

Finally, this paper sought to forge a change of mentality in the construction sector, citing this new radical philosophy as the only path to success in construction companies facing the preservation and conservation of natural resources.

KEYWORDS: Lean construction, natural resources, preservation, conservation, environmental impact.

INTRODUCCIÓN

La construcción es el actor fundamental en el desarrollo de un país, porque es el único responsable de la creación de viviendas, carreteras, instalaciones sanitarias y demás proyectos. Sin embargo a pesar de que la industria de la construcción tenga gran importancia para el crecimiento de una sociedad, esta práctica constructiva trae consigo diversos factores que generan modificación y contaminación en nuestro planeta.

En los procesos constructivos se gastan los recursos naturales y se generan cantidades de desechos. Según el artículo de investigación “Construcción sostenible y su estado actual en Colombia” desarrollado por el semillero de la Universidad de EAFIT, publicado en Mayo de 2012 por la revista gestión y ambiente, nos indica que el 40% de las materias primas en el mundo (que equivale a 3000 millones de toneladas por año) son destinadas para la construcción. Estos datos se atribuyen a la generación de residuos sólidos y agentes contaminantes, siendo estos los generadores de los gases de efecto invernadero alrededor del mundo, incluso una de las mayores afectaciones es la degradación ambiental en el caso de nuestro país supera el 3,7% del PIB (producto interno bruto) por año, debido al aumento de desastres naturales y degradación de los suelos por la modificación desmesurada que causamos al medio ambiente.

Para la solución de esta problemática se deben poner en marcha prácticas y políticas de construcción sostenible (sistemas de construcción limpia) para generar reducciones eficaces en la emisión de Co₂, consumo de agua y energía.

A partir del cambio de mentalidad que forjamos en la actualidad se introduce la filosofía *Lean Construction*, la cual ha sido traída a nosotros como el único camino radical hacia el éxito de las empresas constructoras frente a la preservación y conservación de los recursos naturales.

Esta filosofía se emplea en el perfeccionamiento de la calidad del trabajo, por ello las consecuencias relevantes de no emplear lean construction son; el número de errores cometidos, el tiempo de retraso, el total de clientes perdidos, el total de clientes atendidos y el tiempo de espera antes de ser atendido.

Los objetivos de esta monografía son analizar, evaluar y comparar la filosofía lean construction frente a los sistemas constructivos tradicionales con el fin de obtener propuestas de conservación y preservación de los recursos naturales que ayuden a mitigar el impacto ambiental.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

La conservación se debe entender como la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano de tal manera que produzca el mayor beneficio para las generaciones actuales, pero que de igual manera este pueda mantener su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. Por lo tanto la conservación es positiva y abarca preservación, el mantenimiento, utilización sostenida, la restauración y mejora del entorno natural. Además la conservación abarca el mantenimiento y la continuidad, y constituye por ende una respuesta racional a la propia naturaleza de los recursos vivos (renovabilidad y destructibilidad), así como lo manifiesta este argumento ético; “no hemos heredado la Tierra de nuestros padres, sino que la hemos tomado prestada de nuestros hijos” (UICN, 2000).

Cabe resaltar que el desarrollo y la conservación han sido combinados en pocas ocasiones, ya que frecuentemente parecen incompatibles, y a veces suele decirse que lo son. En Colombia, la industria de la construcción es, sin duda, protagonista del desarrollo de las sociedades. A pesar de su importancia para el crecimiento, la práctica constructiva es uno de los principales actores en el proceso de modificación del planeta y de contaminación. Debido a la problemática ocasionada por el tradicional modelo constructivo, esta industria ha optado por mitigar el impacto ambiental a través de la filosofía *lean construction* (construcción limpia).

Lean construction se conoce como una filosofía que trabaja junto al desarrollo sostenible basado en la conservación en donde se deben abarcar las actividades explícitamente destinadas a proteger la estructura, funciones y la diversidad de los sistemas naturales del mundo, conservar los sistemas sustentadores de vida son estos procesos ecológicos que mantienen el planeta apto para la vida, configuran el clima, purifican el aire y el agua, regulan el caudal de las aguas, reciclan los elementos, crean y regeneran el suelo y por último permiten que los ecosistemas se renueven, “cuando se refiere a conservar la biodiversidad se refiere no sólo a todas las especies de plantas, animales y otros organismos, sino también a toda la gama de variaciones genéticas dentro de cada especie y a la variedad de ecosistemas” Orduna (2005).

Esta monografía no solo consiste en analizar, evaluar y comparar la filosofía lean construction frente a los sistemas constructivos tradicionales con el fin de obtener

propuestas de conservación y preservación de los recursos naturales que ayuden a mitigar el impacto ambiental. La finalidad de esta monografía es forjar un cambio respecto a nuestros conceptos ambiguos, revisar proyectos alternativos que han empleado esta filosofía, generar cuestionamientos frente a nuestra profesión (ya que no somos ajenos al impacto ambiental que generamos).

¿Cómo se pueden prever los impactos ambientales ocasionados a través del sistema constructivo tradicional frente a los recursos naturales? ¿Qué información nos aporta la filosofía lean construction? ¿Es necesario emplear esta filosofía en los procesos constructivos? ¿Por qué? ¿Qué soluciones generaría la innovación en los sistemas constructivos?

1.2. JUSTIFICACION

Esta monografía es importante porque se imparte una nueva filosofía, la cual involucra como elementos claves la reducción del uso de fuentes energéticas y de recursos minerales, la conservación de las áreas naturales y de la biodiversidad.

La idea de emplear los principios lean construction en la construcción sustentable surge de la problemática que vivimos hoy día en el sector de la construcción, ya que carecemos de herramientas de gestión desarrolladas para la implementación de proyectos sustentables.

Los beneficios que podemos encontrar de forma general en esta monografía son; la minimización del uso de recursos, para que de esta manera se logre evitar el agotamiento de los recursos naturales, prevenir la degradación ambiental, y contribuir con la preservación y conservación de los recursos naturales, en pocas palabras la filosofía lean construction se puede establecer a través de modelos internacionales que han proporcionado un excelente desempeño en el ámbito ambiental y económico.

1.3. ALCANCE

Esta monografía busca analizar la filosofía lean construction frente a la conservación y preservación de los recursos naturales mediante diversas bases de datos proporcionadas por la Universidad Pontificia Bolivariana y páginas web, etc.

La monografía consiste en poder proporcionar puntos de vista, criterios críticos respecto a la implementación de la filosofía lean construction en la elaboración de futuros proyectos.

Por otro lado, esta monografía nos muestra como poder evaluar las implicaciones que trae consigo el sistema constructivo tradicional sobre los recursos naturales.

La meta de esta monografía es finalmente demostrar a través de la implementación de la filosofía lean construction en la industria de la construcción como el único camino para llegar al éxito deseado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Analizar la filosofía *Lean Construction* frente a la conservación de los recursos naturales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las implicaciones sobre los recursos naturales de la innovación en los sistemas de construcción.
- Comparar los efectos sobre los recursos naturales del uso de elementos convencionales frente a elementos modificados por la filosofía *Lean Construction* en edificaciones.

1.5. ORGANIZACIÓN

La presente monografía está organizada por capítulos de la siguiente manera:

El primer capítulo está conformado por: una introducción, justificación, planteamiento del problema, alcance, objetivo general y específicos.

El segundo capítulo define el contexto histórico necesario para el desarrollo de esta monografía con énfasis en explicación detallada en la filosofía lean construction, que es el punto de partida de la monografía.

El tercer capítulo muestra la metodología que se utilizó en la realización de la monografía, mostrando la evaluación, comparación y análisis a través de la matriz de Leopold.

El cuarto capítulo expone los resultados obtenidos a lo largo de la monografía con su respectivo análisis.

El quinto capítulo expone las conclusiones pertinentes a las que se llegaron a lo largo de la elaboración de esta monografía.

El sexto capítulo contiene recomendaciones que serán antecedentes para la ampliación de esta nueva filosofía en la realización de futuros proyectos.

2. CONTEXTO TEÓRICO

2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA LEAN?

El lean lexicon define lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

El uso del término lean obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos (Womack, Jones y Ross 1990).¹

2.1.1. Origen y difusión del Sistema Lean. La crisis del petróleo en otoño de 1973, a la que siguió una importante recesión, afectó a gobiernos, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 la economía japonesa llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero. Sin embargo, en Toyota, aunque se redujeron sus beneficios, se consiguió mantener unos ingresos durante los años 1975, 1976 y 1977 superiores a los de otras empresas. El amplio margen diferencial entre ella y las demás empresas hizo que la gente se preguntara que ocurría en Toyota (Ohno 1988).

Una década más tarde, en 1985, se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio.

Los resultados de dicho estudio, revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor

¹ Womack, James; Jones, Daniel y Roos, Daniel (1991) La máquina que cambió el mundo. McGraw-Hill.

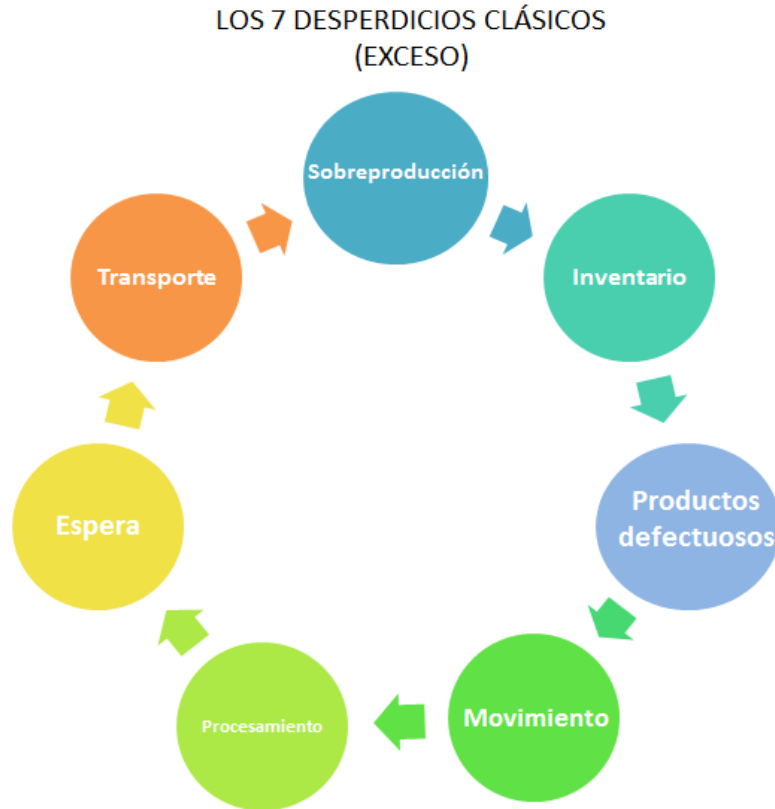
calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.²

El Concepto Muda o Desperdicio. Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es *muda* o desperdicio para seguir avanzando en el conocimiento del sistema *Lean*.

Definición. Muda es una palabra japonesa que significa desperdicio, en el sentido de toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente.

² Ohno, Taiichi (1988). Toyota Production System: beyond large-scale production. Cambridge, Productivity Press

Figura 1. Los Siete Desperdicios (MUDA) Clásicos en las Empresas Constructoras



Fuente: PORRAS CEPEDA Mariam Kerena, Presentación de los siete desperdicios clásicos encontrados en las empresas constructoras, basada en el libro un camino radical hacia el éxito de las empresas constructoras. Lean Six Sigma Institute.

Figura 2. Círculo De Improductividad De Una Empresa Según La Teoría De Taiichi OHNO



Fuente: Womack, James & Jones, Daniel (1996). Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa; Círculo de la improductividad de una empresa. Adaptado de la teoría de Taiichi Ohno.

Clasificación de los Desperdicios. Taiichi Ohno clasificó los 7 desperdicios que causaban la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena o flujo e valor en la planta de producción que el mismo dirigía. La siguiente tabla refleja una adaptación a la industria de la construcción de los 7 desperdicios de Ohno más el desperdicio del talento y la falta de creatividad según fue definido por Jeffrey Liker.

Tabla 1. Clasificación De Los Desperdicios

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
SOBREPRODUCCIÓN	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD</p>	<p>Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.</p>
<p style="text-align: center;">TRANSPORTE INNECESARIO</p>	<p>Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.</p>
<p style="text-align: center;">SOBREPROCESAMIENTO</p>	<p>Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).</p>
<p style="text-align: center;">EXCESO DE INVENTARIO</p>	<p>Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese</p>

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
	exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
DEFECTOS DE CALIDAD	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
TALENTO	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Fuente: Womack, James & Jones, Daniel (1996). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*; Clasificación de los desperdicios.

2.1.2. Los Principios Lean. El pensamiento lean tiene cinco principios básicos que fueron definidos por Womack y Jones (1996).

1. Valor: Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente. Una mejor comprensión de los valores desde el punto de vista del cliente proporciona las bases para un diseño del producto y el proceso para fabricarlo, más efectivos. El valor es el punto de partida del pensamiento *lean*. Se puede definir como el aprecio que un cliente o consumidor le da a un

producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado.

2. Value Stream (cadena de valor o flujo de valor): El siguiente paso es identificar la cadena de valor. Entendemos por cadena de valor a todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde la concepción de su diseño hasta su lanzamiento y desde el pedido hasta la entrega. Según el sistema lean, desde el primer momento asumimos que algunas de estas actividades aportan valor añadido y otras no.

Una empresa lean se gestiona a través de flujos de valor. Podemos identificar flujos de valor amplios que abarquen a toda nuestra cadena de proveedores y clientes (lo que coincidiría con el concepto y la definición de cadena de valor de Michael Porter) o flujos de valor más reducidos, incluso a nivel de células de trabajo. No obstante, el flujo de valor de una empresa normalmente abarca desde que entra el pedido de un cliente hasta que se hace efectivo el cobro y desde que se realiza el pedido de la materia prima hasta que sale transformada hacia el cliente (esto incluye tanto las entradas y salidas de materiales como las de información). Y generalmente, existe un flujo de valor por cada familia de productos o servicios que entregue la empresa (según el concepto de familia de productos de Mike Rother y John Shook).

Figura 3. Flujo de Valor Según Filosofía Lean Construction



Fuente: Tomado del libro, *ilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*; Representación de la cadena o flujo de valor según la filosofía *Lean*, Libro; *Introducción a Lean construction*. Fundación Laboral de la Construcción.

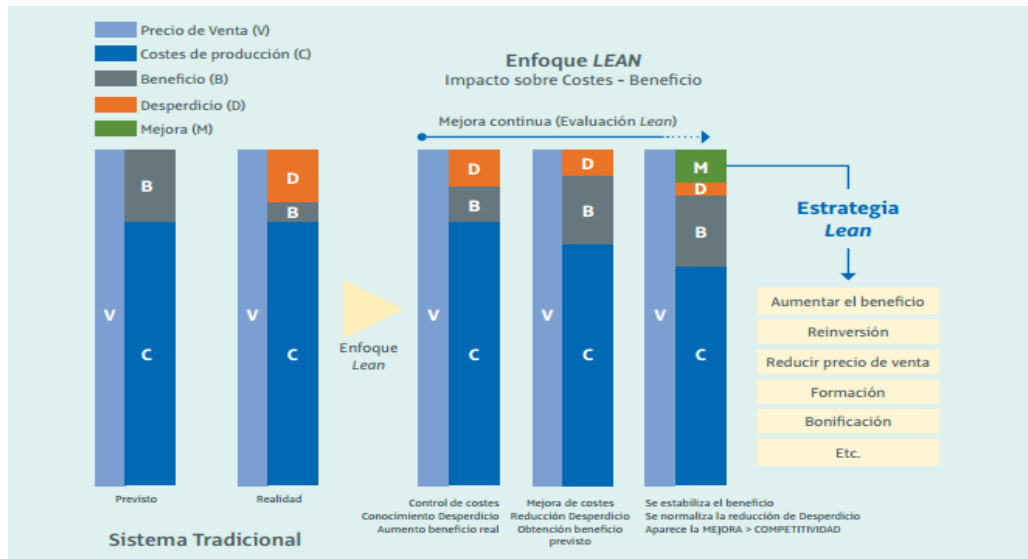
3. Flujo: Lean trabaja en la identificación y eliminación del mayor número posible de actividades que no añaden valor para mejorar la productividad y entregar más valor al cliente. Eliminar desperdicio es también una forma de crear flujo continuo en toda la cadena de valor.
4. Sistema Pull: El sistema *Pull* es un componente fundamental del *Just-in-Time* y se esfuerza por eliminar el exceso de inventario y la sobreproducción. Este sistema es el opuesto al sistema de producción tradicional o *Push*, que está basado en el sistema de grandes lotes de artículos producidos a gran escala y a la máxima velocidad, según la demanda prevista, moviéndolos o empujándolos hacia el siguiente proceso aguas abajo o bien hacia el almacén de productos terminados, sin tener en cuenta el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso o la demanda real del cliente.
5. Perfección: *Lean Lexicon* define perfección como un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna muda o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales 3 herramientas de la cultura *lean*: el *kaizen* o mejora continua, la estandarización de procesos y un plan de acción o PDCA.³

2.1.3. La Construcción Según El Enfoque Lean. En la siguiente figura se explican las principales diferencias de enfoque y planteamiento entre un sistema tradicional de gestión de proyectos (izquierda), donde el desperdicio o improductividad no ha sido considerado desde un punto de vista económico, y el sistema según un enfoque lean (derecha) en el que, desde el inicio del proyecto, todos los agentes y actores involucrados en el mismo trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones inútiles que no añaden valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte.⁴

³ Womack, James & Jones, Daniel (1996). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Free Press

⁴ Koskela, Lauri (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, USA.

Figura 4. Enfoque Tradicional Vs Enfoque Lean Construction



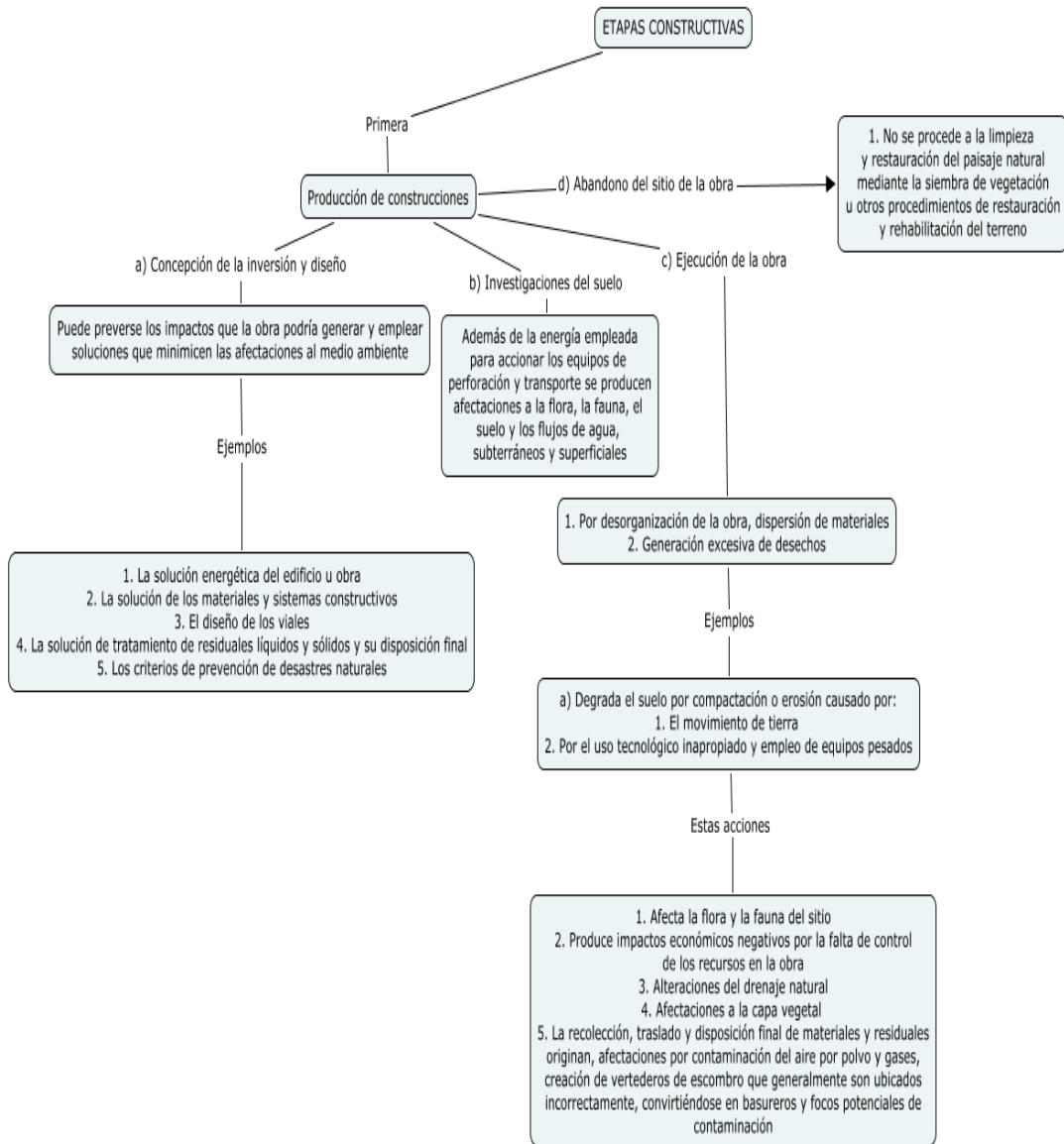
Fuente: Koskela, Lauri (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, USA; Representación del enfoque tradicional Vs el enfoque lean construction

2.2. IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR LA CONSTRUCCIÓN

Es primordial tener presente el impacto ambiental que se ocasiona a través de la construcción, en el medio ambiente se generan cambios o contrastes notables de cada uno de sus componentes y que pueden conducir a la pérdida de su equilibrio e incluso a su degradación.

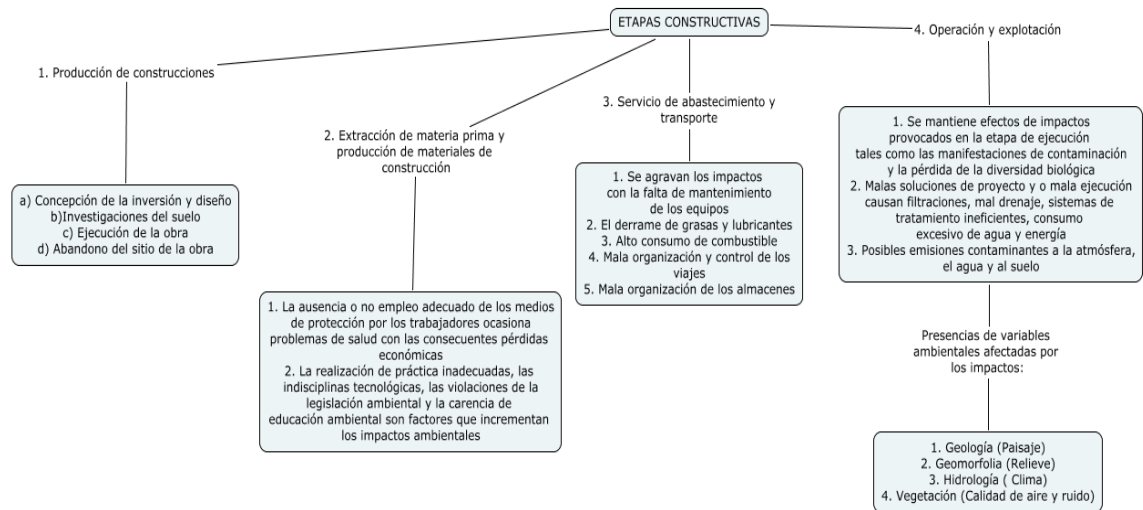
Muchas de las acciones que realiza actualmente la humanidad provocan problemas ambientales, por ejemplo en el caso del sistema constructivo y cada una de sus etapas.

Figura 5. Análisis de la Primera Etapa Constructiva



Fuente: Mapa de conceptos elaborado por Mariam Kerena Porrás Cepeda, a partir de la información encontrada en la revista ingeniería de construcción, versión On-line ISSN 0718-5073.

Figura 6. Análisis de las Etapas Constructivas



Fuente: Mapa de conceptos elaborado por Mariam Kerena Porrás Cepeda, a partir de la información encontrada en la revista ingeniería de construcción, versión Online ISSN 0718-5073.

2.2.1. El Impacto Ambiental en los Materiales de Construcción. La mitad de los materiales empleados en la industria de la Construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente en el ámbito de la Unión Europea (UE) 450 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos, que en la actualidad es sólo de un 28% (en el caso de España, un 5%), lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas.⁵

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía

⁵ Symonds, Argus, Cowi and Prc Bouwcentrum: «Construction and demolition waste management practices and their economic impacts», February 1999, DGXI, European Commission

consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados.⁶

⁶ Anink, D., Boonstra, C., y Mak, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, Londres, 1996.

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos trazados en esta monografía, y responder a su vez a las preguntas problemas, se elaboró una matriz de Leopold que permitió dar respuesta a uno de los interrogantes de esta monografía.

Para la elaboración de esta matriz, se eligió un material esencial (cemento) en todo proceso constructivo, dicha información fue tomada de la página web Cemex Colombia, con el fin de conocer el origen de este material y de esta manera se analizó con el cemento ecológico.

Para responder con los interrogantes restantes se realizaron diversos análisis entre el sistema tradicional constructivo frente a la nueva filosofía lean construction aplicada a la preservación y conservación de los recursos naturales.

Además se evaluaron proyectos a nivel mundial que se enfocaron en la innovación de su sistema constructivo aplicando la filosofía lean construction frente a la mitigación del impacto ambiental.

3.1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL CEMENTO CONVENCIONAL

Acciones del proyecto Factores ambientales	Explotación de materias primas	Transporte de materias primas	Trituración	Prehomogenización	Almacenamiento de materias	Molienda de materia prima	Homogenización de harina cruda	Calcinación	Molienda de cemento	Envase y embarque del	Total
Aire	-7 6	-2 2	-6 7	-4 2		-4 6	-3 4	-7 9	-5 8	-2 5	-40 49
Agua	-8 8	-5 6									-13 14
Suelo	-10 9	-3 2			-4 6						-17 17
Ruido	-4 3	-6 7	-4 6	-3 3	-1 3	-5 5	-5 4		-6 7	-4 7	-38 45
Uso del suelo	-5 6	-3 6			6 8	6 6				5 6	9 32
Flora	-7 8	-4 6									-11 14
Fauna	-7 8	-4 6									-11 14
Transporte	-2 2	7 9			5 8					8 10	18 29
Salud	-7 8	-2 3	-3 5					-6 8			-18 24
Empleo	8 9	8 9	5 6	4 7	8 9	7 9	8 9	8 9	8 9	9 9	73 84
Total	-49 67	-14 56	-8 24	-3 12	14 34	4 26	0 17	-5 26	-3 23	16 37	

RESULTADOS

Mediante la matriz de Leopold se analizó la incidencia de las etapas de producción del cemento sobre factores ambientales y a partir de esta pude deducir los siguientes resultados:

- El proceso de la extracción de materia prima es aquel que presenta una mayor incidencia negativa sobre los factores ambientales; esto quiere decir que en este proceso se debe trabajar para que esta actividad sea más amigable con el medio ambiente.
- La extracción de materia prima es la actividad que presenta mayor importancia debido a que según criterios de los evaluadores presenta mayor inferencia sobre los criterios del ambiente.
- El proceso que genera menor impacto de las actividades es el envase y embarque del cemento porque es el que genera menor afectación de los diversos ítems evaluados.
- El factor con menos importancia es la prehomogenización ya que es una etapa de corta duración y requiere de pocos recursos para llevarse a cabo.
- El factor que se encuentra con más afectación es el aire, esto es debido a los procesos de explotación, molienda, calcinación y trituración en los cuales se libera material particulado que queda en el ambiente.
- El mayor impacto positivo se ve en la parte social debido a que genera empleo para la población.
- La mayor importancia positiva es de tipo social porque es la generación de empleo.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

En el mundo constantemente se habla de impacto en la industria del cemento, ya que es una actividad con demasiados efectos medioambientales en el sector de la construcción. Los efectos negativos son principalmente; la destrucción del paisaje, la generación de polvo y cenizas volantes, enfermedades respiratorias en los seres humanos, si esta actividad es realizada junto a zonas que se encuentran pobladas.

Teniendo en cuenta estos factores, podemos resaltar el aspecto negativo que genera esta empresa al producir dicho producto, esta empresa ha adoptado políticas tales que ayuden a disminuir el impacto ambiental, en el siguiente diagrama, se mostrará el flujo que siguen las políticas de esta empresa cuyo argumentado plasma en su página web.

Figura 7. Diagrama de Modelo de Sostenibilidad Establecido por la Empresa Cemex Colombia



Fuente: Pagina web Cemex Colombia <http://www.cemexcolombia.com/Index.aspx>

El diagrama anterior mostrado tiene como título modelo de sostenibilidad, cuyo fin es crear o realizar un crecimiento en materia de producción, creación, pero sin alterar el medio ambiente, es bueno resaltar que esta empresa debe adquirir políticas ambientales ya que desde la última década organizaciones ambientales han exigido a las empresas que tomen parte de esta realidad que es el impacto que se genere a la hora de producir un bien o un producto.

No adoptan esta medida por iniciativa propia ya que actualmente cualquier empresa en este país que necesite estar certificada de calidad con los reguladores de control tales como son el ISO-9001, OHSAS, entre otros, deben tener esta política ambiental en sus argumentos.

Como otro aporte no tan positivo se añade que la empresa, en su visión, tiene como lema “impulsar el desarrollo de un país ofreciendo soluciones que generen el bienestar de la gente”, según criterios se puede decir que hasta el momento la empresa Cemex no beneficia en el desarrollo del país.

Además son diversos los factores que generan contaminantes al ambiente a la hora de producir cemento, pero el más importante de todos los factores contaminantes que tiene la producción de este, es el polvo liberado al ambiente que es comúnmente conocido como “polvillo”, que está compuesto por sustancias químicas tales como son (hierro, óxido de calcio, manganeso, calcio y de silicio), que no solo contamina el ambiente, sino que al ser aspirado por nosotros llegaría

a producir graves enfermedades pulmonares y de algún otro tipo. Según estudios dentro de las enfermedades más comunes que hay debido a la exposición al cemento son: silicosis crónica, silicosis acelerada, silicosis aguda y asma.

Es importante resaltar el gran papel que han tenido las corporaciones ambientales actualmente, y a través del tiempo, ya que gracias a estas corporaciones, las empresas o por decirlo algunas han tratado de frenar aquella basta contaminación que tenían hace algunas décadas, resaltando también que el compromiso está en nuestras manos.

“LA TIERRA PROPORCIONA LO SUFICIENTE PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE CADA HOMBRE PERO NO LA CODICIA DE CADA HOMBRE” GANDHI

¿COMO SE PODRIA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL?

Siete formas de hacer un cemento más sostenible

1. Reciclar residuos, Las fábricas de cemento reciclan varios tipos de residuos, generados tanto por ellas mismas como por otros sectores productivos. De esta manera reducen la necesidad de nuevas materias primas y la generación de residuos.
Los empleados para fabricar el clínker (la principal base material del cemento) son tan variados como escorias, cenizas de procesos térmicos, cascarilla de hierro, lodos de papelera, arenas de fundición o espumas de azucarera. El reciclaje de residuos también contribuyó a fabricar más cemento con menos clínker. Se evitó así la explotación de recursos naturales equivalente a más de tres años de explotación de una cantera tipo, el consumo de más de 250.000 toneladas equivalentes de petróleo y las emisiones de, entre otros gases, más de 2,5 millones de toneladas de CO₂.
2. Apostar por la eficiencia y la valorización energética. El sector apuesta por sistemas que reduzcan su consumo de energía, como los basados en la eficiencia energética o la sustitución de combustibles fósiles por otros alternativos.
Según datos de Oficemen, el sector cementero español utilizó en 2009 unas 476.000 toneladas de residuos como combustibles (el 11,9% del consumo térmico de los hornos de Clinker). El ahorro energético representa el consumo anual equivalente de 312.000 hogares. Se sigue así el ejemplo de otros países europeos, como Holanda o Suiza, que alcanzan niveles de sustitución del 80%

- y el 50%, respectivamente. Neumáticos fuera de uso, residuos urbanos, madera o harinas y grasas animales son algunos de los desechos utilizados.
3. Reducir sus emisiones de CO₂. La producción de cemento supone la emisión de CO₂. Por ello, una de las prioridades del sector pasa por reducir la cantidad de estas emisiones, implicadas en el cambio climático.
 4. Apoyar investigaciones científicas innovadoras. La industria cementera fomenta diversas líneas de investigación para ser más competitivos y sostenibles. Entre ellas, la reducción y control de las emisiones, la gestión sostenible de las canteras y la minimización de recursos naturales, la mejora de la eficiencia energética, el uso de nanotecnología para crear nuevos hormigones, etc.
 5. Firmar acuerdos con otras industrias. Las empresas representadas por Oficemen han firmado con el Ministerio de Medio Ambiente acuerdos voluntarios para aplicar las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) o para elaborar el Inventario Nacional de Emisión de Dioxinas y Furanos.
 6. Obtener certificados ambientales. En la actualidad, el 100% de las empresas asociadas a Oficemen siguen en sus fábricas el ISO 14001, un certificado ambiental de gestión aceptado en todo el mundo. El siguiente reto es la certificación EMAS (Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales), promovida por la UE y más estricta que la primera. En la actualidad, el 25% de las fábricas en Oficemen cuenta con dicha certificación.
 7. Informar a la sociedad. Los responsables del sector aseguran mantener una política de transparencia y comunicación de cara a sus trabajadores y a la sociedad. Entre sus labores, promueven actividades de formación y jornadas o el lanzamiento en 2010 de una página web con información sobre el uso de residuos en la industria cementera.

CEMENTO ECOLÓGICO

Las grandes cantidades de estos residuos como cenizas de carbón son una alternativa viable para hacer fusiones con cemento portland y procurar un material de hormigón menos contaminante.

El cemento portland es aquel que se utiliza en la mayoría de obras civiles, y a nivel mundial está constituido como pionero para tales usos. No obstante, los procesos de fabricación de este hormigón necesitan de temperaturas de hasta 1.450 °C que se pueden reducir con esta nueva alternativa para bien del medioambiente.

En esa medida, “el gasto energético es grande y el grado de contaminación a través de la expulsión de CO₂ a la atmósfera es entre el 6 y el 7% que resulta muy alto; entonces, una manera de evitar esto es bajando las temperaturas”, explica Ary Alain Hoyos Montilla, estudiante del doctorado de la Facultad de Minas en Ingeniería, con énfasis en Ciencia y Tecnología de Materiales.

La reducción de contaminantes se logra a partir de la utilización de las cenizas de carbón, que son desechos industriales de las labores textiles o hidroeléctricas, que suelen arrojar toneladas del residuo y que puede utilizarse de forma benéfica para resolver, en cierta medida, los inconvenientes ambientales de la producción de cemento.

3.2. ANÁLISIS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL CONSTRUCTIVO VS EL ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION

El mundo actual en el que vivimos nos exige encontrarnos en el escenario de la competitividad de las empresas de ingeniería, donde las variables medioambientales juegan un papel importante.

La industria de la construcción, conocida globalmente como una de las principales áreas productivas, debe involucrarse activamente en cada uno de los cambios en búsqueda de su mejora continua. En este sentido, filosofías innovadoras de producción, administración, medioambiente, entre otras, comienzan a ser implementadas en proyectos de construcción, partiendo del término construcción sustentable, el cual se apoya en tres pilares fundamentales; reciclaje y conservación de los materiales y recursos, el mejoramiento de la durabilidad de las estructuras, el uso y aprovechamiento de los subproductos de otras industrias que comúnmente se llaman residuos.

Cabe resaltar que estos tres pilares están fundamentados con un enfoque holístico lo que significa que permite tener interdependencia entre cada uno de ellos.

De la mano de la construcción sustentable se encuentra *Lean construction* que es una filosofía la cual ha sido traída a nosotros como el único camino radical hacia el éxito de las empresas constructoras.

Esta filosofía se emplea en el perfeccionamiento de la calidad del trabajo, por ello las consecuencias relevantes de no emplear lean construction son; el número de errores cometidos, el tiempo de retraso, el total de clientes perdidos, el total de clientes atendidos y el tiempo de espera antes de ser atendido.

La razón de emplear los principios de lean construction en los proyectos de construcción sustentable surge de las diversas problemáticas debido a la ausencia de herramientas que ayudan a la gestión para la implementación de proyectos

sustentables, en un escenario donde sólo se han establecido criterios generales y no el cumplimiento de requerimientos finales (producto).

En general muchos proyectos que tienen como perspectiva alcanzar ciertos grados de sustentabilidad, culminan en sobre costos de producción en su etapa de construcción. Sin embargo lo que buscamos hoy día es una adecuada implementación de los principios de sustentabilidad en los proyectos, los cuales generarían ahorros de tiempo y costo.

Para la implementación de la filosofía *lean construction* es necesario analizar el ciclo de vida de un proyecto; etapas de diseño, planificación y construcción etc. Con estas etapas se logra abarcar el ciclo productivo o de materialización de cualquier proyecto de construcción, no obstante el enfoque contemplado en la construcción sustentable se referencia en cada una de las etapas de un proyecto de construcción, desde la selección de los materiales para la construcción hasta la etapa de término de la vida útil del proyecto, lo que implicaría su deconstrucción, con el propósito de la minimización del uso de recursos, de modo de evitar o prevenir el agotamiento de los recursos naturales, prevenir la degradación ambiental, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior como en el entorno de las edificaciones.

Ahora partimos de la problemática de la construcción donde se explicará el enfoque tradicional y el enfoque lean construction con el objetivo de llegar a una comparación de estos modelos.

Tabla 2. Enfoque Tradicional Vs. Enfoque Lean Construction

Enfoque Tradicional	Lean Construction
Sigue el modelo de conversión.	Sigue el modelo de flujos.
El diseño de producto se termina y después empieza el diseño de proceso.	Productos y procesos son diseñados conjuntamente.
No todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño.	Todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible.	Las actividades se llevan a cabo al último momento responsable (last responsible moment).
Se eligen los subcontratistas debido al costo.	Se eligen los subcontratistas debido a su capacidad de colaboración.

Fuente: Mariam Kerena Porras Cepeda

PROBLEMÁTICA DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

La construcción se ha entendido como el proceso en el que las materias primas (entradas) son convertidas en productos (salidas). El nombre de este modelo es “conversión de procesos”, este proceso puede ser dividido en “subprocesos de conversión”.

En el enfoque tradicional no se diferencia entre los subprocesos de conversión y por tal motivo asume que todos agregan valor.

Además se asume que el costo del proceso se reduce si se minimizan los costos de todos los subprocesos, por tal motivo el enfoque ignora los efectos producidos por la interdependencia de los subprocesos, pues se asume que el sistema de producción es lineal y secuencial. No se considera la variabilidad de los resultados o los trabajos rehechos.

Cabe aclarar que en este tipo de enfoque no existe la mínima preocupación en el impacto del producto final debido a los malos recursos, variabilidad o incertidumbre.

Mientras que el enfoque lean visualiza la construcción como un flujo de procesos, el cual es llamado “modelo de flujo de procesos” que se encuentra compuesto por las siguientes actividades:

- La conversión: Es la actividad que si agrega valor.
- Las pérdidas: Son aquellas actividades que no agregan valor.

Este enfoque tiene como objetivo la minimización y eliminación de las pérdidas de un proceso y de esta manera prevenir el gran impacto en la producción, teniendo en cuenta que las pérdidas son las actividades que consumen la mayor parte del proceso.

El enfoque lean analiza los tres tipos de trabajos en obra:

- Trabajo Productivo (TP): vaciar concreto.
- Trabajo Contributivo (TC): transporte de materiales.
- Trabajo No Contributivo (TNC): ir al baño.

SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA DE LA CONSTRUCCION

EL MEDIO AMBIENTE Y LA CONSTRUCCIÓN LIMPIA

La construcción debe asumir cada uno de los retos que se le presentan en la actualidad con el fin de satisfacer los requerimientos de la sociedad que es cada vez más exigente frente a la conservación y preservación de los recursos naturales.

Las exigencias de la sociedad hacen que las diversas empresas desarrollen procesos más eficaces a través de lo que se conoce como la construcción limpia "lean construction", que permite el desarrollo de obras medioambientales tales como; la descontaminación de los suelos, los edificios de alta eficiencia energética, las infraestructuras del ciclo del agua etc. Sin embargo para nadie es un secreto que el desarrollo sostenible no puede depender del incremento desmesurado del consumo de energía, lo cual busca ser cambiado ya que el consumo de materiales se debe minimizar para reducir residuos y polución.

Además es importante tener en cuenta cuales son los criterios para generar un mínimo impacto ambiental, por lo cual me baso en lo que estableció el Congreso Nacional de Medio Ambiente;

- Aplicar un diseño estricto y hacer un programa riguroso.
- Plantear soluciones duraderas.
- Implicar en la ejecución mínimos consumos energéticos.
- Facilitar un mantenimiento sencillo de elementos e infraestructuras.
- Colaborar en la gestión de residuos, especialmente de los voluminosos.

Según el Congreso Nacional de Medio Ambiente un sistema de construcción es "limpio" si:

- Está definido el valor del producto.
- Se ha identificado la cadena de generación de valor.
- El proceso es un flujo continuo.
- Se trabaja a tirón del cliente.
- Se persigue la perfección de: producto de encargo, entrega inmediata y nada en almacén.

Tabla 3. Solución de los Desperdicios Presentados en la Construcción

Desperdicios	Herramientas para eliminarlos
1.Esperas / demoras	1.Coordinación en obra / capacitación de contratistas
2.Transporte / manejo de materiales	2.Layout de obra o distribución de planta / organización de almacenes
3.Procesos deficientes	3.Análisis y diseño de procesos constructivos
4.Inventarios excesivos	4.Sistemas Justo a Tiempo (JIT) / administración de inventarios
5.Métodos de trabajo inadecuados	5.Estudios de tiempos y movimientos
6.Mala calidad	6.Sistemas de aseguramiento de calidad
7.Sobreproducción	7.Sistema “jalar” / producción unitaria

Fuente: Mariam Kerena Porras Cepeda

3.3. EVALUACIÓN EN LA INNOVACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN PROYECTOS A NIVEL MUNDIAL

En nuestro país encontramos diversos proyectos que se han realizado por medio de un sistema de construcción limpia tales como; el edificio Novartis (Bogotá), la cabaña de Alpina (Sopó – Cundinamarca), GNB Sudameris (Bogotá), Colsubsidio (Bogotá), ANH “Agencia Nacional de Hidrocarburos” (Bogotá), etc.

Para la ejecución de estos proyectos se tuvo en cuenta la selección del lugar, siendo este el primer parámetro para la práctica de la sostenibilidad. El daño al medio ambiente se puede prevenir al escoger sitios previamente desarrollados con acceso al transporte público y acceso a servicios básicos.

Se debe estudiar los impactos de la hidrología del lugar, los ecosistemas y la vegetación existente. Para prevenir el efecto invernadero (emisión de ciertos gases; dióxido de carbono y el metano), escogiendo materiales que sean amigables con el medio ambiente.

EDIFICIO NOVARTIS – BOGOTÁ

- Ahorro 37% en energía; Ahorro en iluminación (oficinas abiertas).
- Confort permanente con sistema de ventilación (bioclimático) complementado con aires acondicionados libres de CFCs.

- Utilización de blindobarras (1600 y 400 amperios) para distribución vertical de la energía.
- Ahorro 43% en agua potable; Aguas lluvias suministran aparatos sanitarios; orinales secos; plantas nativas o adaptivas. Cubierta verde 450 m² y áreas verdes, para evitar efecto isla de calor.

LA CABAÑA DE ALPINA (SOPÓ – CUNDINAMARCA)

- Ahorro de consumo de agua potable del 40%.
- Desviación del 50% en eliminación de residuos.
- Optimización del 21% en el rendimiento de la energía.

La mayoría de los materiales usados en la construcción son extraídos, fabricados y distribuidos en zonas cercanas a la obra, promoviendo la industria local y reduciendo el uso de combustibles fósiles en el transporte de materiales.

En la construcción se especificaron materiales con contenido reciclado, con el fin de mitigar impactos medioambientales producidos por la extracción de materia prima virgen.

Se eliminó el uso de CFC (clorofluorocarburos) como refrigerantes y se utilizaron otras alternativas amigables con el medio ambiente.

El 75% de los residuos generados en la obra fueron direccionados a escombreras o rellenos sanitarios certificados.

ANH “AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS” (BOGOTÁ)

- Se implementaron diferentes estrategias de diseño como aparatos ahorradores que generaron una reducción del consumo de agua potable en un 40%.
- Se implementaron un 25% de materiales regionales dentro del proyecto, fortaleciendo el mercado local mientras se mitigan impactos medioambientales.
- El 80% de los espacios regularmente ocupados cuentan con vista e iluminación natural.

En la actualidad también se destacan proyectos a nivel mundial tales como; el empire state building construido en la ciudad de Nueva York, centro para la investigación interactiva en sostenibilidad en Canadá, el pináculo (The pinnacle) en Reino Unido etc.

EL EMPIRE STATE BUILDING (NUEVA YORK)

Es uno de los rascacielos más famosos del mundo que logra ser eficiente y respetuoso con el entorno. A este proyecto se le implementó un plan de eficiencia energética, el empire state building ha conseguido ahorrar 2,4 millones de dólares en su primer año de implantación y evitar la emisión de 4000 toneladas de dióxido de carbono, que aproximadamente equivale a 750 hectáreas de pinos. El edificio ahorrará 4,4 millones de dólares al año, lo que supondrá una reducción del 38% en el consumo de energía y una disminución en 105000 toneladas de las emisiones de dióxido de carbono durante los próximos 15 años.

El proyecto se basó en ocho medidas innovadoras de mejora:

- Uso de bombillas LEED para iluminar el edificio, lo que permite un ahorro de un 75% del costo anual de energía.
- Se adaptaron aproximadamente 6500 ventanas, con nuevos componentes que reducen la entrada de calor en verano y la pérdida del mismo en invierno.
- Instalación de sensores de movimiento para ahorrar en electricidad, los cuales detectan cuando deben apagarse y encenderse las luces.
- Sustitución de las unidades de tratamiento de aire por otras con ventiladores de frecuencia variable para permitir el aumento de la eficiencia energética en la operación, al tiempo que mejora la comodidad de los inquilinos.
- Uso para los sistemas de energía individualizado por inquilino, basado en la web, para permitir una gestión más eficaz de la energía.

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN INTERACTIVA EN SOSTENIBILIDAD, EN CANADÁ

Este centro se encuentra situado en el campus de la Universidad de Columbia Británica (UBC) en Vancouver, es considerado uno de los edificios más ecológicos en América del Norte. El centro está dedicado a la investigación en el diseño y operación de edificios sostenibles, políticas ambientales y participación comunitaria, este proyecto tiene como objetivo reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 33% en 2015, un 67% en 2020 y un 100% en 2050.

La estructura es un edificio conformado por cuatro plantas en forma de U, con una orientación la cual permite mayor luminosidad y sombra. La pared de la estructura junto a la malla de acero está construida en el lado oeste del edificio para permitir a las plantas de guía subir por el, actuando como una pared biológica que proporciona sombra en el verano. El techo y los parasoles en las ventanas tienen sistemas fotovoltaicos y colectores solares para cubrir las necesidades de energía y agua caliente. El edificio, además de generar electricidad mediante recursos

renovables, también genera su propia energía a partir de residuos, produciendo agua potable a partir del agua lluvia.

4. CONCLUSIONES

- La filosofía lean construction revela mejores resultados ya que es un sistema de producción capaz de fabricar con mayor calidad a menor costo y con tiempos de entrega más cortos. Lean construction le da valor a los clientes y busca eliminar los desperdicios que se presentan en los proyectos de construcción mientras que el modelo tradicional no tiene presente estos principios. Lean construction se basa en la perfección lo que infiere esta filosofía es que todo proceso va a agregar valor al producto sin tener ningún desperdicio, por ello cuenta con tres herramientas claves; mejora continua, estandarización de procesos y un excelente plan de acción.
- Los proyectos de construcción son conocidos en gran parte por sus desperdicios que son los causantes de la mayor parte de las interrupciones de las actividades tales como la sobreproducción, esperas o tiempo de inactividad, transporte innecesario, sobreprocesamiento, exceso de inventario, movimientos innecesarios, defectos de calidad, talento, etc. Esto es debido a inadecuadas programaciones en la obra, quiere decir ausencia de planeación de las actividades.
- Es necesario considerar que en la actualidad los conceptos de globalización están afectando a la construcción, debido a que esta no puede permanecer ajena a este fenómeno. Empresas colombianas e internacionales en compañía de gestores financieros a nivel global, se encargaran de exigir en un futuro no muy lejano la aplicación o empleo de estas metodologías explicadas en esta monografía con el fin de obtener rentabilidad en sus negocios. Entre tanto, la globalización también nos afecta a todos debido a la escasez y encarecimiento de recursos materiales y energéticos, que hasta el momento no se ha tenido como factor primordial en la ejecución de una obra de construcción o en el diseño de un proyecto de construcción, entre otros factores puede presentarse el aumento en el precio del combustible, la escasez o el encarecimiento de la gestión del recurso hídrico y otros recursos naturales dependiendo de la zona en donde se elabore el proyecto.
- Para una excelente aplicación de la filosofía lean construction es necesario la creación de programas de formación que se encuentren basados en principios como el liderazgo y el trabajo en equipo, de tal manera que estos sean una prioridad para ir dejando a un lado el modelo tradicional que se encuentra fundamentado principalmente en estructuras jerarquizadas, por este motivo es importante resaltar que si una industria quiere ser competitiva a nivel global debe tener en cuenta; difundir y enseñar el modelo, adaptación de esta filosofía a las diversas circunstancias, cultura y recursos de cada empresa.

- En el análisis realizado de la filosofía lean construction frente a la conservación de los recursos naturales se obtuvo los siguientes criterios fundamentales para un mínimo impacto ambiental; plantear soluciones duraderas, implicar en la ejecución mínimos consumos energéticos, facilitar un mantenimiento sencillo de elementos e infraestructuras y colaborar en la gestión de residuos, especialmente de aquellos con mayor volumen.
- En la comparación realizada sobre los efectos causados en los recursos naturales con el uso de procesos convencionales frente a procesos modificados por medio de la filosofía lean construction se logró tener como factores primordiales los siguientes procedimientos; el reciclado de los materiales procedentes de demolición de obras anteriores, el empleo en las obras de los materiales marginales del sitio, el empleo de los materiales fresados y retirados de la obra para otras funciones dentro del mismo proyecto como lo son el reciclado de pavimentos y materiales de relleno.
Frente a los recursos naturales:
- En la evaluación de las implicaciones generadas sobre los recursos naturales en la innovación de los sistemas de construcción, se analizó que en el desarrollo de proyectos de alta eficiencia energética y bajo impacto medioambiental como en los edificios bioclimáticos, los cuales son viviendas en las que mediante un acertado diseño arquitectónico se aprovecha al máximo la energía solar, la ventilación natural y de esta manera se han cuidado los materiales al máximo para mejorar su eficiencia.
- El procesamiento de materias primas y la fabricación de los materiales generan un alto costo energético y medioambiental, no dejando de lado que es una difícil tarea cambiar el actual sistema de construcción, debido a que este ha ocasionado la utilización irracional de los recursos naturales, donde las prioridades que he mencionado en esta monografía, tales como; el reciclaje, reutilización y recuperación de materiales, se encuentran ausentes frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales.
- Conocemos que los materiales de construcción inciden en el medio ambiente en un largo periodo de su ciclo de vida, desde su primera fase (extracción y procesado de materias primas) hasta el final de su vida útil.
- No se puede seguir con el sistema constructivo tradicional, debido a que estamos causando la degradación de la biodiversidad, generando la extinción de las especies, desaparición de la diversidad genética y de los ecosistemas, incluso estamos produciendo la pérdida de valiosos recursos biológicos y no debemos ser ajenos a esta situación, porque nosotros los seres humanos somos los primeros afectados en sentido ético, ecológico y económico.

- La fase de empleo o uso racional de los materiales, incide no solo en el impacto del medio ambiente, también esta fase afecta la salud del ser humano, porque debidos a los procesos de combustión, se generan diversos contaminantes y toxinas que circulan en el medio ambiente tales gases como; ozono, radón, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles.
- La fase de extracción y procesado de materias primas constituye a la etapa constructiva más impactante, dado que la extracción de rocas y minerales industriales se lleva a cabo por medio de dos modalidades tales como; las canteras y las graveras. El impacto producido por las canteras y graveras son reflejadas en el paisaje, debido a su modificación topográfica, pérdida de suelo, incluso la contaminación atmosférica.

5. RECOMENDACIONES

- Uno de los mayores riesgos del sistema tradicional constructivo radica en que de no tomar medidas con la debida responsabilidad en tiempo y con responsabilidad podría derivar en un deterioro ambiental de consecuencias irreversibles. Si estos residuos se manejaran adecuadamente, podrían someterse a procedimientos de reutilización en la misma obra y así se podrá favorecer la vida útil de los sitios de disposición final o tiraderos.
- Una opción viable para mitigar los impactos ambientales podrían ser la construcción de plantas de reciclaje y trituración de residuos en sitios que se encuentren estratégicamente ubicados.
- Es necesario hacerle un seguimiento a las normativas establecidas en nuestro país, para la regulación de los residuos de construcción y con ello evitar su disposición en sitios prohibidos como barrancas, cauces de ríos, lotes, etc.
- Se deberá realizar la limpieza y restauración del paisaje natural mediante la siembra de vegetación u otros procedimientos de restauración y rehabilitación del terreno en los proyectos de construcción.
- La realización de prácticas inadecuadas, las indisciplinas tecnológicas, las violaciones de la legislación ambiental y la carencia de educación ambiental son factores que incrementan los impactos ambientales.
- Mitigar el consumo excesivo de combustibles fósiles, energía en el proceso productivo y transportación de las canteras por la extracción excesiva.
- Se deberán realizar estudios detallados respecto a la selección y explotación incorrecta de las canteras, debido a que estos procedimientos nos están generando transformaciones del relieve natural, afectaciones a la flora y la fauna, degradación de suelos, erosión y afectaciones al paisaje por la no restitución de la capa vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

- ANINK, D., Boonstra, C., y Mak, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, Londres, 1996
- HERNÁNDEZ M. y Vizán I. (2013). Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implementación. Fundación Escuela de Organización Industrial. Madrid
- IBÁÑEZ, Gerardo (2012), La revolución Industrial Oculta. Editorial Obrapropia S.L
- KOSKELA, Lauri (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, USA.
- LIKER, Jeffrey (2006). Las claves del éxito Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. Gestión 2000
- OHNO, Taiichi (1988). Toyota Production System: beyond large-scale production. Cambridge, Productivity Press
- SYMONDS, Argus, Cowi and Prc Bouwcentrum: «Construction and demolition waste management practices and their economic impacts», February 1999, DGXI, European Commision
- WOMACK, James & JONES, Daniel (1996). Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa. Free Press
- WOMACK, James; JONES, Daniel y ROOS, Daniel (1991) La máquina que cambió el mundo. McGraw-Hill